

(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
04. Mai 2023 (04.05.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/072499 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 5/00 (2006.01) *G01L 1/22* (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/076571
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. September 2022 (23.09.2022)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2021 127 727.2
26. Oktober 2021 (26.10.2021) DE
- (71) Anmelder: **ZF CV SYSTEMS EUROPE BV** [BE/BE];
Chaussée de la Hulpe 166, 1170 Brüssel (BE).
- (72) Erfinder: **DENKER, Timo**; Friesenstr. 34, 30161 Hannover (DE). **HILLBRING, Dirk**; Ententeich 20, 29225 Celle (DE). **KEIL, Artur**; Fuldaer Wende 11, 30419 Hannover (DE). **LANG, Philipp**; Mörikeweg 6, 88214 Ravensburg (DE). **OTHMER, Michael**; Fasanengarten 10, 31319 Sehnde (DE). **RODENBERG, Alexander**; Wolfenbütteler Str. 61, 38102 Braunschweig (DE). **STENDER, Axel**; Adolfstr. 2, 31787 Hameln (DE). **TOPIC, Oliver**; Torstenssonstr. 16, 30459 Hannover (DE). **VON DER BEEKE, Jan-**

Christoph; Celler Heerstraße 27 A, 38114 Braunschweig (DE).

(74) **Anwalt: OHLENDORF, Henrike**; Am Lindener Hafen 21, 30453 Hannover (DE).

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

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,

(54) **Title:** SYSTEM WITH STRAIN SENSOR AND ADAPTER

(54) **Bezeichnung:** SYSTEM MIT DEHNUNGSSENSOR UND ADAPTER

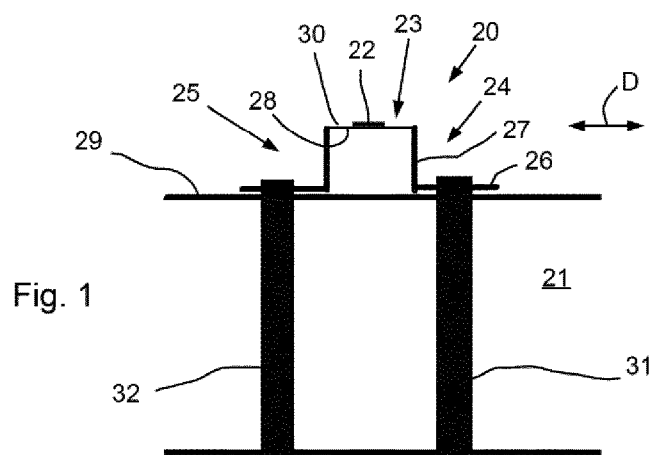


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a system comprising a strain sensor (22) and an adapter (20) for connecting the strain sensor (22) to a component (21) that is subject to dynamic loads. The system further comprises at least one band clamp (31, 32) for fastening the adapter (20) to the component (21).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein System mit Dehnungssensor (22) und mit einem Adapter (20) zur Verbindung des Dehnungssensors (22) mit einem Bauteil (21), welches dynamischen Belastungen ausgesetzt ist, und mit wenigstens einer Spannschelle (31, 32) zum Befestigen des Adapters (20) an dem Bauteil (21).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2023/072499 A2

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

System mit Dehnungssensor und Adapter

Die Erfindung betrifft ein System mit Dehnungssensor und mit einem Adapter zur Verbindung des Dehnungssensors mit einem Bauteil, welches dynamischen Belastungen ausgesetzt ist. Daneben betrifft die Erfindung eine Verwendung des Systems, eine Achse und ein Fahrzeug.

Mit Dehnungsmessstreifen oder anderen Dehnungssensoren können mechanische Verformungen an Bauteilen gemessen werden, beispielsweise auch an Bauteilen von Fahrzeugen. Insbesondere Nutzfahrzeuge, einschließlich Anhängelfahrzeugen und Bussen, können je nach Bauart Achsen oder Achsrohre aufweisen, deren in der Praxis auftretende Verformung mit Dehnungssensoren gut messbar ist. Von besonderem Interesse ist die Bestimmung von Achslasten, Achsbiegungen oder Achstorsionen.

Dehnungsmessstreifen und ähnliche Sensoren werden üblicherweise auf eine Oberfläche eines zu überprüfenden Bauteils aufgeklebt. Hierzu muss die Oberfläche vorbereitet werden und der betreffende Dehnungsmessstreifen muss sehr sorgfältig gehandhabt werden. Dies ist in der laufenden Produktion und insbesondere bei der Nachrüstung an einem Fahrzeug schwierig.

Aus der EP 3 483 576 A2 ist ein Sensorträger für ein Nutzfahrzeugs-Fahrwerkteil und zur Aufnahme eines Lastsensors bekannt. Der Sensorträger ist eine an zwei Stellen geschlitzte rechteckige Platte, welche an ihren Enden auf Trägerfüßen zu montieren ist. Die Trägerfüße müssen mit dem Fahrwerksteil verbunden werden.

Aus der US 4,102,031 ist ein Adapter mit oberseitig und unterseitig aufliegenden Dehnungsmessstreifen bekannt. Der Adapter ist zur Befestigung auf einer Blattfeder und auf einer Vorderachse vorgesehen. Die Befestigung erfolgt mittels einer Schraubverbindung.

-2-

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines Systems, mit dem ein Dehnungssensor möglichst einfach und sicher mit einem Bauteil, welches dynamischen Belastungen ausgesetzt ist, verbunden werden kann. Insbesondere soll das System zur Befestigung an einer Achse oder einem Achsrohr eines Fahrzeugs geeignet sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Erfindungsgemäß weist das System wenigstens eine Spannschelle zum Befestigen des Adapters an dem Bauteil auf. Spannschellen sind bewährte, kostengünstige und in allen Variationen erhältliche Befestigungsmittel. Adapter und Spannschelle können unabhängig von der Ausbildung des Dehnungssensors aneinander angepasst sein.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann die Spannschelle mehrteilig mit in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Schellenabschnitten ausgebildet sein, welche im Bereich von Verbindungsstellen miteinander verbunden sind. Dadurch kann die Spannschelle flexibler an die Form des Bauteils anpassbar sein.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Schellenabschnitte wenigstens im Bereich einer Verbindungsstelle gegeneinander spannbar sein. Dadurch kann die wirksame Länge oder der wirksame Umfang der Spannschelle an das Bauteil angepasst werden.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Schellenabschnitte wenigstens im Bereich einer Verbindungsstelle mit einem Gelenk versehen und gegeneinander abwinkelbar sein. Dies erleichtert die Montage der Spannschelle auf dem Bauteil.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Schellenabschnitte wenigstens im Bereich einer Verbindungsstelle voneinander trennbar sein. Auch dies erleichtert die Montage der Spannschelle auf dem Bauteil.

-3-

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können zwei Schellenhälften als Schellenabschnitte und mit zwei Verbindungsstellen vorgesehen sein. Bei mehr Schellenabschnitten in Umfangsrichtung erhöht sich der Fertigungsaufwand für die Spannschelle ohne besonderen zusätzlichen Nutzen.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Schellenhälften im Bereich ihrer Verbindungsstellen gegeneinander spannbar und voneinander trennbar sein. Dies vereinfacht die Ausbildung der Schellenhälften als solche bei zugleich bestmöglicher Flexibilität der Spannschelle insgesamt.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann die Spannschelle mit nur einem Schellenabschnitt ausgebildet sein, dessen Enden im Bereich einer Verbindungsstelle gegeneinander spannbar sind. In dieser Ausführung ist die Spannschelle am einfachsten und besonders kostengünstig.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann wenigstens ein Schellenabschnitt ein vollflächiger Materialstreifen sein. Ein vollflächiger Schellenabschnitt ermöglicht einen guten Kontakt mit dem Bauteil, sofern die Form des Schellenabschnitts an die Oberfläche des Bauteils angepasst ist.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann wenigstens ein Schellenabschnitt zumindest abschnittsweise zwei parallele Schellenabschnittsstreifen aufweisen, zwischen denen eine Ausnehmung vorgesehen ist. Vorzugsweise ist die Ausnehmung so breit oder so ausgestaltet, dass der Adapter teilweise durch die Ausnehmung sichtbar ist und im Übrigen von den beiden parallelen Schellenabschnittsstreifen gehalten ist. Dadurch kann der Adapter mit einer einzigen Spannschelle mit dem Bauteil verbunden werden.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können zwei Spannschellen zum Befestigen des Adapters an dem Bauteil vorgesehen sein. Dadurch kann der Adapter fest und innig mit dem Bauteil verbunden werden.

-4-

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Schellenabschnitte metallisch sein. Die metallische Ausbildung ermöglicht eine stabile und dauerfeste Gestaltung.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können Unterseiten der Schellenabschnitte raue Oberflächen aufweisen, mit einer Rautiefe von mindestens 0,01 mm. Mittels der rauhen Oberflächen ist eine besonders innige und rutschfeste Verbindung zwischen Schellenabschnitten und Adapter und/oder zwischen Schellenabschnitten und Bauteil möglich.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann an einer Unterseite des Adapters eine Lage zur Anlage an einem Untergrund vorgesehen sein, wobei die Lage aus einem weicheren Werkstoff besteht als der Adapter. Die Lage ist Bestandteil des Systems und soll einen noch besseren Kontakt zwischen Adapter und Untergrund gewährleisten. Der Untergrund ist in diesem Fall die Oberfläche des Bauteils.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann die Lage aus einem der folgenden Werkstoffe bestehen:

- einer Goldlegierung,
- Kupfer
- einer Kupferlegierung,
- Zinn,
- einer Zinnlegierung,
- Kunststoff.

Die beschriebenen Werkstoffe sind jeweils weicher als typische Spannschellen aus Stahl oder einer anderen Legierung.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann wenigstens ein Dehnungssensor auf den Adapter aufgedruckt, aufgeklebt oder aufgeschweißt sein. Die Verbindung des Dehnungssensors mit dem Adapter ist unabhängig von der Verbindung zwischen Adapter und Spannschelle bzw. Adapter und Bauteil.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann der Adapter zwei Befestigungsbereiche und einen dazwischen liegenden Aufnahmebereich aufweisen, wobei Oberseiten der Befestigungsbereiche Anlageflächen für die wenigstens eine Spannschelle aufweisen, und wobei der Aufnahmebereich eine Aufnahmefläche für den Dehnungssensor aufweist. Dadurch ist sichergestellt, dass der Dehnungssensor durch die Befestigung des Adapters mittels der Spannschellen nicht beeinträchtigt wird.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können Unterseiten der Befestigungsbereiche Anlageflächen zur Anlage am Bauteil aufweisen, wobei die Anlageflächen Unterseiten unter den Anlageflächen der Oberseiten liegen und nicht seitlich versetzt dazu. Auf diese Weise kommen die Anlageflächen der Oberseiten direkt oberhalb der Anlageflächen der Unterseiten zu liegen und die durch die Montage der Spannschellen auftretenden Andruckkräfte wirken ohne Umweg oder Versatz auf das Bauteil im Bereich der Anlageflächen der Unterseiten.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Oberseiten der Befestigungsbereiche zur Anlage der wenigstens einen Spannschelle zumindest teilweise konvex gekrümmt ausgebildet sein. Die Spannschellen sind besonders wirksam, wenn ihre vorgegebene Form möglichst rund ist und bleibt. Durch die konvexe Krümmung der Oberseiten der Befestigungsbereiche wird dies unterstützt.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können Unterseiten der Befestigungsbereiche zumindest teilweise konkav gekrümmt ausgebildet sein zur Befestigung auf einer konvex gekrümmten Oberfläche des Bauteils. Insbesondere bei der Montage des Systems auf einem Achsrohr sind die Unterseiten der Befestigungsbereiche an die äußere Form des Achsrohrs und die Krümmung der Oberfläche des Achsrohrs angepasst.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann die Aufnahmefläche für den Dehnungssensor ungekrümmt, also plan ausgebildet sein. Dies erleichtert die Montage des Dehnungssensors auf der Aufnahmefläche.

-6-

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann die Aufnahme­fläche für den Dehnungssensor gekrümmt ausgebildet sein, derart, dass sich die Krümmung der Aufnahme­fläche bei einer Dehnung des Adapters ändert. Diese Maßnahme kann die Funktion des Dehnungssensors verstärken.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Oberseiten der Befestigungsbereiche neben den Anlage­flächen für die Spannschelle Erhebungen aufweisen, zumindest einseitig neben den Anlage­flächen. Die Erhebungen wirken als seitliche Begrenzungen für die Spannschelle bei der Montage derselben.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Oberseiten der Befestigungsbereiche neben jeder Anlage­fläche beidseitig Erhebungen aufweisen. Dadurch ist ein Lösen der Spannschellen durch Abrutschen derselben vom Adapter unmöglich.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Oberseiten der Befestigungsbereiche zur Bildung von seitlich begrenzten Anlage­flächen vertieft ausgebildet sein. Die Spannschellen kommen in den Vertiefungen zu liegen. Hierzu erstrecken sich die Vertiefungen in Umfangsrichtung der Spannschellen. Eine Relativbewegung der Spannschellen gegen die Anlage­flächen quer zur Umfangsrichtung der Spannschellen ist nicht möglich.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die beiden Befestigungsbereiche einen Raum unter dem Aufnahmebereich seitlich begrenzen. Auf diese Weise ist unter dem Aufnahmebereich und zugleich zwischen Aufnahmebereich und Bauteil ein freier Raum geschaffen. In dieser Ausführung kann auch ein Dehnungssensor an einer Unterseite des Aufnahmebereichs angeordnet sein. Auch kann der freie Raum eine eventuelle Krümmung des Bauteils ausgleichen.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann als Dehnungssensor ein Dehnungsmessstreifen auf dem Adapter aufgebracht sein. Dehnungsmessstreifen sind in allen möglichen Variationen bekannt und preisgünstig verfügbar.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein System mit Dehnungssensor, einem Adapter zur Verbindung des Dehnungssensors mit einem Bauteil, welches dynamischen Belastungen ausgesetzt ist, und mit Schraubverbindungen zur Befestigung des Adapters am Bauteil, wobei die Schraubverbindungen jeweils eine mit einer Bohrung versehene Scheibe zwischen Adapter und Bauteil aufweisen, und wobei die Scheibe einseitig oder beidseitig eine strukturierte Oberfläche aufweist mit Vertiefungen oder Erhöhungen von mindestens 0,01 mm Tiefe oder Höhe. Die Anordnung der Scheibe zwischen Adapter und Bauteil ermöglicht eine definierte Fläche zwischen Adapter und Scheibe einerseits und Scheibe und Bauteil andererseits. Dadurch lassen sich die auftretenden und vom Bauteil auf den Adapter übertragenen Kräfte einfacher berechnen. Vorzugsweise ist der Werkstoff der Scheibe härter als der Werkstoff des Adapters. Die strukturierte Oberfläche verzahnt sich so besonders gut mit dem Adapter. Optional ist der Werkstoff der Scheibe auch härter als der Werkstoff des Bauteils. Das System mit Schraubverbindungen zur Befestigung des Adapters kann auch einige oder sämtliche Merkmale des zuvor erörterten erfindungsgemäßen Systems aufweisen, abgesehen von den Spannschellen.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung können die Scheiben der Schraubverbindungen gezahnt ausgebildet sein. Es handelt sich dann um sogenannte Zahnscheiben. Diese sind in allen Variationen und preisgünstig verfügbar.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein System mit Dehnungssensor und einem Adapter zur Verbindung des Dehnungssensors mit einem Bauteil, welche dynamischen Belastungen ausgesetzt ist, wobei der Adapter zwei Befestigungsbereiche und einen dazwischen liegenden Aufnahmebereich und der Aufnahmebereich eine Aufnahmefläche für den Dehnungssensor aufweist, und wobei der Adapter in jedem Befestigungsbereich eine Vertiefung für die Aufnahme und Führung einer Spannschelle aufweist. Dieses System ist zwar zur Verbindung mit Spannschellen vorgesehen. Die Spannschellen sind aber nicht zwingend Bestandteil dieses Systems. Das System mit Dehnungssensor und Adapter kann auch einige oder sämtliche Merkmale der zuvor erörterten erfindungsgemäßen Systeme aufweisen.

-8-

Gegenstand der Erfindung ist auch die erfindungsgemäße Verwendung eines der voranstehend erörterten erfindungsgemäßen Systeme, nämlich an einer Achse und für wenigstens eine der nachfolgenden Messungen:

- Messung einer Achsbiegung,
- Messung einer Achslast,
- Messung einer Achstorsion.

Vorzugsweise ist an die Verwendung des Systems an einem Achsrohr als Bauteil gedacht.

Gegenstand der Erfindung ist auch eine Achse für ein Fahrzeug, insbesondere ein Nutzfahrzeug, mit wenigstens einem der erfindungsgemäßen Systeme.

Erfindungsgemäß kann die Achse ein Achsrohr aufweisen, an dem wenigstens eines der erfindungsgemäßen Systeme befestigt ist.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann wenigstens ein System an wenigstens einer der folgenden Positionen angeordnet sein:

- an jedem Ende der Achse, also zwischen einer Radbremse und einer Achsaufhängung,
- mittig, also zwischen den Achsaufhängungen.

Mittig tritt in Abhängigkeit von Beladung und Fahrzeugmasse eine Biegung auf, die gut mit nur einem oder mehreren Dehnungssensoren messbar ist. Dies gilt auch für den Fall seitlich ungleicher Beladung. Dabei muss die Position nicht genau mittig sein. Die Achslast kann auch mit Dehnungssensoren an beiden Enden der Achse gemessen werden. Die Torsion wird bevorzugt mit Dehnungssensoren an den Enden der Achse gemessen. Vorzugsweise ist die Anordnung des betreffenden Systems am Achsrohr der Achse vorgesehen.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann eine Oberfläche der Achse im Bereich der Spannschelle eine Rautiefe von mindestens 0,01 mm aufweisen. Dadurch

kann ein erhöhter Reibschluss zwischen Oberfläche der Achse und Adapter sowie Spannschelle erzielt werden.

Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung kann wenigstens ein Dehnungssensor, bezogen auf einen Außenumfang der Achse, an wenigstens einer der nachfolgenden Positionen angeordnet sein:

- in einer oberen Position,
- in einer unteren Position,
- in einer seitlichen Position,
- in einer seitlich oberen Position,
- in einer seitlich unteren Position.

Das System ist an der Achse so angeordnet, dass wenigstens ein Dehnungssensor wie beschrieben positioniert ist. Dadurch können unterschiedliche, auf die Achse wirkende Kräfte detektiert werden, insbesondere Achsbiegung, Achslast, Achstorsion, auch innerhalb eines einzigen Systems. Grundsätzlich ist die Befestigung von Adapter und Dehnungssensor dort sinnvoll, wo die zu messende Verformung auftritt. Die Befestigung in der oberen Position schützt vor Steinschlag. Die Anordnung in der unteren Position erleichtert die Montage und Wartung. Beides ermöglicht die Detektion der Achsbiegung durch die Masse des Fahrzeugs. Die Anordnung in der seitlichen Position ermöglicht die Detektion der Achsbiegung beim Bremsen. Die Anordnung in einer Position zwischen seitlich und oben bzw. zwischen seitlich und unten ist zumindest für die Messung der Achstorsion möglich.

Gegenstand der Erfindung ist auch ein Fahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Achse.

Die Erfindung ist insbesondere im Fahrzeugbereich verwendbar, vorzugsweise mit nicht angetriebenen Achsen und/oder gebremsten Achsen. Zusätzlich oder alternativ ist eine Verwendung an angetriebenen Achsen vorgesehen.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung im Übrigen und aus den Ansprüchen.

-10-

Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Adapters mit Dehnungsmessstreifen, befestigt an einem Achsrohr,

Fig. 2 die Bauteile gemäß Fig. 1 in einer Draufsicht,

Fig. 3 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch mit einem anderen Befestigungsmittel,

Fig. 4 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch mit zwei Dehnungssensoren (oberseitig und unterseitig),

Fig. 5 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch mit einer Schraubverbindung als Befestigungsmittel,

Fig. 6 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch mit gekrümmtem Aufnahmebereich des Adapters,

Fig. 7 einen Querschnitt durch einen Verbindungsbereich zwischen Adapter und Untergrund, mit einer Lage zwischen beidem,

Fig. 8 eine Darstellung wie in Fig. 7, jedoch mit gegen die Lage und den Untergrund gedrücktem Befestigungsbereich,

Fig. 9 eine perspektivische Darstellung eines Adapters, schräg von oben,

Fig. 10 eine perspektivische Darstellung des Adapters in Fig. 9, schräg von unten,

Fig. 11 eine Seitenansicht des Adapters in Fig. 9,

Fig. 12 eine Draufsicht auf den Adapter in Fig. 9,

Fig. 13 einen Querschnitt durch den Adapter in Fig. 11, entlang der Linie A-A,

Fig. 14 eine Ansicht eines Fahrwerks für einen als Anhängfahrzeug vorgesehenen Auflieger,

Fig. 15 eine Spannschelle mit Adapter in perspektivischer Darstellung,

Fig. 16 die Spannschelle gemäß Fig. 15 in axial gerichteter Draufsicht,

Fig. 17 eine weitere Ausführungsform einer Spannschelle in perspektivischer Darstellung.

Gemäß Fig. 1 ist ein Adapter 20 an einem Achsrohr 21 befestigt und mit einem Dehnungssensor 22 versehen. Der Adapter 20 ist eine aus einem Stück gefertigte

-11-

Einheit, also einstückig ausgebildet, weist aber einen mittleren Aufnahmebereich 23 und endseitige Befestigungsbereiche 24, 25 auf.

Der Aufnahmebereich 23 ist hier nach Art einer ebenen Platte ausgebildet. Die Befestigungsbereiche 24, 25 sind jeweils L-förmig gestaltet, nämlich mit einem Horizontalschenkel 26 und Vertikalschenkel 27. Letzterer ist zugleich ein Abstandserhöhungsbereich, so dass eine Unterseite 28 des Aufnahmebereichs einen deutlichen Abstand zu einer Oberfläche 29 des Achsrohrs 21 aufweist. Die Oberfläche 29 ist zugleich Untergrund für den Adapter 20.

Auf einer Oberseite 30 des Aufnahmebereichs 23 ist der Dehnungssensor 22 aufgeklebt. Die Oberseite 30 hat dabei die Funktion einer Aufnahme­fläche für den Dehnungssensor 22.

Der Adapter 20 ist mit geeigneten Befestigungsmitteln am Achsrohr 21 kraftschlüssig befestigt. In den Fig. 1, 2, 4, 6 sind als Befestigungsmittel umlaufende Spannschellen 31, 32 vorgesehen, welche auf den Horizontalschenkeln 26 aufliegen und so die Befestigungsbereiche 24, 25 kraftschlüssig an das Achsrohr 21 andrücken. Die Spannschellen 31, 32 sind insbesondere nach Art von Schlauchschellen ausgebildet, mit selbsthemmend einstellbarer Länge oder als Gelenkbolzenschellen.

Bei im Fahrbetrieb üblicher Biegung oder Torsion des Achsrohrs 21 ergibt sich eine elastische Verformung des Adapters 20 in Richtung eines Doppelpfeils D und entlang der Oberseite 30. Die Verformung ist mit dem Dehnungssensor 22 als Dehnung messbar.

Gemäß Fig. 1, 2, 3, 6 ist der Dehnungssensor 22 ausschließlich auf der Oberseite 30 des Aufnahmebereichs 23 angeordnet. Alternativ können Dehnungssensoren 22, 33 auf der Oberseite 30 und unter der Unterseite 28 befestigt sein, siehe Fig. 4 und 5. Ebenfalls alternativ kann nur an der Unterseite 28 ein Dehnungssensor 33 vorgesehen sein (ohne Figur).

-12-

Gemäß Fig. 3 kann die Befestigung des Adapters 20 am Achsrohr 21 auch mittels einer sehr breiten Spannschelle 34 erfolgen, welche abschnittsweise mittig eine Aussparung 35 für den Aufnahmebereich 23 aufweist.

Gemäß Fig. 5 kann der Adapter 20 auch mit Schrauben 36, 37 am Achsrohr 21 befestigt sein. Die Schrauben 36, 37 erstrecken sich durch die Horizontalschenkel 26 hindurch und greifen vorzugsweise in passende Gewinde 38, 39 im Achsrohr 21. Zwischen Adapter 20 und Achsrohr 21 steckt auf jeder Schraube 36, 37 eine Scheibe 84 mit einseitig oder beidseitig strukturierter Oberfläche, insbesondere eine Zahnscheibe. Durch die Scheiben 84 ist eine innigere Verbindung zwischen Adapter 20 und Achsrohr 21 erzielbar, bei zugleich definierter Größe von Verbindungsflächen, welche sich durch die am Adapter 20 und am Achsrohr 21 anliegenden Oberflächen der Scheiben 84 ergeben.

Gemäß Fig. 6 kann der Aufnahmebereich 23 vorgekrümmt sein, derart, dass die Krümmung bei auftretender Verformung in Richtung des Doppelpfeils D kleiner wird.

Eine Besonderheit zeigen die Fig. 7 und 8. Zwischen der Oberfläche 29 des Achsrohrs 21 und einer Unterseite 40 des Befestigungsbereichs 25 ist eine dünne Lage 41 aus einem Werkstoff vorgesehen, welcher weicher ist als der Werkstoff des Befestigungsbereichs 25 und des Achsrohrs 21. Vorzugsweise sind die Befestigungsbereiche 24, 25 oder sogar der Adapter 20 insgesamt aus Stahl oder Aluminium gefertigt, während das Achsrohr 21 aus Stahl mit eloxierter Oberfläche besteht. Die Lage 41 besteht vorzugsweise aus Kupfer oder Kunststoff oder einem anderen im Verhältnis zu Stahl oder Aluminium relativ weicheren Werkstoff.

In Fig. 7 sind Rauigkeiten der Unterseite 40 und der Oberfläche 29 übertrieben dargestellt. Der Adapter 20 ist noch nicht mit dem Achsrohr 21 verbunden. In Fig. 8 ist der Adapter 20 am Achsrohr 21 befestigt, so dass der Horizontalschenkel 26 gegen das Achsrohr 21 gepresst wird und die Lage 41 sowohl in die Unterseite 40, als auch in die Oberfläche 29 gepresst wird. Dadurch ist der Adapter 20 besonders innig und unverrückbar mit dem Achsrohr 21 verbunden.

Eine Rautiefe der angesprochenen Rauigkeit von Oberfläche 29 und Unterseite 40 beträgt vorzugsweise mehr als 0,1 Millimeter. Möglich ist auch eine Ausführung, bei der entweder die Oberfläche 29 oder die Unterseite 40 derart rau ausgebildet sind, während die andere Oberfläche (oder Unterseite) deutlich weniger rau ist. Die Lage 41 ist vorzugsweise zwischen 0,5 und 2 Millimeter dick.

Eine etwas andere Gestaltung eines Adapters 42 zeigen Fig. 9 bis 13. Befestigungsbereiche 43, 44 sind U-förmig ausgebildet, mit innerem Vertikalschenkel 45, äußerem Vertikalschenkel 46 und dazwischen liegendem Horizontalschenkel 47. Ein Aufnahmebereich 48 erstreckt sich zwischen den beiden inneren Vertikalschenkeln 45, 46, jeweils oben an diese anschließend. Unterhalb des Aufnahmebereichs 48 ist auf diese Weise ein freier Raum 49 gebildet, welcher einen Abstand zum Achsrohr (hier nicht gezeigt) definiert.

Der Aufnahmebereich weist eine ebene Oberseite 50 als Aufnahmefläche und eine ebene Unterseite 51 auf. Innerer Vertikalschenkel 45 und äußerer Vertikalschenkel 46 weisen jeweils die gleiche Höhe auf.

Die Horizontalschenkel 47 sind oberseitig und unterseitig gekrümmt ausgebildet, siehe Fig. 11 und 13, parallel zur hier nicht gezeigten Oberfläche 29 des Achsrohrs 21. Der Aufnahmebereich 48 ist in Querrichtung gemäß Pfeil 52 in Fig. 12 schmaler ausgebildet als die Befestigungsbereiche 43, 44, so dass sich in der Draufsicht gemäß Fig. 12 eine taillierte Form mit einem verringerten Querschnitt Q ergibt.

Horizontalschenkel 47 und Vertikalschenkel 45, 46 bilden durch ihre U-förmige Anordnung eine breite, schlitzförmige Vertiefung mit einer Längserstreckung (Pfeil 52) quer zur Längserstreckung (Doppelpfeil D) des Adapters 42. Die Vertiefung ist zur Aufnahme der jeweiligen Schelle 31, 32 vorgesehen.

Zwischen den Vertikalschenkeln 45, 46 sind die Horizontalschenkel 47 mit einer konvex gekrümmten Oberseite 63 versehen. Auf der Oberseite 63 kommt die jeweilige Schelle

-14-

31, 32 zu liegen. Entsprechend ist die Krümmung der Oberseite 63 an die Ausrichtung und Krümmung der Schelle 31, 32 angepasst.

Unterseitig bilden Vertikalschenkel 45, 46 und Horizontalschenkel 47 eine gemeinsame Unterseite 64, welche auf der Oberfläche 29 aufliegt bzw. am Achsrohr 21 zur Anlage kommt. Hierzu ist die Unterseite 64 konkav gekrümmt.

Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet für die Adapter 20, 42 ist in Fig. 14 gezeigt. Ein Fahrwerk 53 für einen Auflieger weist drei Achsen 54, 55, 56 auf, welche an Längsträgern 57, 58 gehalten sind. Die Achsen 54 bis 56 sind antriebslos, mit Radbremsen 59 und Rädern 60 versehen. Dabei sind die Achsen 54 bis 56 an Längslenkern 61 gehalten und mit Luftfederbälgen 62 gefedert. Die Längslenker 61 haben die Funktion einer Achsaufhängung.

Jede Achse 54 bis 56 weist ein Achsrohr 21 auf. Dieses ist einerseits zwischen Längslenker 61 und Radbremse 59 und andererseits mittig mit Adaptern 20, 42 mit Dehnungssensor versehen. In Fig. 14 ist der Dehnungssensor zur Vereinfachung nicht eingezeichnet. Nur die Orte der Adapter 20, 42 sind erkennbar. Je nach Ort des Adapters und/oder Ausrichtung und Auswahl des Dehnungssensors können Achslast und/oder Achstorsion gemessen werden. Vorzugsweise sind die Adapter 20, 42 für eine Achslastmessung in Axialrichtung mittig an der Achse 54 bis 56 angeordnet, insbesondere auf oder unter derselben, und für eine Torsionsmessung zwischen Längslenker 61 und Radbremse 59. Mittig bedeutet in diesem Fall eine Anordnung zwischen den Längslenkern 61. Die Achslast kann aber auch mit Dehnungssensoren zwischen Längslenkern 61 und Radbremsen 59 gemessen werden.

Die Adapter mit Dehnungssensoren können auch auf Oberflächen anderer zu prüfender Bauteile angeordnet sein. Ebenso können die zu prüfenden Bauteile Bestandteile anderer Fahrzeuge oder Vorrichtungen sein.

-15-

Gemäß Fig. 15 sind Spannschellen 65 zum Festspannen des Adapters 42 in besonderer Weise ausgebildet. In Fig. 15 ist nur eine Spannschelle 65 eingezeichnet. Tatsächlich sind zwei Spannschellen 65 vorgesehen.

Die Spannschelle 65 besteht aus einem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Schellenabschnitt 66 mit Enden 67, 68, welche im Bereich einer Verbindungsstelle 69 miteinander verbindbar und gegeneinander spannbar sind. An den Enden 67, 68 sind achsparallele Drehbolzen 70, 71 gelagert und durch einen im Wesentlichen tangential gerichteten Spannbolzen 72 im Abstand zueinander verstellbar. Hierzu weist der Drehbolzen 70 eine ausreichend bemessene, einfache Bohrung 73 auf, während der Drehbolzen 71 mit einer Gewindebohrung 74 versehen ist, welche mit einem nicht näher dargestellten Gewinde 75 des Spannbolzens 72 zusammenwirkt. Zwischen einem Bolzenkopf 76 und der Bohrung 73 ist eine querschnittserweiternde Hülse 77 aufgeschoben.

Die Breite der Schellenabschnitts 66 ist gerade so bemessen, dass er auf der Oberseite 63 des Adapters 42, zwischen äußerem Vertikalschenkel 46 und innerem Vertikalschenkel 45 nahezu spielfrei zu liegen kommt. Insoweit bilden Oberseite 63 und Vertikalschenkel 45, 46 eine Vertiefung 78 zur Aufnahme des Schellenabschnitts 66. Spannschelle 65 und Adapter 42 sind so gegen Relativbewegung in Axialrichtung - senkrecht zur Bildebene in Fig. 16 - gesichert.

Fig. 17 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Spannschelle 79, nämlich mit zwei Schellenabschnitten 80, 81, die in Umfangsrichtung aneinander anschließen und im Bereich von zwei Verbindungsstellen 82, 83 miteinander verbunden und gegeneinander spannbar sind. Die Verbindungsstellen 82, 83 sind wie in Fig. 16 ausgebildet, siehe dort Verbindungsstelle 69.

Die Spannschellen 65, 79 sind nach Art von Gelenkbolzenschellen ausgebildet. Andere Ausführungen sind möglich, etwa als Schlauchschelle, Spannbackenschelle oder Schnellverschlusschelle.

Bezugszeichenliste als Teil der Beschreibung

20	Adapter
21	Achsrohr
22	Dehnungssensor
23	Aufnahmebereich
24	Befestigungsbereich
25	Befestigungsbereich
26	Horizontalschenkel
27	Vertikalschenkel (Abstandserhöhung)
28	Unterseite
29	Oberfläche
30	Oberseite (Aufnahmefläche)
31	Spannschelle
32	Spannschelle
33	Dehnungssensor
34	breite Spannschelle
35	Aussparung
36	Schraube
37	Schraube
38	Gewinde
39	Gewinde
40	Unterseite
41	Lage
42	Adapter
43	Befestigungsbereich
44	Befestigungsbereich
45	innerer Vertikalschenkel
46	äußerer Vertikalschenkel
47	Horizontalschenkel
48	Aufnahmebereich

49	freier Raum
50	Oberseite (Aufnahmefläche)
51	Unterseite
52	Pfeil
53	Fahrwerk
54	Achse
55	Achse
56	Achse
57	Längsträger
58	Längsträger
59	Radbremsen
60	Räder
61	Längslenker
62	Luftfederbälge
63	Oberseite
64	Unterseite
65	Spannschelle
66	Schellenabschnitt
67	Ende
68	Ende
69	Verbindungsstelle
70	Drehbolzen
71	Drehbolzen
72	Spannbolzen
73	Bohrung
74	Gewindebohrung
75	Gewinde
76	Bolzenkopf
77	Hülse
78	Vertiefung
79	Spannschelle
80	Schellenabschnitt

- 81 Schellenabschnitt
- 82 Verbindungsstelle
- 83 Verbindungsstelle
- 84 Scheibe
- D Doppelpfeil
- Q Querschnitt

Patentansprüche

1. System mit Dehnungssensor (22, 33) und mit einem Adapter (20, 42) zur Verbindung des Dehnungssensors (22, 33) mit einem Bauteil (21), welches dynamischen Belastungen ausgesetzt ist, gekennzeichnet durch wenigstens eine Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) zum Befestigen des Adapters (20, 42) an dem Bauteil (21).
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) mehrteilig mit in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Schellenabschnitten (80, 81) ausgebildet ist, welche im Bereich von Verbindungsstellen (82, 83) miteinander verbunden sind.
3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schellenabschnitte (80, 81) wenigstens im Bereich einer Verbindungsstelle (82, 83) gegeneinander spannbar sind.
4. System nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schellenabschnitte (80, 81) wenigstens im Bereich einer Verbindungsstelle (82, 83) mit einem Gelenk (70, 71) versehen und gegeneinander abwinkelbar sind.
5. System nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schellenabschnitte (80, 81) wenigstens im Bereich einer Verbindungsstelle (82, 83) voneinander trennbar sind.
6. System nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Schellenhälften als Schellenabschnitte (80, 81) und mit zwei Verbindungsstellen (82, 83) vorgesehen sind.
7. System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schellenhälften (80, 81) im Bereich ihrer Verbindungsstellen (82, 83) gegeneinander spannbar und voneinander trennbar sind.

-20-

8. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) mit nur einem Schellenabschnitt (66) ausgebildet ist, dessen Enden (67, 68) im Bereich einer Verbindungsstelle (69) gegeneinander spannbar sind.
9. System nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schellenabschnitt (66, 80, 81) ein vollflächiger Materialstreifen ist.
10. System nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Schellenabschnitt (66, 80, 81) zumindest abschnittsweise zwei parallele Schellenabschnittsstreifen aufweist, zwischen denen eine Ausnehmung (35) vorgesehen ist.
11. System nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch zwei Spannschellen (31, 32, 34, 65, 79) zum Befestigen des Adapters (20, 42) an dem Bauteil (21).
12. System nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schellenabschnitte (66, 80, 81) metallisch sind.
13. System nach einem der Ansprüche 2 bis 10 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass Unterseiten der Schellenabschnitte (66, 80, 81) raue Oberflächen aufweisen, mit einer Rautiefe von mindestens 0,01 mm.
14. System nach einem der Ansprüche 2 bis 10 und 12 bis 13, gekennzeichnet durch eine Lage (41) an einer Unterseite des Adapters (20, 42) und zur Anlage an einem Untergrund, wobei die Lage (41) aus einem weicheren Werkstoff besteht als der Adapter (20, 42).
15. System nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Lage (41) aus einem der folgenden Werkstoffe besteht:
 - einer Goldlegierung,

-21-

- Kupfer,
- einer Kupferlegierung,
- Zinn,
- einer Zinnlegierung,
- Kunststoff.

16. System nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Dehnungssensor (22, 33) auf den Adapter (20, 42) aufgedruckt, aufgeklebt oder aufgeschweißt ist.

17. System nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Adapter (20, 42) zwei Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) und einen dazwischen liegenden Aufnahmebereich (23, 48) aufweist, wobei Oberseiten (63) der Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) Anlageflächen für die wenigstens eine Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) aufweisen, und wobei der Aufnahmebereich (23, 48) eine Aufnahmefläche (30, 50) für den Dehnungssensor (22, 33) aufweist.

18. System nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass Unterseiten (64) der Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) Anlageflächen zur Anlage am Bauteil (21) aufweisen, wobei die Anlageflächen der Unterseiten (64) unter den Anlageflächen der Oberseiten (63) liegen und nicht seitlich versetzt dazu.

19. System nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseiten (63) der Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) zur Anlage der wenigstens einen Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) zumindest teilweise konvex gekrümmt ausgebildet sind.

20. System nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass Unterseiten (64) der Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) zumindest teilweise konkav gekrümmt ausgebildet sind zur Befestigung auf einer konvex gekrümmten Oberfläche (29) des Bauteils (21).

-22-

21. System nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahme­fläche (30, 50) für den Dehnungssensor (22, 33) ungekrümmt, also plan ausgebildet ist.
22. System nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahme­fläche (30, 50) für den Dehnungssensor (22, 33) gekrümmt ausgebildet ist, derart, dass sich die Krümmung der Aufnahme­fläche (30, 50) bei einer Dehnung des Adapters (20, 42) ändert.
23. System nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseiten (63) der Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) neben den Anlage­flächen für die Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) Erhebungen (45, 46) aufweisen, zumindest einseitig neben den Anlage­flächen.
24. System nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseiten (63) neben jeder Anlage­fläche beidseitig Erhebungen (45, 46) aufweisen.
25. System nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseiten (63) der Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) zur Bildung von seitlich begrenzten Anlage­flächen vertieft ausgebildet sind..
26. System nach einem der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) einen Raum (49) unter dem Aufnahmebereich (23, 48) seitlich begrenzen.
27. System nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass als Dehnungssensor (22, 33) ein Dehnungsmessstreifen aufgebracht ist.
28. System mit Dehnungssensor (22, 33), einem Adapter (20, 42) zur Verbindung des Dehnungssensors (22, 33) mit einem Bauteil (21), welches dynamischen Belastungen ausgesetzt ist, und mit Schraubverbindungen (36, 37) zur Befestigung des Adapters (20, 42) am Bauteil (21), dadurch gekennzeichnet, dass die

Schraubverbindungen (36, 37) jeweils eine mit einer Bohrung versehene Scheibe (84) zwischen Adapter (20, 42) und Bauteil (21) aufweisen, wobei die Scheibe (84) einseitig oder beidseitig eine strukturierte Oberfläche aufweist mit Vertiefungen oder Erhöhungen von mindestens 0,01 mm Tiefe oder Höhe.

29. System nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Scheibe (84) gezahnt ausgebildet ist.

30. System mit Dehnungssensor (22, 33) und mit einem Adapter (20, 42) zur Verbindung des Dehnungssensors (22, 33) mit einem Bauteil (21), welches dynamischen Belastungen ausgesetzt ist, wobei der Adapter (20, 42) zwei Befestigungsbereiche (24, 25; 43, 44) und einen dazwischen liegenden Aufnahmebereich (23, 48) und der Aufnahmebereich (23, 48) eine Aufnahme fläche für den Dehnungssensor (22, 33) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Adapter (20, 42) in jedem Befestigungsbereich (24, 25; 43, 44) eine Vertiefung für die Aufnahme und Führung einer Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) aufweist.

31. Verwendung des Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 30 an einer Achse (54, 55, 56) und für wenigstens eine der nachfolgenden Messungen:

- Messung einer Achsbiegung,
- Messung einer Achslast,
- Messung einer Achstorsion.

32. Achse (54, 55, 56) für ein Fahrzeug, mit wenigstens einem System nach einem der Ansprüche 1 bis 30.

33. Achse (54, 55, 56) nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein System an einem Achsrohr (21) befestigt ist.

34. Achse (54, 55, 56) nach Anspruch 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein System an wenigstens einer der folgenden Positionen angeordnet ist:

-24-

- an jedem Ende der Achse (54, 55, 56), also zwischen einer Radbremse (59) und einer Achsaufhängung (61),
- mittig, also zwischen den Achsaufhängungen (61).

35. Achse (54, 55, 56) nach einem der Ansprüche 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass eine Oberfläche der Achse (54, 55, 56) im Bereich der Spannschelle (31, 32, 34, 65, 79) eine Rautiefe von mindestens 0,01 mm aufweist.

36. Achse (54, 55, 56) nach einem der Ansprüche 32 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Dehnungssensor (22, 33), bezogen auf einen Außenumfang der Achse (54, 55, 56), an wenigstens einer der nachfolgenden Positionen angeordnet ist:

- in einer oberen Position,
- in einer unteren Position,
- in einer seitlichen Position,
- in einer seitlich-oberen Position,
- in einer seitlich-unteren Position.

37. Fahrzeug mit einer Achse (54, 55, 56) nach einem der Ansprüche 32 bis 36.

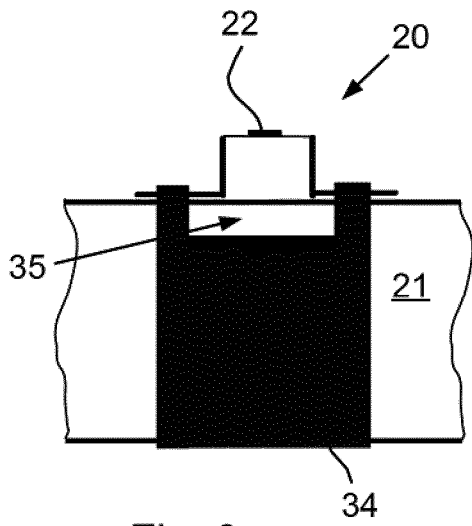


Fig. 3

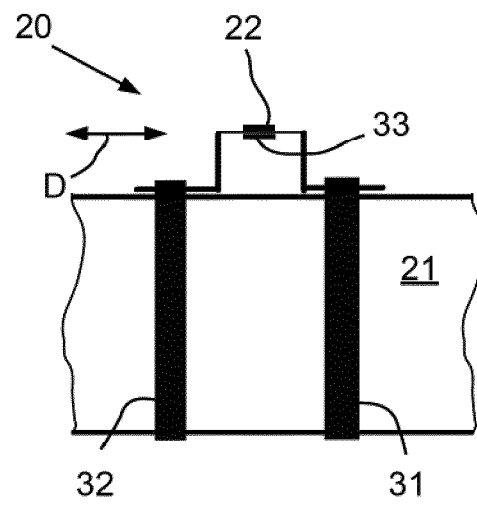


Fig. 4

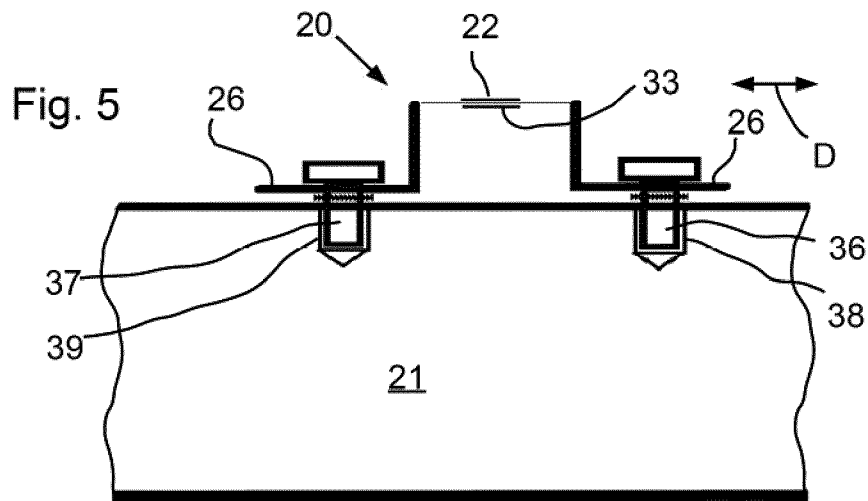


Fig. 5

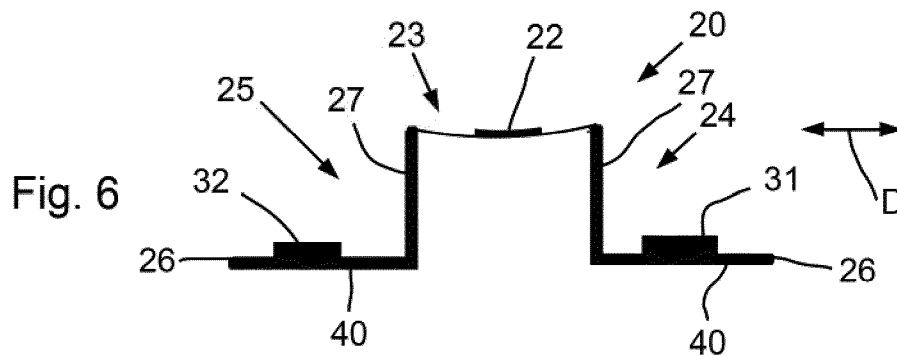
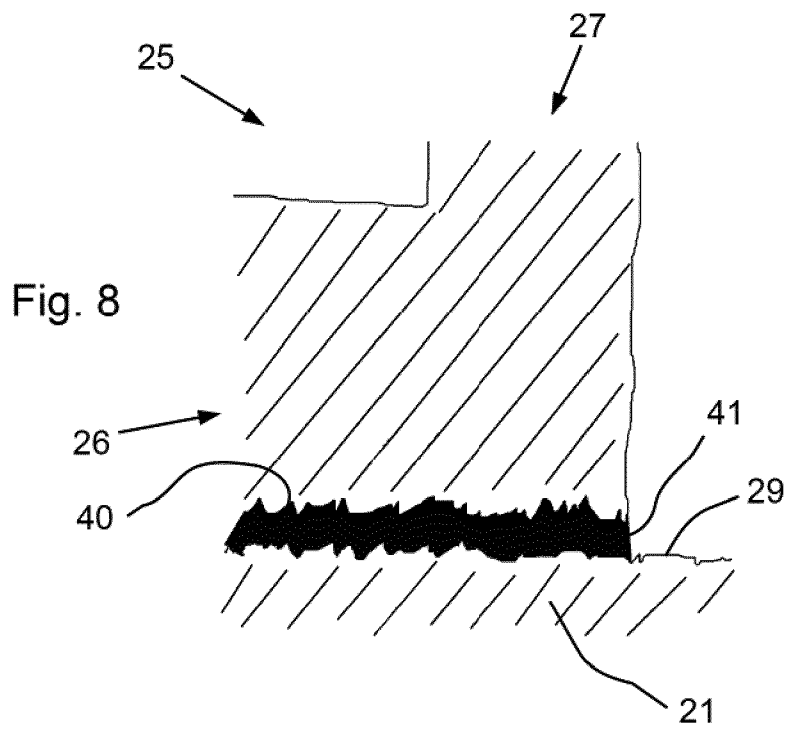
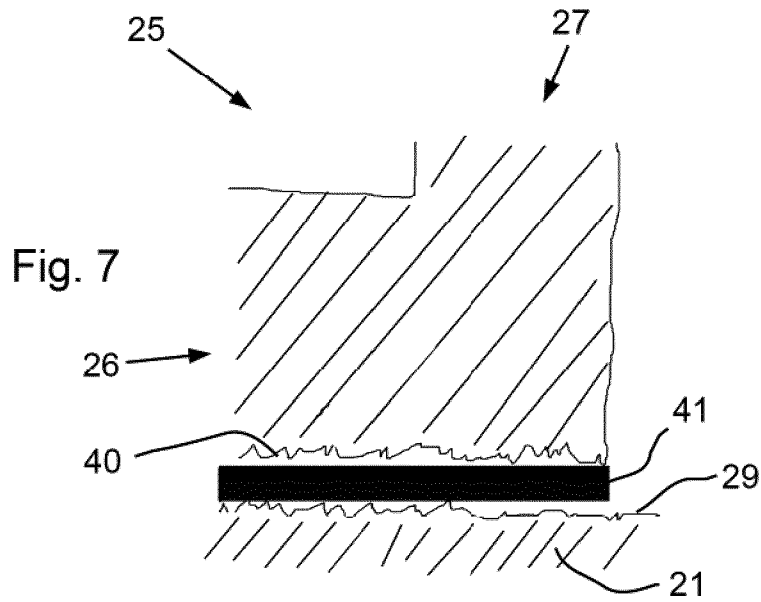


Fig. 6



4/8

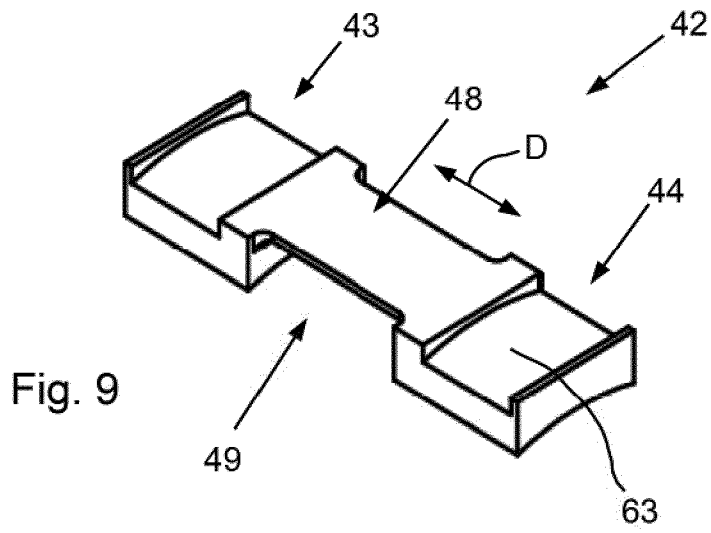


Fig. 9

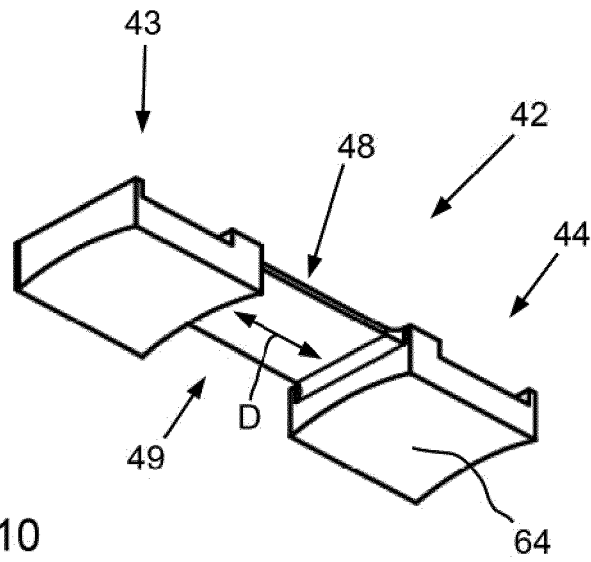


Fig. 10

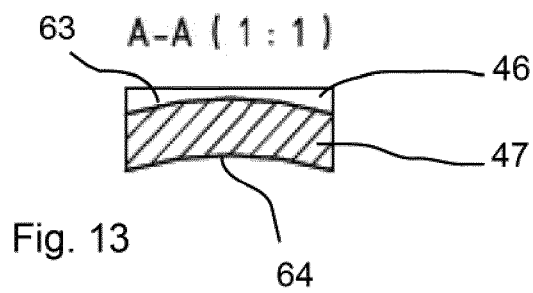
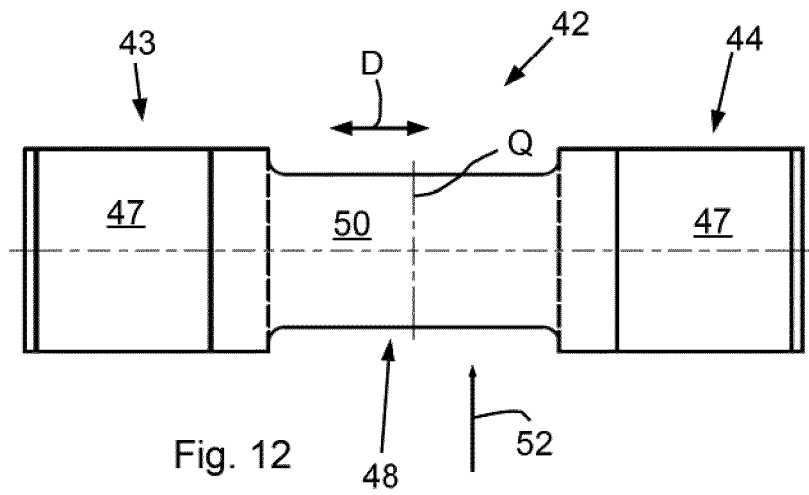
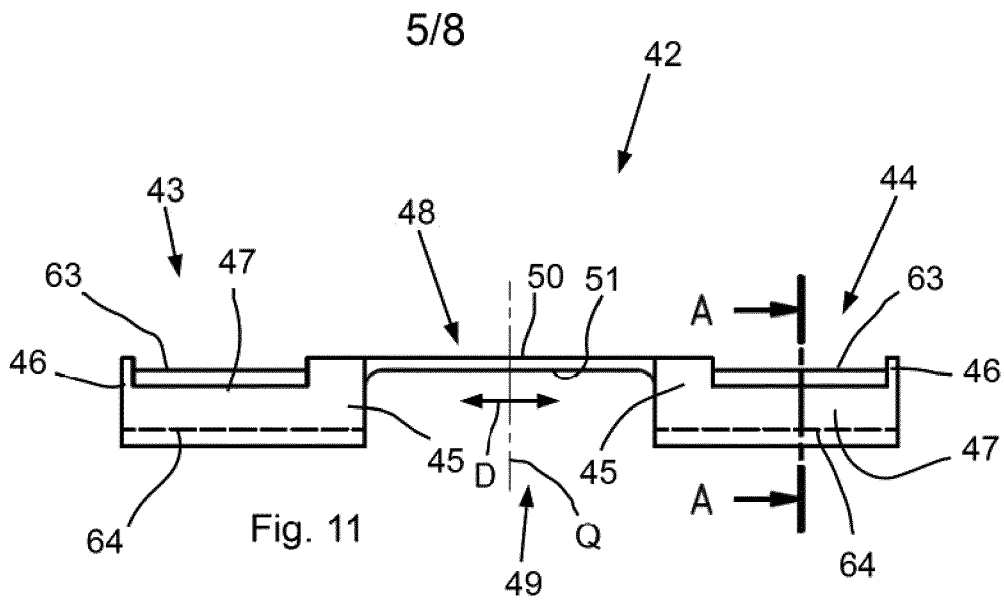
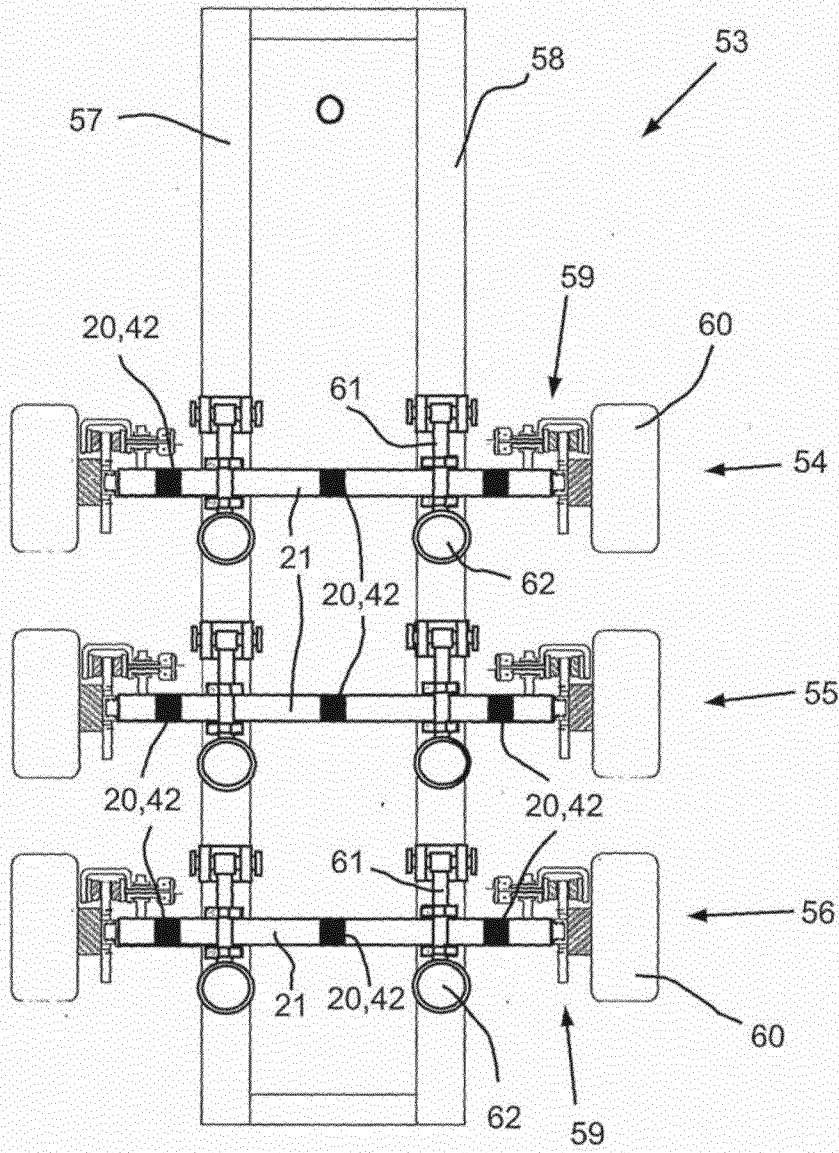


Fig. 14



7/8

