

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50458/2023 (51) Int. Cl.: **F16F 15/02** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 12.06.2023 **G01M 13/025** (2019.01)  
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2024 **G01M 15/02** (2006.01)  
**G01L 3/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
CN 103397712 A  
CN 102998124 A  
CN 104832625 A  
JP H11211623 A  
CN 201600185 U

(73) Patentinhaber:  
tectos gmbh  
8054 Graz (AT)

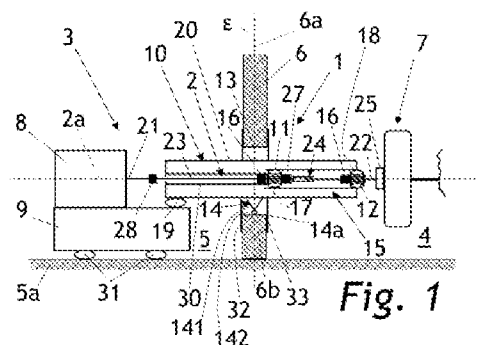
(72) Erfinder:  
Höfler Dieter Dr.  
8020 Graz (AT)  
Maxl Stefan Dr.  
8010 Graz (AT)  
Fuchs Markus  
8301 Laßnitzhöhe (AT)

(74) Vertreter:  
Babeluk Patentanwälte GmbH  
1080 Wien (AT)

(54) **PRÜFSTANDSANORDNUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Prüfstandsordnung (1) mit einem Prüfraum (4), welcher ausgebildet ist um ein Testobjekt (7) aufzunehmen, und mit zumindest einem Antriebsstrangprüfstand (3), welcher zumindest eine elektrische Maschine (8) und einen Wellenstrang (2) mit einem ersten Ende (21) und einem zweiten Ende (22) aufweist, wobei das erste Ende (21) drehfest mit der elektrischen Maschine (8) verbunden oder verbindbar ist, und das zweite Ende (22) ausgebildet ist, um das Testobjekt (7) über eine drehfeste Verbindung (25) anzuschließen, und wobei der Wellenstrang (2) über zumindest ein Zwischenlager (11, 12) drehbar in einem Wellenträger (10) gelagert ist, wobei die elektrische Maschine (8) und das erste Ende (21) des Wellenstranges (2) außerhalb des Prüfraumes (4) und das zweite Ende (22) des Wellenstranges (2) innerhalb des Prüfraumes (4) angeordnet sind, wobei der Wellenstrang (2) durch eine Wanddurchführung (13) einer Wand (6) des Prüfraumes (4) geführt ist, und wobei der Wellenträger (10) eine den Wellenstrang (2) zumindest teilweise aufnehmende Wellenbrücke (20) bildet, wobei die Wellenbrücke (20) im Prüfraum (4) freitragend ausgebildet ist.

Um eine weitgehende Luft- und Körperschallentkoppelung zwischen Antriebsstrangprüfstand und Testobjekt zu erreichen, ist vorgesehen, dass die Wellenbrücke (20) im Bereich der Wanddurchführung (13) in Bezug auf die Wand (6) um eine Achse (14a) zumindest einer Lagerung (14) schwenkbar und/oder gelenkig gelagert ist, wobei die Achse (14a) in einer Normalebene ( $\epsilon$ ) auf den Wellenstrang (2) angeordnet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Prüfstandsordnung mit einem Prüfraum, welcher ausgebildet ist um ein Testobjekt aufzunehmen, und mit zumindest einem Antriebsstrangprüfstand, welcher zumindest eine elektrische Maschine und einen Wellenstrang mit einem ersten Ende und einem zweiten Ende aufweist, wobei das erste Ende drehfest mit der elektrischen Maschine verbunden oder verbindbar ist, und das zweite Ende ausgebildet ist, um das Testobjekt über eine drehfeste Verbindung anzuschließen, und wobei der Wellenstrang über zumindest ein Zwischenlager drehbar in einem Wellenträger gelagert ist, wobei die elektrische Maschine und das erste Ende des Wellenstranges außerhalb des Prüfraumes und das zweite Ende des Wellenstranges innerhalb des Prüfraumes angeordnet sind, wobei der Wellenstrang durch eine Wanddurchführung einer Wand des Prüfraumes geführt ist, und wobei der Wellenträger eine den Wellenstrang zumindest teilweise aufnehmende Wellenbrücke bildet, wobei die Wellenbrücke im Prüfraum freitragend ausgebildet ist. Weiters betrifft die Erfindung einen Antriebsstrangprüfstand, welcher zumindest eine elektrische Maschine und einen Wellenstrang mit einem ersten Ende und einem zweiten Ende aufweist, wobei das erste Ende drehfest mit der elektrischen Maschine verbunden oder verbindbar ist, und das zweite Ende ausgebildet ist, um ein Testobjekt über eine drehfeste Verbindung anzuschließen, und wobei der Wellenstrang über zumindest ein Zwischenlager drehbar in einem Wellenträger gelagert ist, für die genannte Prüfstandsordnung.

**[0002]** Antriebsstrangprüfstände zum Prüfen von Kraftfahrzeuggetrieben bzw. von vollständigen Kraftfahrzeugantriebssträngen sind aus dem Stand der Technik bekannt. Derartige Prüfstände werden einerseits verwendet, um Funktionsstörungen im Wellenstrang frühzeitig durch eine Reihe von Belastungstests zu erkennen. Typische Funktionsstörungen entstehen z.B. durch spielbehaftete Bauteile, wie z. B. Zahnräder, Synchronringe, Synchronkörper, Lamellenkuppelungsscheiben und Wellen, die ausgelenkt oder gar zu Schwingungen angeregt werden können. Im Rahmen der Funktionserprobung werden üblicherweise auch das Akustikverhalten und die Schaltqualität geprüft. Andererseits finden derartige Prüfstände aber auch in der Entwicklung zur stetigen Verbesserung von Kraftfahrzeugantriebssträngen Verwendung. Üblicherweise umfassen derartige Antriebsstrangprüfstände einen Elektromotor als Antrieb.

**[0003]** Luft- und Körperschallkoppellungen zwischen Prüfstand und Testobjekt können die Messungen erheblich nachteilig beeinflussen.

**[0004]** Aus den Veröffentlichungen AT 512 006 A1, WO 2017/140443 A1, WO 2022/200216 A1, WO 2022/214582 A1 und WO 2022/218858 A1 sind Prüfstandsordnungen bekannt, bei denen die Antriebsstrangprüfstände samt elektrischen Maschinen innerhalb des Prüfraumes angeordnet und gelagert sind, wobei die Radnaben als Schnittstelle zwischen Antrieb und Prüfeinrichtung verwendet werden. Nachteilig ist, dass Schwingungen und Geräusche der elektrischen Maschine und der Welle in den Prüfraum eingetragen werden, was sich nachteilig auf die Messergebnisse auswirkt.

**[0005]** Die CN 103 397 712 A1 offenbart eine Prüfstandsordnung mit einer in der Wand eines Prüfraumes angeordneten Durchführung für eine Antriebswelle, welche in einer schallisierend ausgebildeten, rohrförmigen, an der Innen- und Außenseite der Prüfraumwand befestigten und von dort beidseits freitragend hinausragenden Einhausung drehbar gelagert ist.

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine weitgehende Luft- und Körperschallentkoppelung zwischen Antriebsstrangprüfstand und Testobjekt zu erreichen.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer eingangs genannten Prüfstandsordnung dadurch gelöst, dass die Wellenbrücke im Bereich der Wanddurchführung in Bezug auf die Wand um eine Achse zumindest einer Lagerung schwenkbar und/oder gelenkig gelagert ist, wobei die Achse in einer Normalebene auf den Wellenstrang, vorzugsweise im Wesentlichen waagrecht, angeordnet ist.

**[0008]** Dies ermöglicht eine Entkoppelung der Schwingungen zwischen dem Antriebsstrangprüfstand und dem Fundament des Testraumes.

**[0009]** Unter einer Wellenbrücke ist eine den Wellenstrang zumindest teilweise tragende Stützstruktur für den Wellenstrang zu verstehen, welche einen Raumbereich, insbesondere einen Bereich des Prüfraumes und des Maschinenraumes, überspannt.

**[0010]** Freitragend bedeutet, dass die Wellenbrücke zwischen der Wand des Prüfraumes und dem zweiten Ende des Wellenstranges keine mechanische Verbindung zum Fundament oder Boden des Testraumes aufweist. Der Wellenstrang weist also keine Stützkonstruktion zwischen dem Boden des Prüfraumes und dem Wellenstranges auf. Insbesondere weist die Wellenbrücke keine Lagerstellen in dem Prüfraum auf. Die freitragende Wellenbrücke ist eine Kernkomponente für die Luft- und Körperschallisolation des Prüfraumes.

**[0011]** Ein weiterer Vorteil ist, dass die Schall-Reflexionsflächen an den Seiten des Testobjektes erheblich reduziert werden können, insbesondere wenn die Oberfläche der Wellenbrücke mit einem schallabsorbierenden Material beschichtet ist. Durch die freitragende Konstruktion der Wellenbrücke werden zusätzliche normgerechte Mikrofonpositionen zur akustischen Überwachung des Testobjektes ermöglicht.

**[0012]** Um eine weitgehende schwingungsmäßige Entkoppelung der Prüfstandsordnung vom Testobjekt zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn Lagerung wandfest ausgebildet ist. Die Wellenbrücke ist insbesondere als Wippe ausgeführt, deren freies Ende mit dem zweiten Ende des Wellenstrang sich im Prüfraum befindet, wobei als Gegenmasse die an das erste Ende des Wellenstranges angeschlossene elektrische Maschine verwendet wird.

**[0013]** In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Lagerung im Bereich der Wand - vorzugsweise einer Mittelebene der Wand - angeordnet ist. Durch die gelenkige und/oder schwenkbare Lagerung der Wellenbrücke im Bereich der Wand wird verhindert, dass Querkräfte oder Biegemomente in die Wand eingeleitet werden.

**[0014]** Weiters erfolgt die Lösung der Aufgabe bei einem Antriebsstrangprüfstand der eingangs genannten Art dadurch, dass der Wellenträger eine den Wellenstrang zumindest teilweise aufnehmende Wellenbrücke bildet, und dass die Wellenbrücke zumindest ein Element einer Lagerung aufweist, welche ausgebildet ist, um die Wellenbrücke um eine Achse zu schwenken, wobei die Achse in einer Normalebene auf den Wellenstrang angeordnet ist. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Wellenbrücke zwischen dem Element der Lagerung und dem zweiten Ende des Wellenstranges freitragend ausgebildet ist.

**[0015]** In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Wellenstrang zumindest teilweise - vorzugsweise im Bereich der Wanddurchführung - in einem fest mit dem Wellenträger verbundenen Wellenrohr geführt ist, wobei vorzugsweise das Wellenrohr als Rohrschalldämpfer ausgebildet ist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Wellenrohr über ein vorzugsweise fest mit dem Wellenträger verbundenes Zwischenlager stirnseitig geschlossen ist. Über das das Wellenrohr verschließende Zwischenlager erfolgt eine weitere akustische Isolation.

**[0016]** Im Rahmen der Erfindung ist weiters vorgesehen, dass das zweite Ende des Wellenstranges in Richtung der Wellenachse verstellbar ist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Wellenstrang längenverstellbar ausgebildet ist, wobei vorzugsweise der Wellenstrang zumindest eine Teleskopwelle mit zumindest zwei teleskopisch ineinander schiebbaren Wellenelementen aufweist. Dadurch kann der Antriebsstrangprüfstand flexibel an das Textobjekt angepasst werden.

**[0017]** Der Wellenstrang ist vorteilhafterweise über zumindest ein mit dem Wellenträger fest verbundenes erstes Zwischenlager und zumindest ein mit dem Wellenträger axial verschiebbares zweites Zwischenlager gelagert. Dies ermöglicht eine axiale Längenverstellung des Wellenstranges.

**[0018]** In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass zwischen zumindest einem Zwischenlager und dem Wellenträger zumindest ein - besonders vorzugsweise durch einen Ganzmetalldämpfer gebildetes - Dämpfungselement angeordnet ist. Betriebsschwingungen aus den Zwischenlagern und homokinetischen Gelenken werden somit nur stark gedämpft auf den Wellenträger übertragen.

**[0019]** Weiters ist im Rahmen der Erfindung vorgesehen, dass die Wellenträger über zumindest eine - vorzugsweise eine akustisch entkoppelte - elastische Verbindung mit dem Sockel verbunden ist. Die Wellenbrücke ist somit von der mit dem Sockel verbundenen elektrischen Maschine schwingungstechnisch entkoppelt. Dadurch, dass die Wellenbrücke von der elektrischen Maschine schwingungstechnisch entkoppelt ist, kann eine negative Beeinflussung der elektrischen Maschine auf die Messergebnisse vermieden werden. Die Wellenbrücke kann dabei beispielsweise über Ganzmetalldämpfer („Stop-Choc-Elemente“) an den Sockel der elektrischen Maschine angebunden sein. Der Sockel und die elektrische Maschine wirken als Gegengewicht und halten die Wellenbrücke in Position.

**[0020]** Günstigerweise ist vorgesehen, dass der Sockel über zumindest ein - vorzugsweise akustisch entkoppeltes - Auflager mit dem Boden des Maschinenraumes verbunden ist, wobei vorzugsweise zumindest ein Auflager durch eine Luftfederung gebildet ist.

**[0021]** Dadurch, dass der Sockel samt der elektrischen Maschine über Luftfedern in dem Maschinenraum gelagert ist, wird auch eine schwingungsmäßige Entkoppelung zum Fundament erreicht.

**[0022]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren gezeigten nicht einschränkenden Ausführungsbeispiele näher erläutert. Darin zeigen schematisch

**[0023]** Fig. 1 eine erfindungsgemäße Prüfstandsordnung in einer ersten Ausführungsvariante in einem Längsschnitt,

**[0024]** Fig. 2 eine erfindungsgemäße Prüfstandsordnung in einer zweiten Ausführungsvariante in einem Längsschnitt,

**[0025]** Fig. 3 diese Prüfstandsordnung in einer geschnittenen axonometrischen Darstellung,

**[0026]** Fig. 4 eine Wellenbrücke des Antriebsstrangprüfstandes dieser Prüfstandsordnung in einer geschnittenen axonometrischen Darstellung,

**[0027]** Fig. 5 eine elektrische Maschine dieses Antriebsstrangprüfstandes in einer axonometrischen Darstellung,

**[0028]** Fig. 6 einen erfindungsgemäßen Antriebsstrangprüfstand in einer axonometrischen Darstellung,

**[0029]** Fig. 7 eine Wellenbrücke dieses Antriebsstrangprüfstandes in einer geschnittenen axonometrischen Darstellung und

**[0030]** Fig. 8 diesen Antriebsstrangprüfstand in einer Seitenansicht.

**[0031]** Die Fig. 1 bis 5 zeigen jeweils eine Prüfstandsordnung 1 mit zumindest einem einen Wellenstrang 2 aufweisenden Antriebsstrangprüfstand 3 - beispielsweise einem NVH-Einachs-Antriebsstrangprüfstand (NVH=Noise, Vibration, Harshness) -, einem Prüfraum 4 und einem Maschinenraum 5, der von dem Prüfraum 4 durch eine schall- und schwingungshemmend ausgebildete Wand 6 getrennt ist. Der Prüfraum 4 ist ausgebildet, um ein Testobjekt 7, beispielsweise ein Kraftfahrzeug, eine Brennkraftmaschine oder ein Getriebe, aufzunehmen.

**[0032]** Der Wellenstrang 2 des Antriebsstrangprüfstandes 3 weist ein erstes Ende 21 und ein zweites Ende 22 auf. Im Bereich des ersten Endes 21 ist der Wellenstrang 2 mit einer elektrischen Maschine 8 drehfest verbunden oder verbindbar. Die elektrische Maschine 8 ist beispielsweise über Schrauben fest mit einem Sockel 9 verbunden.

**[0033]** Das zweite Wellenende 22 ist ausgebildet, um das Testobjekt über eine drehfeste Verbindung 25 anzuschließen.

**[0034]** Die elektrische Maschine 8 - beispielsweise eine Asynchronmaschine - befindet sich in dem an den Prüfraum 4 angrenzenden Maschinenraum 5. Im Falle eines Kraftfahrzeuges wird beispielsweise jeweils ein Radflansch des Kraftfahrzeuges über die drehfeste Verbindung 25 des Wellenstranges 2, beispielsweise einen Adapterflansch, an die elektrische Maschine 8 angebunden. Pro Radflansch kann dabei ein Wellenstrang 2 und eine elektrische Maschine 8 vorgesehen

sein, wobei die elektrischen Maschinen 8 außerhalb des Prüfraumes 4, also in zumindest einem an den Prüfraum 4 angrenzenden Maschinenraum 5 angeordnet sind.

**[0035]** Der Wellenstrang 2 ist über zumindest ein erstes Zwischenlager 11 und ein zweites Zwischenlager 12 drehbar in einem Wellenträger 10 gelagert, wobei das erste Zwischenlager der Mittelebene 6a der Wand näher liegt als das zweite Zwischenlager 12. Der Wellenträger 10 ist durch eine in den Prüfraum 4 hineinragende Wellenbrücke 20 gebildet. Die Wellenbrücke 20 weist keine Lagerstellen in dem Prüfraum 4 auf und ist die Kernkomponente für die Luft- und Körperschallisolation des Prüfraumes 4.

**[0036]** Im Ausführungsbeispiel weist der Wellenstrang 2 zumindest einen durch die Wand 6 geführten ersten Wellenteil 23 und einen zweiten Wellenteil 24 auf, wobei zumindest der zweite Wellenteil 24 über die Zwischenlager 11, 12 drehbar in der Wellenbrücke 20 gelagert ist.

**[0037]** Die Wand 6 weist zumindest eine Wanddurchführung 13 für den Wellenstrang 2 zwischen dem Prüfraum 4 und dem Maschinenraum 5 auf. Die Wellenbrücke 20 mit dem Wellenstrang 2 durchdringt dabei im Bereich der Wanddurchführung 13 die Wand 6. Die Wellenbrücke 20 ist im Bereich der Wanddurchführung 13 in Bezug auf die Wand 6 um zumindest eine Achse 14a über eine Lagerung 14 kippbar und/oder gelenkig gelagert, wobei beispielsweise die Lagerung 14 fest mit der Wand 6 verbunden ist. Die Lagerung 14 weist dabei zumindest zwei zusammenwirkende Elemente 141, 142 - ein Lager 141 und ein Widerlager 142 - auf, wobei ein Element 141 der Lagerung 14 auf der Wellenbrücke 20 und das andere Element 142 der Lagerung 14 in der Wand 6 angeordnet ist. Der Wellenstrang 2 ist somit über die Wellenbrücke 20 über die Lagerung 14 in der Wanddurchführung 13 schwenkbar und/oder gelenkig abgestützt. Die Achse 14a ist in einer Normalebene auf dem Wellenstrang 2, beispielsweise im Wesentlichen waagrecht, angeordnet. Die Normalebene  $\varepsilon$  fällt in den Ausführungsbeispielen etwa mit einer Mittelebene 6a der Wand 6 zusammen (Fig. 1,2, 8).

**[0038]** Die Wellenbrücke 20 kann als einfache Wippe ausgeführt sein, wobei sich das erste Wippenende im Bereich des ersten Endes 21 des Wellenstranges 2, also im Bereich der elektrischen Maschine 8 und das freie zweite Wippenende im Bereich des zweiten Endes des Wellenstranges 2, also im Bereich des Testobjektes 7 befindet. Die elektrische Maschine 8 dient somit als Gegenmasse zum Testobjekt 7.

**[0039]** Die Lagerung 14 ist im Ausführungsbeispiel etwa Bereich der Wand 6 - beispielsweise im Bereich der Mittelebene 6a der Wand 6 - angeordnet.

**[0040]** Die Wellenbrücke 20 besitzt somit innerhalb der Wand 6 einen Lagerpunkt, welcher ein Schwenken um eine waagrechte Achse 14a ermöglicht. Der Sockel 9 und die elektrische Maschine 8 wirken so als Gegengewicht und halten die Wellenbrücke 20 in Position.

**[0041]** Durch den freitragenden Wellenstrang 2 erfolgte eine optimierte Kräfteinleitung in die Gebäudestruktur.

**[0042]** Durch die schwenkbare oder gelenkige Lagerung 14 der Wellenbrücke 20 werden keine Querkräfte oder Biegemomente in die Wand 2 zwischen dem Maschinenraum 5 und dem Prüfraum 4 eingeleitet.

**[0043]** Die Wellenbrücke 20 ist von der elektrischen Maschine 8 weitgehend schwingungstechnisch entkoppelt.

**[0044]** Zur Realisierung von unterschiedlichen Spurweiten vom Kleinstwagen bis hin zum Transporter ist der Wellenstrang 2 das zweite Ende 22 des Wellenstranges 2 in Richtung der Längsachse 2a des Wellenstranges 2 verstellbar. Vorteilhafterweise ist der Wellenstrang 2 selbst längenverstellbar ausgeführt. Im Ausführungsbeispiel ist der zweite Wellenteil 24 als längenverstellbare Teleskopwelle 240 ausgebildet und weist zumindest zwei teleskopisch ineinander schiebbare Wellenelemente 241, 242 auf, welche durch eine - günstigerweise manuelle - Längenverstellvorrichtung 15 verstellbar sind (Fig. 4). Wenn auf einen elektrischen Antrieb und eine fremdbetätigte Arretierung der Spurweitenverstellung verzichtet wird, kann die Wellenbrücke 20 sehr kompakt gehalten werden. Dadurch ist eine einfache Spurweitenverstellung realisierbar.

**[0045]** Das erste Zwischenlager 11 ist als fest mit der Wellenbrücke 20 verbundener Lagerbock und das zweite Zwischenlager 12 durch einen axial in Längsrichtung des Wellenstranges 2 auf der Wellenbrücke 20 in Bezug zum ersten Zwischenlager 11 verschiebbaren Lagerbock gebildet.

**[0046]** Das erste Wellenelement 241 ist im ersten Zwischenlager 11 drehbar gelagert. Das zweite Wellenelement 242 ist drehbar im zweiten Zwischenlager 12 gelagert und kann gemeinsam mit diesem durch die Längenverstellvorrichtung 15 axial verschoben werden. Die Wellenelemente 241, 242 und die Zwischenlager 11, 12 sind so ausgeführt, dass sie auf einer Seite oder dazwischen Drehschwingungsdämpfer und/oder Schwingungstilger 27 aufnehmen können (Fig. 1 bis 4).

**[0047]** Die Längenverstellvorrichtung 15 weist beispielsweise eine Gewindespindel 150 auf, über welche das durch den verschiebbaren Lagerbock gebildete zweite Zwischenlager 12 mit dem durch den festen Lagerbock gebildeten ersten Zwischenlager 11 verbunden ist. Der verschiebbare Lagerbock weist dazu einen auf einer wellenbrückenfesten Führungsschiene parallel zur Längsachse 2a geführten Schlitten auf (nicht dargestellt). Von Minimum bis Maximum kann das zweite Zwischenlager 12 um beispielsweise ca. 20 cm verschoben werden. Die Gewindespindel 150 kann zur Betätigung stirnseitig beispielsweise einen Sechskantschraubenkopf aufweisen, welcher zum Beispiel über einen Werkzeugschlüssel oder einen Akkuschauber bedient werden kann. Nach der Verstellung wird die Lage des Schlittens über Arretierschrauben 39 auf der Wellenbrücke 20 fixiert (Fig. 7). Eine Einstellung der Spurbreite kann auf diese Weise mit wenigen Handgriffen manuell in kurzer Zeit durchgeführt werden. Alternativ dazu kann - gemäß einer nicht dargestellten Ausführung der Erfindung - selbstverständlich für die Verschiebung des zweiten Zwischenlagers 12 auch eine elektrische Verstelleinrichtung vorgesehen sein.

**[0048]** Der erste Wellenteil 23 und der zweite Wellenteil 24 können beidseitig mit homokinetischen Gelenken ausgestattet sein, wie in den Fig. 1 bis 4 mit Bezugszeichen 16 angedeutet sind. Somit sind vorteilhafterweise der erste Wellenteil 23 und der zweite Wellenteil 24 als Gleichlaufgelenkwellen ausgeführt. Diese weisen eine hohe Torsionssteifigkeit auf und können gleichzeitig montagebedingte Achs- und Winkelversätze ausgleichen.

**[0049]** Im Bereich des ersten Endes 21 des Wellenstranges 2 kann ein mit dem Rotor der elektrischen Maschine 8 drehfest verbundener Drehmomentmessflansch 28, eventuell samt Drehzahlgeber, angeordnet sein (Fig. 1 bis 4 und 7).

**[0050]** Zwischen jedem Zwischenlager 11, 12 und dem Wellenträger 10 ist zumindest ein - beispielsweise durch einen Ganzmetalldämpfer („Stopp-Choc-Element“) gebildetes - Dämpfungselement 17, 18 angeordnet, wodurch die Zwischenlager 11, 12 gegenüber der Wellenbrücke 20 entkoppelt sind. Betriebsschwingungen aus den Zwischenlagern 11, 12 und den homokinetischen Gelenken 16 werden daher nur stark gedämpft auf die Struktur der Wellenbrücke 20 übertragen.

**[0051]** Die elektrische Maschine 8 und das erste Ende 21 des Wellenstranges 2 sind außerhalb des Prüfraumes 4 - im Maschinenraum 5 - angeordnet. Das zweite Ende 22 des Wellenstranges 2 ist innerhalb des Prüfraumes 4 angeordnet, wobei der Wellenstrang 2 durch die Wanddurchführung 13 der Wand 6 zwischen dem Prüfraumes 4 und dem Maschinenraum 5 geführt ist. Durch die in den Prüfraum 4 auskragende Wellenbrücke 20 ist der Wellenstrang 2 im Prüfraum 3 freitragend ausgebildet. Der Wellenstrang 2 weist somit keine Stützkonstruktion zwischen dem Boden des Prüfraumes 4 und den Wellenteilen 23, 24 auf, wodurch eine akustische und schwingungstechnische Entkoppelung erfolgt. Ein weiterer Vorteil der freitragenden Bauweise der Wellenbrücke 20 ist, dass zusätzliche normgerechte Mikrofonpositionen ermöglicht werden.

**[0052]** Die Wellenbrücke 20 ist im Ausführungsbeispiel als Fachwerkkonstruktion aus verschweißten Stahlrohren 26 ausgeführt, wobei die Stahlrohre in einem Querschnitt auf die Längsachse 2a des Wellenstranges 2 die Form eines auf dem Kopf stehenden Deltas aufweisen. Die Grundform des auf dem Kopf stehenden Deltas ist das Resultat von Optimierungen des Raumbedarfs, Fertigungsaufwandes und des simulierten dynamischen Verhaltens. Die Fachwerkkonstruktion weist ein gutes Verhältnis zwischen Eigengewicht und Steifigkeit auf. Die offenen Felder der Fachwerkkonstruktion können für Montage und Wartungsarbeiten genutzt werden. Die

Rohre in Achsrichtung besitzen jeweils ein Innenrohr, welches zur Leitungsführung verwendet werden kann. Die Hohlräume der Rohre sind mit Dämmstoff - beispielsweise komprimierter Steinwolle - gefüllt und mit Deckeln verschlossen. Die Querstreben des Fachwerks können mit Sand gefüllt sein. Durch diese Maßnahmen wird gewährleistet, dass das Fachwerk eine hohe innere Dämpfung besitzt und daher nur schwer selbst zum Schwingen angeregt werden kann. Andererseits können dadurch die Eigenmoden durch gezielten Masseinsatz stark abgesenkt werden.

**[0053]** Zur akustischen Isolierung sind die Freiräume rund um die gelenkige Lagerung 14 und die Freiräume der Wellenbrücke 20 mit akustischem Isolationsmaterial gefüllt. Die schalldichte Isolation der Wanddurchführung 13 erfolgt über zwei Abdeckungen 32, 33, welche beidseits der Wand 6 schwimmend angeordnet sind (Fig. 6, 8). Die Abdeckungen 32, 33 bestehen beispielsweise aus Stahl und sind auf der Seite der Wand 6 mit einer elastischen akustischen Dämmschicht 36 versehen. Die beiden Abdeckungen 32, 33 werden über Stahlanker 39 gegeneinander verspannt und schließen dadurch dicht ab, wobei die schwimmende Dämmschicht 36 gegen eine wandfeste Dämmschicht 37 gedrückt wird (Fig. 8). Zur Reduktion der Abstrahlung in den Prüfraum 4 ist die Wellenbrücke 20 außen mit einer akustisch wirksamen Verkleidung, idealerweise aus Neopren, versehen.

**[0054]** Mit dem Sockel 9 ist die Wellenbrücke 20 über zumindest eine elastische und dämpfende Verbindung 19 verbunden. Die Verbindung 19 ist beispielsweise durch einen Ganzmetalldämpfer („Stopp-Choc-Element“) gebildet und bewirkt eine akustische Entkoppelung der Wellenbrücke 20 vom Sockel 9. Aufgrund der elastischen Verbindung 19 der Wellenbrücke 20 mit dem Sockel 9 kann der erste Wellenteil 23 die Relativbewegungen aufnehmen.

**[0055]** Der Sockel 9 ist über zumindest ein akustisch entkoppeltes - insbesondere elastisches - Auflager 31 mit dem Boden 5a des Maschinenraumes 5 verbunden. Das Auflager 31 kann beispielsweise durch eine Luftfeder gebildet sein. Der Sockel 9 trägt somit die elektrische Maschine 8 und bewirkt eine schwingungsmäßige Entkoppelung der elektrischen Maschine 8 zum Boden 5a des Maschinenraumes 5. Dadurch, dass die Auflager 31 der elektrischen Maschine 8 und des Sockels 9 durch im Maschinenraum 5 angeordnete Luftlager gebildet sind, kann die Übertragung von Betriebsschwingungen hin zum Boden 5a und weiter zur Gebäudestruktur verhindert werden. Die Masse des Sockels 9 und die Kennlinie der Luftfedern können so ausgelegt sein, dass die aus den eingeleiteten Drehmomenten resultierenden Reaktionskräfte nur minimale Relativbewegungen hervorrufen.

**[0056]** Zur Abstützung von Drehmomenten an der elektrischen Maschine 8 ist am Sockel 9 eine Drehmomentstütze 33 angebracht, wie aus Fig. 5 erkennbar ist.

**[0057]** Der erste Wellenteil 23 des Wellenstrang 2 ist auf einer Seite mit dem schwingungstechnisch entkoppelten ersten Zwischenlager 11 und auf der anderen mit der elektrischen Maschine 8 verbunden. Der erste Wellenteil 23 läuft in einem idealerweise als Schalldämpfer ausgeführten Wellenrohr 30, das an einem Ende durch das erste Zwischenlager 11 abgeschlossen ist. Zur akustischen Isolation ist zwischen dem Wellenrohr 30 und dem ersten Zwischenlager 11 eine elastische Dichtung vorgesehen.

**[0058]** Zur Realisierung eines niedrigen Ruheschallpegels in dem vollreflexionsarmen Prüfraum 4 - beispielsweise unter 35 dB (A) - sind hinsichtlich der Wellenbrücke 20 zwei Punkte entscheidend:

**[0059]** Zum einen müssen die Geräusche aus dem Maschinenraum 5 möglichst hoch bedämpft werden. Die Wellenbrücke 20 ist hierfür zusätzlich zum Sockel 9 der elektrischen Maschine 8 - wie beschrieben - auch über die Lagerung 14 in einem Wandsockel 6b der Wand 6 gelagert. Dieser Wandsockel 6b ist fest mit dem Untergrund verbunden, jedoch nicht mit den angrenzenden Wandbereichen. Hohlräume zwischen dem Wandsockel 6b, der Außenkontur der Wellenbrücke 20 und dem rechteckigen Wandausschnitt der Wanddurchführung 13 sind mit Dämmmaterial 35, insbesondere wechselnden Schichten aus Steinwolle und Neopren als Sperrschichten gefüllt, um über die Impedanzänderungen beim Übergang zwischen den Materialien möglichst viel Schallenergie abzubauen und so ein optimales Dämpfungsergebnis zu erzielen.

**[0060]** Im darüber befindlichen Bereich der Deltakontur der Wellenbrücke 20 kann es im Falle eines Defekts an den Luftfedern der Auflager 31 zu einer Relativbewegung in der Größenordnung bis zu zwei Zentimetern kommen. Dieser notwendige Freiraum kann daher nicht wie die Wandbereiche rund um den Wandsockel 6b fest mit Stahlplatten - wie die Abdeckungen 32, 33 - verschlossen werden, sondern wird durch elastisches Material, beispielsweise Elastomerplatten 38 aus Polyurethan, verschlossen (Fig. 8). Dies schließt nicht nur die Hohlräume, sondern sorgt auch dafür, dass die Füllstoffe der Wand 6 nicht austreten können. Um die Elastomerplatten 38 in Position zu halten, sind beidseitig auf der Wand 6 die durch schwimmende Stahlplatten gebildeten Abdeckungen 32, 33 angebracht. Diese halten sich gegenseitig über durch Druckfedern vorgespannte Stahllanker 39 in Position. Dadurch wird auch im Schadensfall eine Beschädigung der Wellenbrücken 20 und des Dämmmaterials 35 verhindert und auch eine optimale Luftschallisolation bleibt gewährleistet.

**[0061]** Zum anderen muss die Innenkontur der Wellenbrücken 20 optimal verschlossen sein. Kernpunkt ist hierbei die beispielsweise direkt in der Mittelebene 6b der Wand 6 befindliche Lagerung 14. Um diese herum lässt sich die Wellenbrücke 20 in sich spaltfrei schließen. Die als Radiallager ausgebildeten Zwischenlager 11, 12 sind geschlossen ausgeführt, sodass auch hier keine Luftschallbrücke existiert. Die Hohlräume in der Fachwerkstruktur auf Seiten des Prüfraumes 4 und des Maschinenraumes 5 werden formschlüssig mit einem Akustik-Adsorber - beispielsweise aus Melaminharzschaum - gefüllt. Hierbei werden vorteilhafterweise nur die Bereiche in nächster Nähe zu drehenden Teilen ausgespart, um eine möglichst hohe Absorption zu erzielen.

**[0062]** Die Oberfläche der Wellenbrücke 20 innerhalb des Prüfraumes 4 wird noch einmal durch eine Neoprenhülle aus zwei Schichten Neopren verschlossen. Die obere Schicht ist eng an der Außenkontur angelegt und dient dabei auch als Schmutzschutz für die inneren Komponenten. Als Berührschutz können zusätzlich noch lackierte Lochbleche zum Einsatz kommen, die schwimmend auf der Neoprenhülle fixiert sind.

**[0063]** Mit der erfindungsgemäßen Prüfstandsordnung 1 können als Testobjekte 7 neben rein elektrischen Antrieben auch durch Brennkraftmaschinen angetriebene Achsen sowie alle Arten von hybriden Antriebssträngen untersucht werden. Hierfür weist der Prüfraum 4 günstigerweise eine untere Grenzfrequenz von etwa 125 Hz, die notwendige Kraftstoffversorgung, Abgasabsaugung und eine entsprechende Raumlüftung auf.

**[0064]** Wird das Testobjekt 7 beispielsweise durch ein Fahrzeug gebildet, so kann die Prüfstandsordnung 1 mehrere Antriebsstrangprüfstände 3 mit jeweils mit einem Rad des Fahrzeuges verbundenen freitragenden Wellensträngen 2 der beschriebenen Art aufweisen, wobei die elektrischen Maschinen 8 in einem oder mehreren Maschinenräumen 5 angrenzend an den Prüfraum 4 angeordnet sind.

**[0065]** Freitragende Wellenstränge 2 von erfindungsgemäßen Antriebsstrangprüfständen 3 mit freitragenden Wellenbrücken 20 innerhalb des vollreflexionsarmen Prüfraumes 4 verhindern hierbei eine mögliche Körperschallübertragung zwischen den außerhalb des Prüfraumes 4 separat gelagerten elektrischen Maschinen 8 und dem Fundament des Testobjektes 7. Die manuell verschiebbaren Lagerböcke der zweiten Zwischenlager 12 erlauben es, Spurweiten beginnend vom Kleinstwagen bis hin zu leichten Nutzfahrzeugen abzudecken, ohne dabei Abstriche bei der Qualität der Luftschallmessung machen zu müssen.

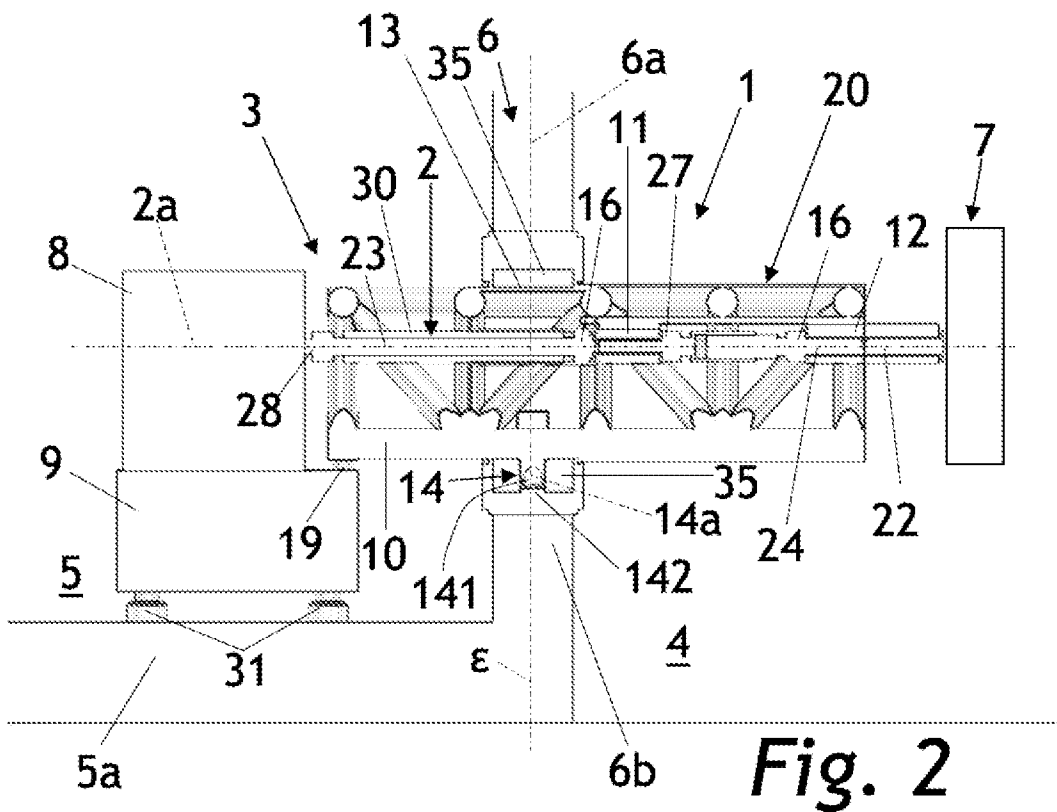
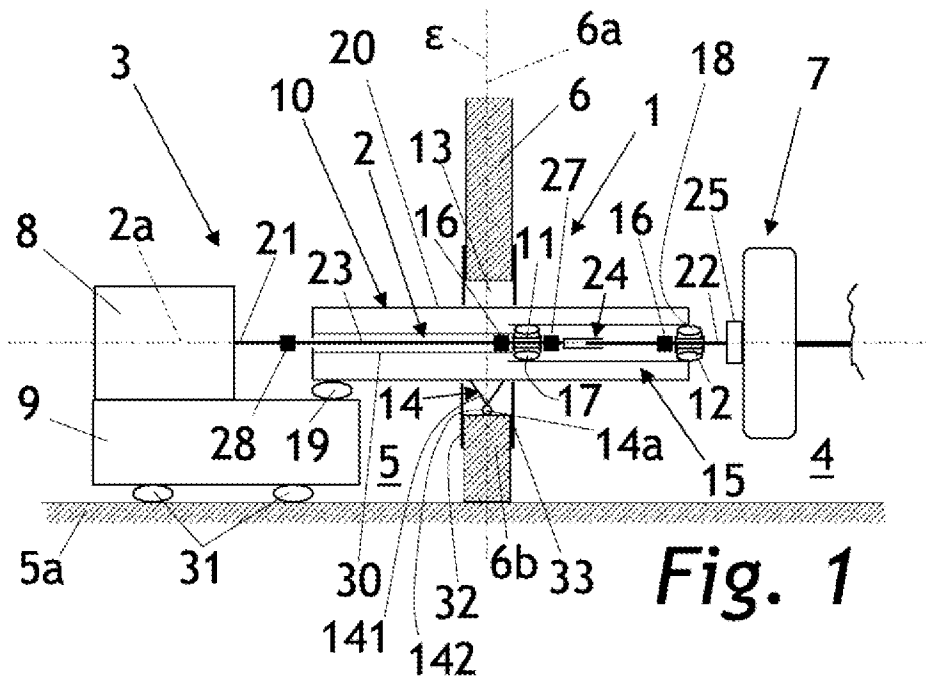
## Patentansprüche

1. Prüfstandsordnung (1) mit einem Prüfraum (4), welcher ausgebildet ist um ein Testobjekt (7) aufzunehmen, und mit zumindest einem Antriebsstrangprüfstand (3), welcher zumindest eine elektrische Maschine (8) und einen Wellenstrang (2) mit einem ersten Ende (21) und einem zweiten Ende (22) aufweist, wobei das erste Ende (21) drehfest mit der elektrischen Maschine (8) verbunden oder verbindbar ist, und das zweite Ende (22) ausgebildet ist, um das Testobjekt (7) über eine drehfeste Verbindung (25) anzuschließen, und wobei der Wellenstrang (2) über zumindest ein Zwischenlager (11, 12) drehbar in oder an einem Wellenträger (10) gelagert ist, wobei die elektrische Maschine (8) und das erste Ende (21) des Wellenstranges (2) außerhalb des Prüfraumes (4) und das zweite Ende (22) des Wellenstranges (2) innerhalb des Prüfraumes (4) angeordnet sind, wobei der Wellenstrang (2) durch eine Wanddurchführung (13) einer Wand (6) des Prüfraumes (4) geführt ist, und wobei der Wellenträger (10) eine den Wellenstrang (2) zumindest teilweise aufnehmende Wellenbrücke (20) bildet, wobei die Wellenbrücke (20) im Prüfraum (4) freitragend ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenbrücke (20) im Bereich der Wanddurchführung (13) in Bezug auf die Wand (6) um eine Achse (14a) zumindest einer Lagerung (14) schwenkbar und/oder gelenkig gelagert ist, wobei die Achse (14a) in einer Normalebene ( $\epsilon$ ) auf den Wellenstrang (2), vorzugsweise im Wesentlichen waagrecht, angeordnet ist.
2. Prüfstandsordnung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lagerung (14) wandfest ausgebildet ist.
3. Prüfstandsordnung (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lagerung (14) im Bereich der Wand (6) - vorzugsweise im Bereich einer Mittelebene (6a) der Wand (6) - angeordnet ist.
4. Prüfstandsordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenbrücke (20) von der elektrischen Maschine (8) schwingungstechnisch entkoppelt ist.
5. Prüfstandsordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) zumindest teilweise - vorzugsweise im Bereich der Wanddurchführung (13) - in einem fest mit dem Wellenträger (10) verbundenen Wellenrohr (30) geführt ist, wobei vorzugsweise das Wellenrohr (30) als Rohrschalldämpfer ausgebildet ist.
6. Prüfstandsordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Ende des Wellenstranges (2) in Richtung einer Längsachse (2a) des Wellenstranges (2) verstellbar ist.
7. Prüfstandsordnung (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) längenverstellbar ausgebildet ist.
8. Prüfstandsordnung (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) zumindest eine Teleskopwelle (240) mit zumindest zwei teleskopisch ineinander schiebbaren Wellenelementen (241, 242) aufweist.
9. Prüfstandsordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) über zumindest ein mit dem Wellenträger (10) fest verbundenes erstes Zwischenlager (11) und zumindest ein mit dem Wellenträger (10) axial verschiebbares zweites Zwischenlager (12) gelagert ist.
10. Prüfstandsordnung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen zumindest einem Zwischenlager (11, 12) und dem Wellenträger (10) zumindest ein - besonders vorzugsweise durch einen Ganzmetalldämpfer gebildetes - Dämpfungselement (17, 18) angeordnet ist.
11. Prüfstandsordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (8) mit einem Sockel (9) verbunden ist, wobei der Sockel (9) über zumindest ein - vorzugsweise akustisch entkoppeltes - Auflager (31) mit einem Boden (5a) des Maschinenraums (5) verbunden ist.

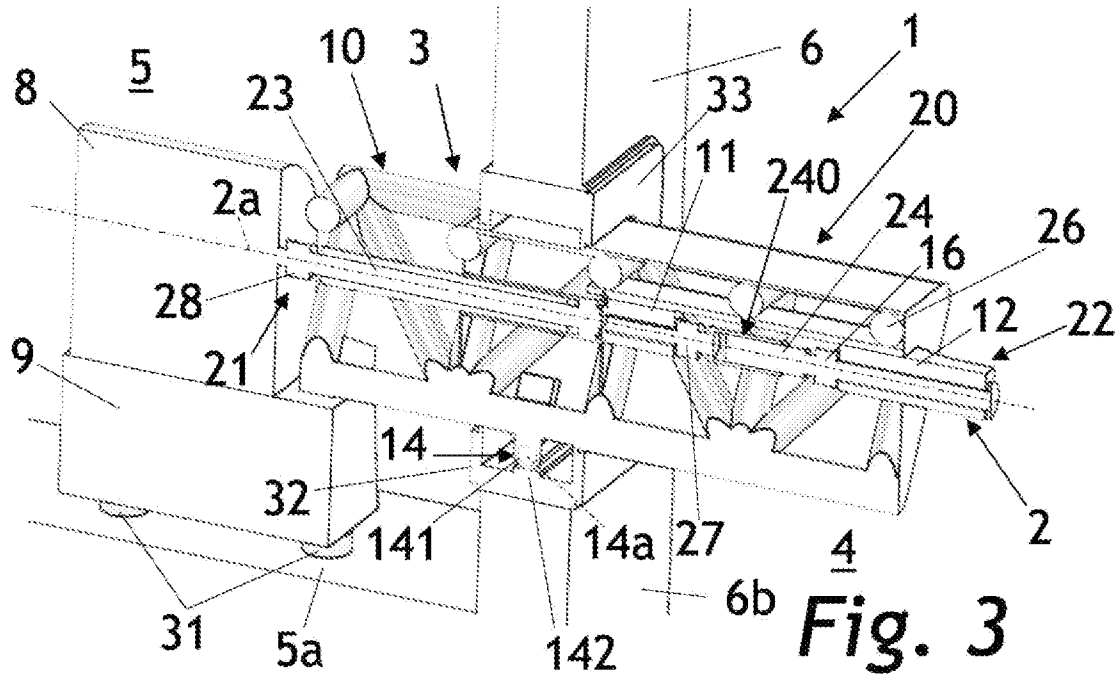
12. Prüfstandsordnung (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein elastisches Auflager (31) durch eine Luftfederung gebildet ist.
13. Prüfstandsordnung (1) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenträger (10) über zumindest eine - vorzugsweise eine akustisch entkoppelte - elastische Verbindung (19) mit dem Sockel (9) verbunden ist, wobei vorzugsweise die elastische Verbindung (19) durch einen Ganzmetalldämpfer gebildet ist.
14. Antriebsstrangprüfstand (3), welcher zumindest eine elektrische Maschine (8) und einen Wellenstrang (2) mit einem ersten Ende (21) und einem zweiten Ende (22) aufweist, wobei das erste Ende (21) drehfest mit der elektrischen Maschine (8) verbunden oder verbindbar ist, und das zweite Ende (22) ausgebildet ist, um ein Testobjekt (7) über eine drehfeste Verbindung (25) anzuschließen, und wobei der Wellenstrang (2) über zumindest ein Zwischenlager (11, 12) drehbar in einem Wellenträger (10) gelagert ist, für eine Prüfstandsordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenträger (10) eine den Wellenstrang (2) zumindest teilweise aufnehmende Wellenbrücke (20) bildet, und dass die Wellenbrücke (20) zumindest eines von zwei zusammenwirkenden Elementen (141, 142) einer Lagerung (14) aufweist, welche ausgebildet ist, um die Wellenbrücke (20) um eine Achse (14a) zu schwenken, wobei die Achse (14a) in einer Normalebene auf den Wellenstrang (2) angeordnet ist.
15. Antriebsstrangprüfstand (3) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenbrücke (20) zwischen dem Element (141, 142) der Lagerung (14) und dem zweiten Ende (22) des Wellenstranges (2) freitragend ausgebildet ist.
16. Antriebsstrangprüfstand (3) nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenbrücke (20) von der elektrischen Maschine (8) schwingungstechnisch entkoppelt ist.
17. Antriebsstrangprüfstand (3) nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) zumindest teilweise in einem fest mit dem Wellenträger (10) verbundenen Wellenrohr (30) geführt ist, wobei vorzugsweise das Wellenrohr (30) als Rohrschalldämpfer ausgebildet ist.
18. Antriebsstrangprüfstand (3) nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Ende des Wellenstranges (2) in Richtung der Längsachse (2a) des Wellenstranges (2) verstellbar ist.
19. Antriebsstrangprüfstand (3) nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) längenverstellbar ausgebildet ist.
20. Antriebsstrangprüfstand (3) nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) zumindest eine Teleskopwelle (240) mit zumindest zwei teleskopisch ineinander schiebbaren Wellenelementen (241, 242) aufweist.
21. Antriebsstrangprüfstand (3) nach einem der Ansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenstrang (2) über zumindest ein mit dem Wellenträger (10) fest verbundenes erstes Zwischenlager (11) und zumindest ein mit dem Wellenträger (10) axial verschiebbares zweites Zwischenlager (12) gelagert ist.
22. Antriebsstrangprüfstand (3) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen zumindest einem Zwischenlager (11, 12) und dem Wellenträger (10) zumindest ein - besonders vorzugsweise durch einen Ganzmetalldämpfer gebildetes - Dämpfungselement (17, 18) angeordnet ist.
23. Antriebsstrangprüfstand (3) nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (8) mit einem Sockel (9) des Antriebsstrangprüfstandes (3) verbunden ist und dass der Wellenträger (10) über zumindest eine - vorzugsweise eine akustisch entkoppelte - elastische Verbindung (19) mit dem Sockel (9) verbunden ist, wobei vorzugsweise die elastische Verbindung (19) durch einen Ganzmetalldämpfer gebildet ist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

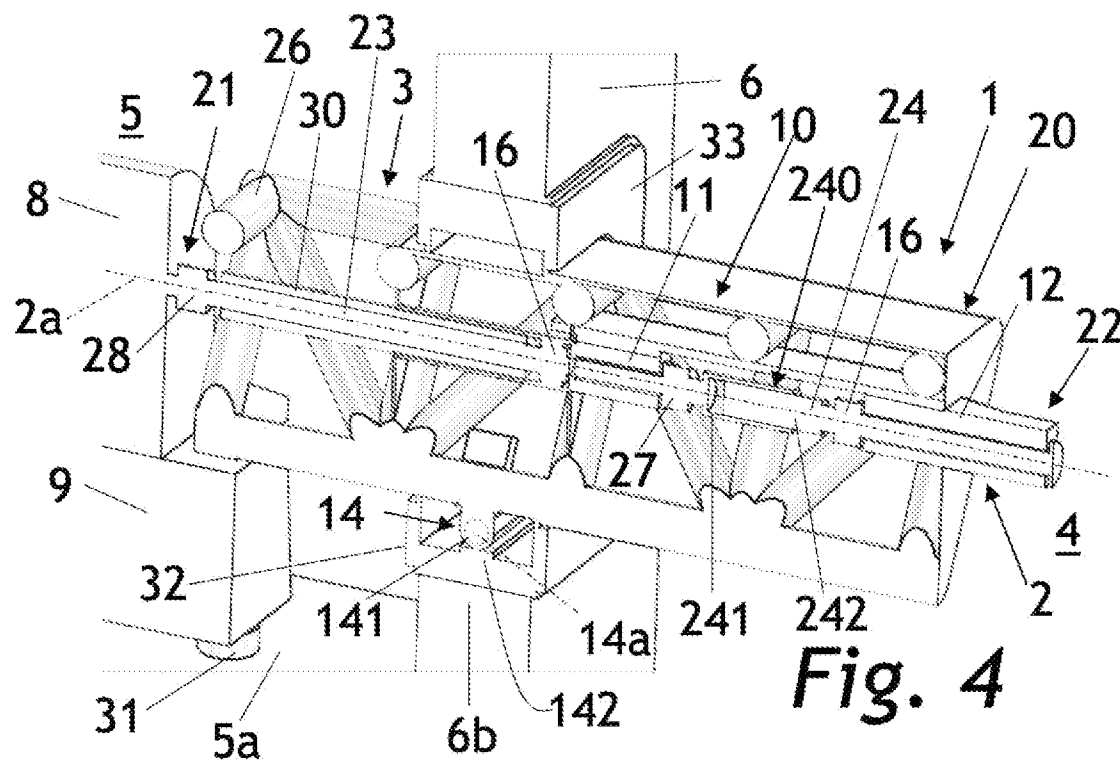
1/4



2/4



**Fig. 3**



**Fig. 4**

