

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50747/2022
(22) Anmeldetag: 28.09.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2024

(51) Int. Cl.: **G01M 17/007** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2021193054 A1
EP 3026416 A1
WO 2018046609 A1
JP H02238341 A

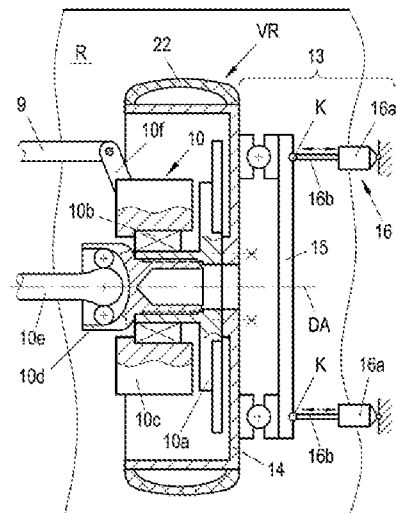
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
AVL DiTest GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Düser Tobias Dr.-Ing.
77815 Bühl (DE)
Hettel Rolf Dipl.-Ing.
68766 Hockenheim (DE)
Jäger Benedict Dr.-Ing.
68753 Waghäusel (DE)
Schöllauf Markus
8042 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwälte Pinter & Weiss OG
1040 Wien (AT)

(54) Lenkkraftmodul für einen Rollenprüfstand

(57) Um auf einem Rollenprüfstand (1) auf einfache Weise Reaktionskräfte auf ein Lenksystem eines zu prüfenden Fahrzeugs (2) einprägen zu können, wird erfindungsgemäß ein Lenkkraftmodul (13) bereitgestellt, das einen Adapter (14) zur Verbindung des Lenkkraftmoduls (13) mit dem lenkbaren Rad (VR) aufweist, wobei der Adapter (14) drehbar mit einer Kraftübertragungseinheit (15) verbunden ist, wobei eine Anzahl von Krafterzeugungseinheiten (16) zur Erzeugung der Lenkgegenkraft vorgesehen sind, wobei jede Krafterzeugungseinheit (16) einen Fixteil (16a) und einen relativ dazu beweglichen Bewege teil (16b) aufweist, wobei der Fixteil (16a) mit einer ortsfesten Komponente (17) des Rollenprüfstands (1) verbindbar ist und der Bewege teil (16b) mit der Kraftübertragungseinheit (15) verbunden ist, sodass die Lenkgegenkraft über die Kraftübertragungseinheit (15) und den Adapter (14) auf das Rad (VR) übertragbar ist.



Beschreibung

LENKKRAFTMODUL FÜR EINEN ROLLENPRÜFSTAND

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lenkkraftmodul zur Verwendung an einem Rollenprüfstand für ein Fahrzeug mit zumindest einem lenkbaren Rad, wobei das Lenkkraftmodul dazu ausgebildet ist, eine, einer von einem Lenksystem des Fahrzeugs auf das zumindest eine lenkbare Radübertragbaren Lenkkraft entgegenwirkende, Lenkgegenkraft zu erzeugen. Die Erfindung betrifft zudem einen Rollenprüfstand und ein Verfahren zum Betreiben eines Rollenprüfstands.

[0002] Rollenprüfstände sind im Stand der Technik hinlänglich bekannt und werden zur Durchführung von Prüfläufen mit einspurigen oder mehrspurigen Fahrzeugen verwendet. Für jedes Rad bzw. zumindest für jedes angetriebene Rad des Fahrzeugs sind in der Regel eine oder zwei drehbare Rolle vorgesehen, auf der das jeweilige Rad angeordnet wird. Die Rolle ist mit einer (meist elektrischen) Belastungsmaschine verbunden, über die ein Drehmoment zum Antrieb oder zur Belastung des Antriebsstrangs erzeugt werden kann. Die verfügbaren Belastungsmaschinen des Rollenprüfstands können von einer Prüfstands-Steuerungseinheit gesteuert werden, um gewünschte Prüfläufe durchzuführen, z.B. einen gesetzlich vorgeschrieben Prüflauf. Das Fahrzeug ist dabei oftmals gegenüber dem Rollenprüfstand fixiert, es sind jedoch auch Anwendungen ohne separate Fahrzeugfixierung bekannt.

[0003] Die Räder der gelenkten Achse(n) sind bei herkömmlichen Rollenprüfständen meist in der neutralen Stellung (Geradausstellung) fixiert. Es sind jedoch auch Rollenprüfstände bekannt, die während der Durchführung des Prüflaufs einen Lenkeinschlag der gelenkten Räder erlauben. Beispiele dafür sind die EP 3026416 A1 oder der Multifunktionsprüfstand "X-road curve" der Firma Dürr. Die gelenkten Räder können dabei angetrieben sein (z.B. bei einem PKW mit Vorderradantrieb und Lenkung der Vorderachse oder bei einem PKW mit Hinterradantrieb und Hinterachslenkung), sie können aber auch antriebslos sein (z.B. bei einem PKW mit Hinterradantrieb und Vorderachslenkung). Es kann auch gewünscht sein, bestimmte Funktionen der Lenkung an einem Rollenprüfstand zu testen. Auf einem Rollenprüfstand fehlen jedoch naturgemäß die Reaktionskräfte, die während der realen Fahrt auf der Straße auf das Fahrzeug wirken, beispielsweise eine Rückstellkraft, die bei einer Kurvenfahrt auf die gelenkten Räder wirkt. Es ist daher bei bekannten Rollenprüfständen nicht ohne weiteres möglich, bestimmte, auf die Lenkung wirkende, Reaktionskräfte zu erzeugen.

[0004] Aus WO 2018/046609 A1 ist beispielsweise bekannt, dass die Spurstangen der Lenkung ausgehängt und mit einem separaten Lenkkraftmodul verbunden werden können, über welches eine Reaktionskraft auf die Lenkung ausgeübt werden kann. Nachteilig hierbei ist jedoch, dass zwingend eine Manipulation des Fahrzeugs erforderlich ist, was aufwändig und unter Umständen sogar unerwünscht oder unzulässig sein kann.

[0005] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung bereitzustellen, mit der auf einem Rollenprüfstand auf einfache Weise Reaktionskräfte auf das Lenksystem des zu prüfenden Fahrzeugs eingepreßt werden können.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit dem eingangs genannten Lenkkraftmodul dadurch gelöst, dass das Lenkkraftmodul einen Adapter zur Verbindung des Lenkkraftmoduls mit dem lenkbaren Rad aufweist, dass der Adapter drehbar mit einer Kraftübertragungseinheit verbunden ist, dass eine Anzahl von Krafterzeugungseinheiten zur Erzeugung der Lenkgegenkraft vorgesehen ist, wobei jede Krafterzeugungseinheit einen Fixteil und einen relativ dazu beweglichen Bewege teil aufweist, wobei der Fixteil mit einer ortsfesten Komponente des Rollenprüfstands verbindbar ist und der Bewege teil mit der Kraftübertragungseinheit verbunden ist, sodass die Lenkgegenkraft über die Kraftübertragungseinheit und den Adapter auf das Rad übertragbar ist. Das Lenkkraftmodul ist einfach aufgebaut und kann bei sehr geringem Montageaufwand im Wesentlichen am Rad eines beliebigen Fahrzeugs montiert werden. Über die verfügbaren Krafterzeugungseinheiten kann die Lenkgegenkraft sehr präzise auf das Lenksystem ausgeübt werden. Im Gegensatz zu bekannten Systemen, bei denen die Lenkgegenkraft oftmals über den Reifen aus-

geübt wird, kann beim erfindungsgemäßen Lenkkraftmodul eine deutlich starrere Kopplung mit dem Rad erfolgen, wodurch die Lenkgegenkraft sehr präzise appliziert werden kann.

[0007] Der Adapter weist vorzugsweise eine, an einer Felge des lenkbaren Rades befestigbare, Adaptereinheit auf oder eine Adapterfelge zur Montage an einer Radaufhängung des lenkbaren Rades auf. Durch die Adaptereinheit ist das Lenkkraftmodul sehr flexibel einsetzbar und kann in sehr einfacher Weise, ohne großen Montageaufwand z.B. mit der Felge verschraubt oder an der Felge geklemmt werden. Wenn keine Montage an der Felge möglich ist oder die Montage mittels Adaptereinheit nicht ausreichend starr ist, dann kann die originale Felge durch eine spezielle Adapterfelge ausgetauscht werden.

[0008] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der Adapter mittels eines Axiallagers mit der Kraftübertragungseinheit verbunden. Dadurch wird praktischerweise ein Kraftangriffspunkt an einer, dem Rad abgewandten, äußeren Stirnseite der Kraftübertragungseinheit ermöglicht, wodurch eine einfache Anordnung des Lenkkraftmoduls am Prüfstand möglich ist.

[0009] Zumindest eine Krafterzeugungseinheit ist vorzugsweise als aktive Krafterzeugungseinheit ausgebildet, die einen elektrisch ansteuerbaren Aktuator aufweist. Alternativ oder zusätzlich kann es vorteilhaft sein, wenn zumindest eine Krafterzeugungseinheit als passive Krafterzeugungseinheit ausgebildet ist, die zumindest eine Federungseinheit und/oder zumindest eine Dämpfungseinheit aufweist. Durch eine passive Krafterzeugungseinheit kann eine sehr einfache Möglichkeit zur Erzeugung der Lenkgegenkraft bereitgestellt werden, die keine externe Energie und Steuerung erfordert. Eine aktive Krafterzeugungseinheit hat den Vorteil, dass eine variable Steuerung der Lenkgegenkraft über eine Steuerungseinheit möglich ist, was eine sehr flexible Anwendung ermöglicht.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Ausführung umfasst der elektrisch ansteuerbare Aktuator der zumindest einen Krafterzeugungseinheit einen Linearaktuator, dessen Bewege teil translatorisch relativ zum Fixteil bewegbar ist, wobei der Linearaktuator vorzugsweise einen der folgenden Aktuatoren aufweist: Linearmotor, Pneumatikzylinder, Hydraulikzylinder, Elektromotor mit Getriebe. Linearaktuatoren sind zuverlässig und erlauben eine einfache und präzise Krafterzeugung. Die Lenkgegenkraft kann hierbei in einfacher Weise in Form einer Druckkraft von außen auf die Kraftübertragungseinheit ausgeübt werden. Mit den genannten Aktuatoren können verschiedene bewährte und zuverlässige Aktuatoren verwendet werden, die eine hinreichend hohe Kraft erzeugen können und die sehr präzise steuerbar sind.

[0011] Die Federungseinrichtung der zumindest einen passiven Krafterzeugungseinheit kann vorzugsweise eine lineare, eine progressive oder eine degressive Federkennlinie aufweisen. Die Federungseinrichtung kann auch eine Verstelleinrichtung zur Veränderung einer Federungscharakteristik aufweisen. Weiters ist es vorteilhaft, wenn die Federungseinrichtung zumindest eine der folgenden Federn aufweist: Biegefeder, Torsionsfeder, Luftfeder, Gummifeder, Gasdruckfeder. Dadurch kann die passive Krafterzeugungseinheit flexibel an das gewünschte Anwendung angepasst werden. Die Dämpfungseinrichtung kann ebenfalls eine Verstelleinrichtung zur Verstellung einer Dämpfungscharakteristik aufweisen.

[0012] Vorzugsweise weist die Dämpfungseinrichtung zumindest einen der folgenden Dämpfer auf: Reibungsdämpfer, hydraulischer Dämpfer, Gummidämpfer. Die passive Krafterzeugungseinheit kann gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführung eine Druckstufe und/oder eine Zugstufe aufweisen. Die genannten Optionen können dabei natürlich in beliebiger Weise kombiniert werden. Dadurch lässt sich die passive Krafterzeugungseinheit flexibel an ein gewünschtes Einsatzgebiet anpassen.

[0013] Um einen Winkelausgleich zu ermöglichen ist der Bewege teil der zumindest einen Krafterzeugungseinheit vorzugsweise gelenkig mit der Kraftübertragungseinheit verbunden oder verbindbar. Alternativ oder zusätzlich ist auch der Fixteil der zumindest einen Krafterzeugungseinheit vorzugsweise gelenkig mit der ortsfesten Komponente des Rollenprüfstands verbindbar.

[0014] Vorzugsweise sind zumindest zwei Krafterzeugungseinheiten vorgesehen, wobei Kraftangriffspunkte der Bewege teile an einer dem Adapter gegenüberliegenden Seite der Kraftübertra-

gungseinheit liegen und so festgelegt sind, dass die Bewegeiteile zur Erzeugung der Lenkgegenkraft in entgegengesetzte Richtungen bewegbar sind. Vorzugsweise sind die Kraftangriffspunkte dabei diametral gegenüberliegend bezüglich einer Drehachse des Adapters angeordnet. Wenn das bevorzugt verwendete Axiallager Zugkräfte aufnehmen kann, dann kann die Lenkgegenkraft oder ein Teil der Lenkgegenkraft beispielsweise auch in Form einer Zugkraft von einer Krafterzeugungseinheit erzeugt werden. Andernfalls kann die Krafterzeugungseinheit, die gerade keine Druckkraft erzeugt, auch lediglich zur Führung verwendet werden.

[0015] Es können auch mehr als zwei Krafterzeugungseinheiten vorgesehen sein, wobei die Kraftangriffspunkte der Krafterzeugungseinheiten vorzugsweise in Umfangsrichtung um eine Drehachse des Adapters und/oder in radialer Richtung voneinander beabstandet sind.

[0016] Dadurch kann eine Redundanz ermöglicht werden oder es können kleinere Krafterzeugungseinheiten verwendet werden, die in Summe die Lenkgegenkraft erzeugen.

[0017] Das erfindungsgemäße Lenkkraftmodul wird vorzugsweise an einem Rollenprüfstand für ein Fahrzeug mit zumindest einem lenkbaren Rad verwendet, wobei die Fixteile der Anzahl von Krafterzeugungseinheiten des Lenkkraftmoduls jeweils mit einer ortsfesten Komponente des Rollenprüfstands fest oder lösbar verbunden sind. Damit kann das Lenkkraftmodul beispielsweise ein fixer Bestandteil des Rollenprüfstands sein oder es kann auch lediglich bei Bedarf am Rollenprüfstand aufgebaut werden.

[0018] Vorzugsweise ist der Rollenprüfstand für ein mehrspuriges Fahrzeug mit zumindest einer lenkbaren Antriebsachse ausgebildet, wobei vorzugsweise für beide lenkbaren Räder der lenkbaren Antriebsachse jeweils ein erfindungsgemäßes Lenkkraftmodul vorgesehen ist. Dadurch können an den Rädern ggf. auch verschieden große Lenkgegenkräfte appliziert werden, was eine sehr realistische Nachbildung von realen Fahrzuständen erlaubt.

[0019] Wenn zumindest eine Krafterzeugungseinheit als aktive Krafterzeugungseinheit ausgebildet ist, dann ist am Rollenprüfstand vorzugsweise auch eine Steuerungseinheit vorgesehen, die dazu ausgebildet ist, den Aktuator der aktiven Krafterzeugungseinheit anzusteuern. Dadurch kann das Lenkkraftmodul in die Prüfstands-Steuerung integriert werden und zentral gesteuert werden.

[0020] Es kann auch eine Simulationseinheit zur Simulation der Lenkgegenkraft vorgesehen sein und die Steuerungseinheit kann dazu ausgebildet sein, den Aktuator der aktiven Krafterzeugungseinheit in Abhängigkeit einer von der Simulationseinheit ermittelten Soll-Lenkgegenkraft anzusteuern. Vorzugsweise ist hierfür eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung einer für eine Ist-Lenkgegenkraft repräsentativen Messgröße vorgesehen, z.B. ein Kraftsensor, und die Steuerungseinheit weist vorzugsweise einen Regler auf, der dazu ausgebildet ist, aus der von der Simulationseinheit ermittelten Soll-Lenkgegenkraft und der von der Erfassungseinrichtung erfassten Messgröße eine Stellgröße zu ermitteln. Die Steuerungseinheit kann den Aktuator mit der ermittelten Stellgröße anzusteuern. Dadurch kann ein geschlossener Regelkreis zum Einregeln einer gewünschten Soll-Lenkgegenkraft bereitgestellt werden.

[0021] Der Rollenprüfstand wird vorzugsweise mit einem Fahrzeug betrieben, das zumindest ein lenkbares Rad aufweist, wobei der Adapter des zumindest einen erfindungsgemäßen Lenkkraftmoduls mit dem lenkbaren Rad des Fahrzeugs verbunden wird, wobei von einem Lenksystem des Fahrzeugs eine Lenkkraft auf das zumindest eine lenkbare Rad übertragen wird und wobei mittels des Lenkkraftmoduls eine, der Lenkkraft entgegenwirkende, Lenkgegenkraft erzeugt wird.

[0022] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 2c näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

[0023] Fig.1 einen Rollenprüfstand mit einem zweiachsigen, zweispurigen Fahrzeug,

[0024] Fig.2a und Fig.2b jeweils einen Ausschnitt des Rollenprüfstands im Bereich eines lenkbaren Rades mit einem erfindungsgemäßen Lenkkraftmodul mit aktiven Krafterzeugungseinheiten,

[0025] Fig.2c eine passive Krafterzeugungseinheit in einer beispielhaften Ausführung.

[0026] In Fig.1 ist ein schematischer Rollenprüfstand 1 in einer Ansicht von oben dargestellt. Der dargestellte Rollenprüfstand 1 ist zur Verwendung mit einem zweiachsigen und zweispurigen Fahrzeugs 2 ausgebildet. Im Rahmen der Erfindung könnte der Rollenprüfstand 1 jedoch auch zur Prüfung von einspurigen Fahrzeugen, insbesondere Motorrädern, ausgebildet sein oder zur Prüfung von mehrachsigen Fahrzeugen. Das in Fig.1 dargestellte Fahrzeug 2 ist beispielhaft als Allrad-PKW mit einer Vorderachslenkung ausgeführt. Das Fahrzeug 2 weist somit eine angetriebene Vorderachse VA mit zwei lenkbaren Vorderrädern VR und eine angetriebene Hinterachse HA mit zwei angetriebenen Hinterrädern HR auf, die nicht lenkbar sind. Natürlich wäre aber auch eine Ausführung des Rollenprüfstands 1 für eine Hinterachslenkung denkbar. Das Fahrzeug 2 weist weiters eine Antriebseinheit 3, z.B. einen Verbrennungsmotor oder Elektromotor, auf, welche die Antriebsachsen VA, HA über ein geeignetes Getriebe 4 antreibt. An den Antriebsachsen VA, HA ist jeweils ein Differentialgetriebe 5 vorgesehen.

[0027] Das Fahrzeug 2 weist weiters ein Lenksystem für die gelenkte Vorderachse VA auf. Das Lenksystem umfasst ein Lenkrad 6, das über ein Lenkgestänge 7 mit einem Lenkgetriebe 8 verbunden ist. Das Lenkgetriebe 8 ist wiederum über Spurstangen 9 mit den Radaufhängungen 10 der Vorderräder VR verbunden. Über das Lenksystem kann eine Lenkkraft auf die gelenkten Vorderräder VR übertragen werden, wodurch ein Lenkwinkel α (siehe Fig.2b) der Vorderräder VR verändert werden kann. Die Ausführung des Fahrzeugs 2 ist natürlich nur beispielhaft zu verstehen und ist vereinfacht. Das Fahrzeug 2 kann grundsätzlich auch anders ausgebildet sein. Beispielsweise wäre auch ein anderes Lenksystem möglich, das z.B. keine mechanische Verbindung zwischen Lenkrad 6 und Lenkgetriebe 8 aufweist (sogenanntes Steer-by-wire).

[0028] Am Rollenprüfstand 1 ist für jedes Vorderrad VR und für jedes Hinterrad HR jeweils eine Rolle R vorgesehen, sodass das Fahrzeug 2 mit den vier Rädern auf den Rollen R platziert werden kann. Ein unterer Teil der Rollen R ist dabei in einem Boden B des Rollenprüfstands 1 angeordnet, sodass lediglich ein oberer Abschnitt der Rollen R aus dem Boden B ragt. Das Fahrzeug 2 kann somit selbständig auf die Rollen R bewegt werden. Sobald das Fahrzeug 2 in der korrekten Position auf den Rollen R angeordnet ist, kann das Fahrzeug 2 in geeigneter Weise in seiner Position fixiert werden. Dazu ist üblicherweise eine geeignete (nicht dargestellte) Fixiervorrichtung vorgesehen.

[0029] Die Rollen R weisen jeweils eine geeignete Belastungseinheit 11 auf, z.B. eine elektrische Maschine. Die Belastungseinheiten 11 sind in bekannter Weise dazu ausgebildet, ein Drehmoment zum Antrieb oder zur Belastung der Rollen R zu erzeugen. Am Rollenprüfstand 1 ist weiters eine Prüfstands-Steuerungseinheit 12 vorgesehen, die dazu ausgebildet ist, die Belastungseinheiten 11 zur Durchführung eines Prüflaufs zu steuern. Die Prüfstands-Steuerungseinheit 12 kann eine geeignete Hardware und/oder Software aufweisen. Über die Prüfstands-Steuerungseinheit 12 kann ein gewünschter Prüflauf vorgegeben werden, um bestimmte Fahrzustände des Fahrzeugs 2 zu simulieren. Durch einen Prüflauf können gewünschte Widerstände simuliert werden, die während der realen Fahrt auf das Fahrzeug 2 wirken, beispielsweise Steigungen oder Gefälle einer Straße.

[0030] Die Rollen R der gelenkten Vorderachse VA sind in geeigneter Weise ausgebildet, sodass die Vorderräder VR tatsächlich gelenkt werden können. Beispielsweise könnte eine geeignete Hebeeinrichtung vorgesehen sein, die dazu ausgebildet ist, die beiden Vorderräder VR von den Rollen abzuheben, um einen Lenkeinschlag zu ermöglichen. Hierbei ist auch eine gleichzeitige Übertragung eines Drehmoments auf die gelenkten und angetriebenen Vorderräder VR möglich, wenn auch eingeschränkt im Vergleich zu einer nicht gelenkten Rolle. Eine Hebeeinrichtung könnte beispielsweise auch bei einem Hinterradantrieb mit starrer Hinterachse und gelenkter Vorderachse verwendet werden. Der Rollenprüfstand 1 könnte hierzu z.B. lediglich Rollen R für die

angetriebenen Hinterräder HR aufweisen. Es könnten aber auch lenkbare Rollen R vorgesehen sein, die in geeigneter Weise gelagert sind, um eine Lenkbewegung der Vorderräder VR zu erlauben. Hierbei kann auch während der Lenkung ein Drehmoment von den Belastungsmaschinen übertragen werden. Derartige Rollenprüfstände 1, die einen Lenkeinschlag erlauben, sind, wie eingangs erwähnt wurde, im Stand der Technik bekannt, weshalb an dieser Stelle keine detaillierte Beschreibung erfolgt.

[0031] In Abhängigkeit der Lenkbewegung des Lenkrades 6 wird eine gewisse Lenkkraft erzeugt, die auf die Vorderräder VR wirkt, wodurch sich ein bestimmter Lenkwinkel α einstellt, wie beispielhaft in Fig.2b für das linke Vorderrad VR angedeutet ist. Wie eingangs erwähnt wurde, fehlen am Rollenprüfstand 1 jedoch Reaktionskräfte, die sich während der realen Fahrt auf der Straße aufgrund der Fahrzustände normalerweise ergeben. Daraus folgt, dass am Rollenprüfstand 1 der vom Lenksystem auf die lenkbaren Räder VR übertragenen Lenkkraft, keine oder nur eine sehr geringe Lenkgegenkraft entgegenwirkt. Um trotz dieser Umstände am Rollenprüfstand 1 eine gewünschte Lenkgegenkraft auf das Lenksystem ausüben zu können ist erfindungsgemäß ein Lenkkraftmodul 13 vorgesehen, das anhand von Fig.2a+Fig.2b nachfolgend im Detail beschrieben wird.

[0032] Fig.2a zeigt einen Ausschnitt des linken Vorderrades VR des Rollenprüfstands 1 aus Fig.1 in einer Ansicht von oben, wobei sich das Vorderrad VR im neutralen Lenkzustand für die Geradeausfahrt befindet. Das Vorderrad VR ist somit parallel zur Längsrichtung L des Fahrzeugs 2 bzw. des Rollenprüfstands 1 ausgerichtet. Fig.2b zeigt das Vorderrad VR in einem gelenkten Zustand für die Kurvenfahrt einer Rechtskurve. Das Vorderrad VR ist in einem bestimmten Lenkwinkel α zur Längsrichtung L ausgelenkt, entsprechend der Lenkbewegung des Lenkrades 6. Das Vorderrad VR ist mit einem erfindungsgemäßen Lenkkraftmodul 13 verbunden, das an einer, dem Fahrzeug 2 abgewandten Außenseite des Vorderrades VR angeordnet ist. Die Rolle R ist lediglich in Fig.2a angedeutet und in Fig.2b der Einfachheit halber nicht dargestellt.

[0033] Das Lenkkraftmodul 13 weist dazu einen geeigneten Adapter 14 zur Verbindung des Lenkkraftmoduls 13 mit dem Vorderrad VR auf. Der Adapter 14 ist im dargestellten Beispiel als Adapterfelge ausgebildet, an der ein Reifen 22 montiert ist. Die ursprüngliche Felge des Vorderrades VR des Fahrzeugs 2 kann am Rollenprüfstand 1 durch die Adapterfelge ersetzt werden. Die Adapterfelge inkl. Reifen 22 kann somit anstatt des herkömmlichen Rades an der Radaufhängung 10 des lenkbaren Vorderrades VR montiert werden, wie in Fig.2a+2b dargestellt ist. Die Radaufhängung 10 ist vereinfacht dargestellt und kann beispielsweise eine drehbare Radnabe 10a aufweisen, die mittels eines Radlagers 10b in einem (in Drehrichtung) feststehenden Achsschenkel 10c gelagert ist. An der Radnabe 10a kann eine Bremsscheibe montiert sein, wie in Fig.2a+2b angedeutet ist.

[0034] Die Radnabe 10a kann z.B. über eine Verzahnung drehfest mit einer Gelenkeinheit 10d, z.B. einem Gleichlaufgelenk, verbunden sein, wodurch ein gewisser Längenausgleich ermöglicht wird, der sich beim Einfedern des Rades ergibt. Die Gelenkeinheit 10d kann wiederum drehfest mit einer Antriebswelle 10e verbunden sein, die vom Ausgleichsgetriebe 5 (siehe Fig.1) angetrieben werden kann. Die Gelenkeinheit 10d erlaubt dabei einerseits eine Drehmomentübertragung von der Antriebswelle 10e auf die Radnabe 10a und andererseits einen Lenkeinschlag des Achsschenkels 10c inkl. der Radnabe 10a, wie in Fig.2b dargestellt ist. Zur Übertragung der Lenkkraft von der Spurstange 9 des Lenksystems auf die Radaufhängung 10, kann ein geeigneter Lenker 10f vorgesehen sein, der fest mit dem Achsschenkel 10c verbunden ist. Da der Aufbau und die Funktion einer Radaufhängung 10 bekannt sind, sind die Komponenten der Radaufhängung 10 lediglich vereinfacht dargestellt. Natürlich kann die Radaufhängung 10 aber auch anders ausgebildet sein, als in Fig.2a+2b dargestellt ist.

[0035] Der Adapter 14 kann alternativ aber auch eine geeignete (nicht dargestellte) Adaptereinheit umfassen, die an einer bestehenden Felge des Vorderrades VR befestigt werden kann. Der Adapter 14 kann beispielsweise an einer dem Fahrzeug abgewandten äußeren Stirnseite der herkömmlichen Felge befestigt werden. Zur Befestigung können geeignete Befestigungsmittel, z.B. Schrauben oder Spanneinrichtungen, vorgesehen sein.

[0036] Beispielweise könnte die Adaptereinheit Bohrungen aufweisen, die mit Bohrungen für die Radschrauben in der Felge des Vorderrades VR fluchten. Die Adaptereinheit kann somit mit geeigneten Schrauben samt der Felge an der Radaufhängung befestigt werden. Natürlich sind auch andere Befestigungsmittel denkbar, die eine hinreichend starre Verbindung der Adaptereinheit mit der Felge ermöglichen, die zur Übertragung der Lenkgegenkraft geeignet ist. Durch den Adapter 14 ist eine relativ starre Verbindung möglich. Dadurch kann die Lenkgegenkraft sehr präzise auf das Rad übertragen werden.

[0037] Das Lenkkraftmodul 13 weist weiters eine Kraftübertragungseinheit 15 auf. Die Kraftübertragungseinheit 15 ist hier im Wesentlichen plattenförmig ausgebildet und weist eine erste Seite auf, die dem Adapter 14 und dem Vorderrad VR zugewandt ist, und eine gegenüberliegende zweite Seite, die dem Vorderrad VR des Fahrzeugs 2 abgewandt ist. Unter "plattenförmig" ist im Rahmen der Erfindung ein flaches, starres Bauteil zu verstehen, das in radialer Richtung eine deutlich größere Erstreckung aufweist, als in axialer Richtung. Die plattenförmige Kraftübertragungseinheit 15 muss dabei entgegen der Darstellung in Fig.2a+2b natürlich nicht zwingend eine geschlossene Fläche ausbilden, sondern es könnten beispielsweise auch eine oder mehrere Öffnungen vorgesehen sein, welche die Kraftübertragungseinheit 15 in axialer Richtung durchdringen. Die Kraftübertragungseinheit 15 kann beispielsweise ringförmig ausgebildet sein und eine zentrale Öffnung aufweisen.

[0038] Der Adapter 14 ist drehbar mit der ersten Seite der Kraftübertragungseinheit 15 verbunden. Der Adapter 14 kann beispielsweise mittels eines geeigneten Axiallagers 18 mit der Kraftübertragungseinheit 15 verbunden sein. Der Adapter 14 ist dadurch relativ zur Kraftübertragungseinheit 15 drehbar und kann somit mit dem angetriebene Vorderrad VR mitrotieren, während die Kraftübertragungseinheit 15 (in Drehrichtung) stillsteht. Eine Drehachse DA des Adapters 14 verläuft im montierten Zustand somit im Wesentlichen koaxial mit einer Drehachse des Vorderrades VR. Im ausgelenkten Zustand (Fig.2b) stellt sich ein Lenkwinkel α zwischen der Drehachse DA des Adapters 14 bzw. des Vorderrades VR und der Antriebswelle 10e ein.

[0039] Das Lenkkraftmodul 13 weist weiters eine Anzahl von Krafterzeugungseinheiten 16 zur Erzeugung der Lenkgegenkraft auf. Jede Krafterzeugungseinheiten 16 weist dabei einen Fixteil 16a und einen relativ dazu beweglichen Bewegeeteil 16b aufweist. Der Fixteil 16a ist jeweils mit einer ortsfesten Komponente 17 des Rollenprüfstands 1, vorzugsweise lösbar, verbunden und der Bewegeeteil 16b ist mit der Kraftübertragungseinheit 15 verbunden, sodass die Lenkgegenkraft über die Kraftübertragungseinheit 15 und den Adapter 14 auf das Vorderrad VR übertragbar ist.

[0040] Die Anzahl von Krafterzeugungseinheiten 16 kann dabei eine oder mehrere aktive Krafterzeugungseinheiten aufweisen, die jeweils einen elektrisch ansteuerbaren Aktuator umfassen. Im dargestellten Beispiel gemäß Fig.2a+2b sind beispielsweise zwei aktive Krafterzeugungseinheiten in Form von Linearaktuatoren vorgesehen, deren Bewegeteile 16b an der, dem Adapter 14 gegenüberliegenden, zweiten Seite der Kraftübertragungseinheit 15 befestigt sind. Die Linearaktuatoren 16 können z.B. jeweils einen Linearmotor, einen Pneumatikzylinder einen Hydraulikzylinder oder einen Elektromotor mit Getriebe als Aktuator aufweisen. Je nach Größe der zu erzeugenden Lenkgegenkraft kann der Fachmann einen geeigneten Aktuator auswählen.

[0041] Alternativ oder zusätzlich kann die Anzahl von Krafterzeugungseinheiten 16 auch eine oder mehrere passive Krafterzeugungseinheiten aufweisen. Die passiven Krafterzeugungseinheiten 16 weisen jeweils zumindest eine Federungseinheit F und/oder eine Dämpfungseinheit D auf. In Fig.2c ist eine beispielhafte passive Krafterzeugungseinheit 16 dargestellt, die eine Federungseinheit F und eine Dämpfungseinheit D aufweist. Die Federungseinrichtung F ist lediglich symbolisch dargestellt und kann z.B. eine der folgenden Federn aufweist: Biegefeder, Torsionsfeder, Luftfeder, Gummifeder, Gasdruckfeder. Die Federungseinrichtung F kann dabei eine lineare, eine progressive oder eine degressive Federkennlinie aufweisen. Alternativ oder zusätzlich könnte die Federungseinrichtung F auch eine (nicht dargestellte) Verstelleinrichtung zur Veränderung einer Federungscharakteristik aufweisen. Auch die Dämpfungseinrichtung D ist lediglich symbolisch dargestellt und kann z.B. zumindest einen der folgenden Dämpfer aufweist: Rei-

bungsdämpfer, hydraulischer Dämpfer, Gummidämpfer. Auch die Dämpfungseinrichtung D könnte eine geeignete Verstelleinrichtung zur Verstellung einer Dämpfungscharakteristik aufweisen.

[0042] In einer einfachen Ausführung könnten die Verstelleinrichtungen z.B. mechanisch ausgeführt sein und manuell mittels eines geeigneten Werkzeugs betätigt werden. Grundsätzlich wäre aber auch eine elektrische Verstellung mittels eines Aktuators möglich (nicht dargestellt), sodass die Verstellung über eine Steuerungseinheit durchgeführt werden kann. Die passive Krafterzeugungseinheit könnte auch eine Druckstufe und/oder eine Zugstufe aufweisen, sodass in beide Richtungen eine Erzeugung einer Lenkgegenkraft möglich ist. Es können entgegen der Darstellung natürlich auch komplexere Ausführungen verwendet werden, z.B. eine Reihenschaltung und/oder Parallelschaltung von mehreren Federn und/oder mehreren Dämpfern. Es ist ersichtlich, dass es eine große Bandbreite an möglichen konstruktiven Ausführungen der passiven Krafterzeugungseinheit 16 gibt, aus der der Fachmann eine geeignete Ausgestaltung auswählen kann.

[0043] Der Einfachheit halber wird die Erfindung nachfolgend anhand der in Fig.2a+2b dargestellten aktiven Krafterzeugungseinheiten 16 beschrieben, die jeweils einen Linearaktuator mit einem Bewegeeteil 16a und einem Fixteil 16b aufweisen. Der Begriff (Linear)Aktuator wird daher nachfolgend synonym mit dem Begriff Krafterzeugungseinheiten 16 verwendet mit gleichem Bezugszeichen. Die Bewegeeteile 16b der Linearaktuatoren 16 sind jeweils translatorisch relativ zum Fixteil 16a beweglich. Die Bewegeeteile 16b können im befestigten Zustand des Lenkkraftmoduls 13 somit in Querrichtung Q des Fahrzeugs 2 translatorisch bewegt werden, wie durch die Doppelpfeile in Fig.2a angedeutet ist. Die Fixteile 16a sind jeweils mit einer ortsfesten Komponente 17 des Rollenprüfstands 1, z.B. mit einer geeigneten Konsole, fest oder lösbar verbunden. Dadurch können die Reaktionskräfte der Linearaktuatoren am Rollenprüfstand 1 aufgenommen werden. Eine lösbare Verbindung ist vorteilhaft, um die Position des Lenkkraftmoduls 13 verändern zu können.

[0044] In analoger Weise könnten aber natürlich auch passive Krafterzeugungseinheiten 16 vorgesehen sein. Die Erfindung ist auch nicht auf die lineare Krafterzeugung begrenzt, sondern die Lenkgegenkraft könnten auch rotativ auf die Kraftübertragungseinheit 15 ausgeübt werden. Im Falle einer aktiven rotativen Krafterzeugungseinheiten 16 könnte die Lenkgegenkraft beispielsweise in Form eines Drehmoments durch einen rotativen Aktuator, wie z.B. einen rotativen Elektromotor, erzeugt werden. Im Falle einer passiven rotativen Krafterzeugungseinheiten 16 könnte die Lenkgegenkraft beispielsweise in Form eines Drehmoments durch eine Drehfeder o.ä. erfolgen.

[0045] Im gezeigten Beispiel sind die Bewegeeteile 16b jeweils mit einem an der zweiten Seite der Kraftübertragungseinheit 15 liegenden Kraftangriffspunkt K mit der Kraftübertragungseinheit 15 verbunden. Wie in Fig.2b ersichtlich ist, sind die Kraftangriffspunkte K der Linearaktuatoren 16 so an der zweiten Seite der Kraftübertragungseinheit 15 angeordnet, dass die Bewegeeteile 16b zur Erzeugung der Lenkgegenkraft in entgegengesetzte Richtungen jeweils relativ zum Fixteil 16a bewegbar sind. Das bedeutet im Wesentlichen, dass der Radaufstandspunkt des Vorderrades VR auf der Rolle R in Längsrichtung L gesehen zwischen den Kraftangriffspunkten K liegt.

[0046] Wenn das Axiallager 18 in geeigneter Weise ausgebildet ist, um auch Zugkräfte aufnehmen zu können, dann kann beispielsweise jeweils ein Linearaktuator 16 eine Zugkraft auf die Kraftübertragungseinheit 15 ausüben und der jeweils andere Linearaktuator 16 eine Druckkraft auf die Kraftübertragungseinheit 15 ausüben. Wenn das Axiallager 18 keine Zugkräfte aufnehmen kann, dann könnte die Lenkgegenkraft aber beispielsweise auch nur in Form einer Druckkraft durch den entsprechenden Linearaktuator 16 erzeugt werden (in Fig.2a+2b z.B. der obere Linearaktuator 16) und der jeweils andere Linearaktuator 16 (in Fig.2a+2b z.B. der untere Linearaktuator 16) könnte lediglich nachgeführt werden, ohne eine (Zug)Kraft auszuüben. Die Lenkgegenkraft kann somit vom Linearaktuator 16 über die Kraftübertragungseinheit 15 auf den Adapter 14, hier die Adapterfelge, ausgeübt werden. Vom Adapter 14 wird die Lenkgegenkraft über die Radnabe 10a und den Lenker 10f des Achsschenkels 10e auf die Spurstange 9 übertragen.

[0047] Die beiden Kraftangriffspunkte K der zwei Linearaktuatoren 16 können beispielsweise di-

ametral gegenüberliegend bezüglich der Drehachse DA des Adapters 14 angeordnet sein. Vorzugsweise liegen die beiden Kraftangriffspunkte K in einer im Wesentlichen horizontalen Ebene. Um einen gewissen Winkelausgleich zu ermöglichen können die Bewegeteile 16b der Linearaktuatoren 16 gelenkig mit der Kraftübertragungseinheit 15 verbunden sein. Alternativ oder zusätzlich können auch die Fixteile 16a jeweils gelenkig mit der ortsfesten Komponente 17 des Rollenprüfstands 1 verbunden oder verbindbar sein. Die gelenkige Verbindung kann jeweils z.B. mittels eines Drehgelenks oder eines Kugelgelenks erfolgen.

[0048] Entgegen der Darstellung in Fig.2a+2b können am Lenkkraftmodul 13 aber auch mehr als zwei Linearaktuatoren 16 vorgesehen sein, wobei die Kraftangriffspunkte K beispielsweise in Umfangsrichtung um die Drehachse DA des Adapters 14 und/oder in radialer Richtung voneinander beabstandet sein können. Beispielsweise kann dies aus Gründen der Redundanz vorteilhaft sein oder es kann vorteilhaft sein, um Linearaktuatoren kleinerer Baugröße mit geringerer Maximalkraft verwenden zu können.

[0049] Natürlich können am Rollenprüfstand 1 auch mehrere identische oder unterschiedliche Lenkkraftmodule 13 vorgesehen sein. Am Rollenprüfstand 1 gemäß Fig.1 könnte beispielsweise für beide lenkbaren Vorderräder VR der angetriebene Vorderachse VA jeweils ein erfindungsgemäßes Lenkkraftmodul 13 vorgesehen sein. Wenn das Fahrzeug 2 eine lenkbare Vorderachse VA und eine lenkbare Hinterachse HA aufweist, dann könnten grundsätzlich auch vier Lenkkraftmodule 13 vorgesehen sein, jeweils ein Lenkkraftmodul 13 pro Rad. Bei Verwendung von zwei Lenkkraftmodulen 13 an gegenüberliegenden Rädern kann es zudem vorteilhaft sein, wenn ein Kraftschluss zwischen den Lenkkraftmodulen 13 hergestellt wird. Dadurch kann verhindert werden, dass das Fahrzeug 2 durch die von einem Lenkkraftmodul 13 erzeugte Lenkgegenkraft verschoben wird.

[0050] Wenn, so wie in Fig.2a+2b dargestellt, aktive Krafterzeugungseinheiten 16, insbesondere Linearaktuatoren, verwendet werden, dann ist am Rollenprüfstand 1 vorzugsweise eine Steuerungseinheit vorgesehen, die dazu ausgebildet ist, die Aktuatoren 16 des Lenkkraftmoduls 13 anzusteuern, um die Lenkgegenkraft zu erzeugen. Als Steuerungseinheit kann eine separate (nicht dargestellte) Modul-Steuerungseinheit vorgesehen sein, die z.B. Teil des Lenkkraftmoduls 13 sein kann. Die Modul-Steuerungseinheit kann beispielsweise in geeigneter Weise mit der Prüfstands-Steuerungseinheit 12 kommunizieren, um Steuersignale auszutauschen.

[0051] Vorteilhafterweise kann jedoch auch die Prüfstands-Steuerungseinheit 12 des Rollenprüfstands 1 verwendet werden, um die verfügbaren Aktuatoren 16 des Lenkkraftmoduls 13 direkt anzusteuern. Am Rollenprüfstand 1 kann auch eine Simulationseinheit 19 zur Simulation der Lenkgegenkraft vorgesehen sein. Die Steuerungseinheit, z.B. die Prüfstands-Steuerungseinheit 12 des Rollenprüfstands 1, ist kann die Aktuatoren 16 dann in Abhängigkeit einer von der Simulationseinheit 19 erzeugten Soll-Lenkgegenkraft S anzusteuern.

[0052] Es kann auch eine geeignete Erfassungseinrichtung 20 zur Erfassung einer für eine Ist-Lenkgegenkraft repräsentativen Messgröße M vorgesehen sein. In der Steuerungseinheit, z.B. der Prüfstands-Steuerungseinheit 12 des Rollenprüfstands 1, kann ein geeigneter Regler 21, z.B. PI- oder PID-Regler, vorgesehen sein, der aus der von der Simulationseinheit 19 ermittelten Soll-Lenkgegenkraft S und der von der Erfassungseinrichtung erfassten Messgröße M eine Stellgröße X ermittelt. Die Steuerungseinheit 12 kann die Aktuatoren 16 dann mit der ermittelten Stellgröße X ansteuern, um die vorgegebene Soll-Lenkgegenkraft einzuregeln. Die Erfassungseinrichtung 20 kann beispielsweise einen geeigneten Kraftsensor wie z.B. einen Dehnmessstreifen oder Piezosensor, aufweisen. Als Regler 21 kann jeder geeignete Regler verwendet werden, z.B. ein PI-Regler oder PID-Regler.

Patentansprüche

1. Lenkkraftmodul (13) zur Verwendung an einem Rollenprüfstand (1) für ein Fahrzeug (2) mit zumindest einem lenkbaren Rad (VR), wobei das Lenkkraftmodul (13) dazu ausgebildet ist, eine, einer von einem Lenksystem des Fahrzeugs (2) auf das zumindest eine lenkbare Rad (VR) übertragbaren Lenkkraft entgegenwirkende, Lenkgegenkraft zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lenkkraftmodul (13) einen Adapter (14) zur Verbindung des Lenkkraftmoduls (13) mit dem lenkbaren Rad (VR) aufweist, dass der Adapter (14) drehbar mit einer Kraftübertragungseinheit (15) verbunden ist, dass eine Anzahl von Krafterzeugungseinheiten (16) zur Erzeugung der Lenkgegenkraft vorgesehen ist, wobei jede Krafterzeugungseinheit (16) einen Fixteil (16a) und einen relativ dazu beweglichen Bewegeeteil (16b) aufweist, wobei der Fixteil (16a) mit einer ortsfesten Komponente (17) des Rollenprüfstands (1) verbindbar ist und der Bewegeeteil (16b) mit der Kraftübertragungseinheit (15) verbunden ist, sodass die Lenkgegenkraft über die Kraftübertragungseinheit (15) und den Adapter (14) auf das Rad (VR) übertragbar ist.
2. Lenkkraftmodul (13) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Adapter (14) eine, an einer Felge des lenkbaren Rades (VR) befestigbare, Adaptereinheit aufweist oder dass der Adapter (14) eine Adapterfelge zur Montage an einer Radaufhängung des lenkbaren Rades (VR) aufweist.
3. Lenkkraftmodul (13) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Adapter (14) mittels eines Axiallagers (18) mit der Kraftübertragungseinheit (15) verbunden ist.
4. Lenkkraftmodul (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Krafterzeugungseinheit (16) als aktive Krafterzeugungseinheit ausgebildet ist, die einen elektrisch ansteuerbaren Aktuator aufweist und/oder dass zumindest eine Krafterzeugungseinheit (16) als passive Krafterzeugungseinheit ausgebildet ist, die zumindest eine Federungseinheit (F) und/oder zumindest eine Dämpfungseinheit (D) aufweist.
5. Lenkkraftmodul (13) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der elektrisch ansteuerbare Aktuator einen Linearaktuator umfasst, dessen Bewegeeteil (16b) translatorisch relativ zum Fixteil (16a) bewegbar ist, wobei der Linearaktuator vorzugsweise einen der folgenden Aktuatoren aufweist: Linearmotor, Pneumatikzylinder, Hydraulikzylinder, Elektromotor mit Getriebe.
6. Lenkkraftmodul (13) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Federungseinrichtung (F) eine lineare, eine progressive oder eine degressive Federkennlinie aufweist und/oder dass die Federungseinrichtung (F) eine Verstelleinrichtung zur Veränderung einer Federungscharakteristik aufweist und/oder dass die Federungseinrichtung (F) zumindest eine der folgenden Federn aufweist: Biegefeder, Torsionsfeder, Luftfeder, Gummifeder, Gasdruckfeder und/oder dass die Dämpfungseinrichtung (D) eine Verstelleinrichtung zur Verstellung einer Dämpfungscharakteristik aufweist und/oder dass die Dämpfungseinrichtung (D) zumindest einen der folgenden Dämpfer aufweist: Reibungsdämpfer, hydraulischer Dämpfer, Gummidämpfer und/oder dass die passive Krafterzeugungseinheit eine Druckstufe und/oder eine Zugstufe aufweist.
7. Lenkkraftmodul (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegeeteile (16b) der Anzahl von Krafterzeugungseinheiten (16) jeweils gelenkig mit der Kraftübertragungseinheit (15) verbunden sind und/oder dass die Fixteile (16a) der Anzahl von Krafterzeugungseinheiten (16) jeweils gelenkig mit der ortsfesten Komponente des Rollenprüfstands (1) verbindbar sind.
8. Lenkkraftmodul (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl von Krafterzeugungseinheiten (16) zumindest zwei Krafterzeugungseinheiten (16) umfasst, wobei Kraftangriffspunkte (K) der Bewegeeteile (16b) an einer dem Adapter (14) gegenüberliegenden Seite der Kraftübertragungseinheit (15) liegen und so festgelegt sind, dass die Bewegeeteile (16b) zur Erzeugung der Lenkgegenkraft in entgegengesetzte Richtungen bewegbar sind.

9. Lenkkraftmodul (13) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftangriffspunkte (K) diametral gegenüberliegend bezüglich einer Drehachse (DA) des Adapters (14) angeordnet sind.
10. Lenkkraftmodul (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehr als zwei Krafterzeugungseinheiten (16) vorgesehen sind, wobei Kraftangriffspunkte (K) der Krafterzeugungseinheiten (16) an der Kraftübertragungseinheit (15) vorzugsweise in Umfangsrichtung um eine Drehachse (DA) des Adapters (14) und/oder in radialer Richtung voneinander beabstandet sind.
11. Rollenprüfstand (1) für ein Fahrzeug (2) mit zumindest einem lenkbaren Rad (VR), **dadurch gekennzeichnet**, dass am Rollenprüfstand (1) zumindest ein Lenkkraftmodul (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 vorgesehen ist, um eine Lenkgegenkraft auf das zumindest eine lenkbare Rad (VR) auszuüben, wobei die Fixteile (16a) der Anzahl von Krafterzeugungseinheiten (16) des Lenkkraftmoduls (13) jeweils mit einer ortsfesten Komponente (17) des Rollenprüfstands (1) fest oder lösbar verbunden sind.
12. Rollenprüfstand (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rollenprüfstand (1) für ein mehrspuriges Fahrzeug (2) mit zumindest einer lenkbaren Antriebsachse (VA) ausgebildet ist, wobei vorzugsweise für beide lenkbaren Räder (VR) der lenkbaren Antriebsachse (VA) jeweils ein Lenkkraftmodul (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 vorgesehen ist.
13. Rollenprüfstand (1) nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Krafterzeugungseinheit (16) als aktive Krafterzeugungseinheit ausgebildet ist und dass eine Steuerungseinheit (12) vorgesehen ist, die dazu ausgebildet ist, den Aktuator der aktiven Krafterzeugungseinheit anzusteuern.
14. Rollenprüfstand (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Simulationseinheit (19) zur Simulation der Lenkgegenkraft vorgesehen ist und dass die Steuerungseinheit (12) dazu ausgebildet ist, den Aktuator in Abhängigkeit einer von der Simulationseinheit (19) ermittelten Soll-Lenkgegenkraft (S) anzusteuern.
15. Rollenprüfstand (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Erfassungseinrichtung (20) zur Erfassung einer für eine Ist-Lenkgegenkraft repräsentativen Messgröße (M) vorgesehen ist, dass die Steuerungseinheit (12) einen Regler (21) aufweist, der dazu ausgebildet ist, aus der von der Simulationseinheit (19) ermittelten Soll-Lenkgegenkraft und der von der Erfassungseinrichtung (20) erfassten Messgröße (M) eine Stellgröße (X) zu ermitteln und dass die Steuerungseinheit (12) dazu ausgebildet ist, den Aktuator mit der ermittelten Stellgröße (X) anzusteuern.
16. Verfahren zum Betreiben eines Rollenprüfstands (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 15 mit einem Fahrzeug (2), das zumindest ein lenkbares Rad (VR) aufweist, wobei der Adapter (14) des zumindest einen Lenkkraftmoduls (13) mit dem lenkbaren Rad (VR) des Fahrzeugs (2) verbunden wird, wobei von einem Lenksystem des Fahrzeugs (2) eine Lenkkraft auf das zumindest eine lenkbare Rad (VR) übertragen wird und wobei mittels des Lenkkraftmoduls (13) eine, der Lenkkraft entgegenwirkende, Lenkgegenkraft erzeugt wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

