

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50061/2022
(22) Anmeldetag: 04.02.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2023

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

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2018046609 A1
WO 2018170523 A1
US 4887967 A
EP 0406729 A2

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

(72) Erfinder:
SCHYR Christian Dr.-Ing.
69120 Heidelberg (DE)

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

(54) **Motorradprüfstand**

(57) Fahrzeugprüfstand (1) zur Durchführung eines Prüflaufs mit einem schräglagefähigen Gesamtfahrzeug (5), dadurch gekennzeichnet, dass am Fahrzeugprüfstand (1) ein Lenkkraftmodul (2) vorgesehen ist, das mit einem Lenksystem (7) des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) verbindbar ist, dass eine Lenkwinkelerfassungseinheit (20) vorgesehen ist, um einen Lenkwinkel (α_M) des Lenksystems (7) während des Prüflaufs zu erfassen, dass eine Detektionseinheit (4) vorgesehen ist, um eine Position (α_L) eines Fahrers (8) relativ zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug (5) während des Prüflaufs zu detektieren, dass eine Simulationseinheit (6) vorgesehen ist, die dazu ausgebildet ist, den Lenkwinkel (α_M) und die Position (α_L) des Fahrers (8) in einem Simulationsmodell (9) zu verwenden, um eine auf das Lenksystem (7) wirkende, einer vom Fahrer (8) ausgeübten Lenkkraft (Q_L) entgegenwirkende, Lenkgegenkraft (Q_A) zu berechnen, und dass das Lenkkraftmodul (2) ausgebildet ist, die Lenkgegenkraft (Q_A) auf das Lenksystem (7) zu applizieren.

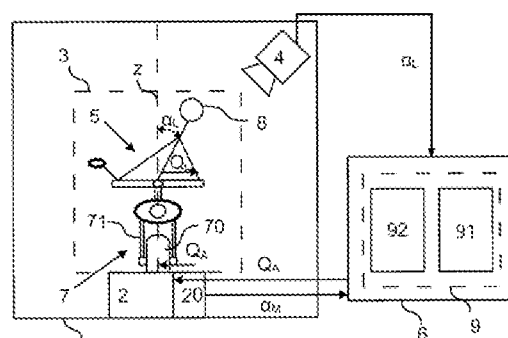


Fig. 1

Beschreibung

MOTORRADPRÜFSTAND

[0001] Die gegenständliche Erfindung betrifft einen Fahrzeugprüfstand sowie ein Verfahren zur Durchführung eines Prüflaufs mit einem schräglagefähigen Gesamtfahrzeug. Um Fahrerassistenzsysteme, wie beispielsweise Antiblockiersysteme, Tempomaten, Airbagsysteme, Spurassistenten, Stabilisierungssysteme, usw., und auch autonome Funktionen eines fahrbereiten Gesamtfahrzeugs zu testen, ist es möglich, Fahrzeugbewegungen in einer virtuellen Umgebung mit umfassenden Straßen- und Verkehrsmodellen zu simulieren. Dazu werden im Fahrzeug verbaute Sensoren (Ultraschallsensoren, Kameras, Radars, GPS-Tracker, Lidar, usw.), sowie im Fahrzeug integrierte Kommunikationseinrichtungen, bzw. Kommunikationsprotokolle, sowohl Auto-zu-Auto (Car-to-Car, C2C), als auch Infrastruktur-zu-Auto (Infrastructure-to-Car, I2C) oder auch Vehicle-to-Everything (V2x) an eine Simulationsplattform angebunden und emuliert bzw. simuliert.

[0002] Zusätzlich ist es wünschenswert das Gesamtfahrzeug unter denselben energetischen Zuständen wie in einem realen Fahrversuch zu betreiben. Damit können sicherheitskritische Fahrmanöver unter reproduzierbaren Bedingungen, einschließlich der menschlichen Interaktion, in die Simulation eingebunden werden. Das gesamte Gesamtfahrzeug oder ein Teil davon, beispielsweise ein Antriebsstrang und/oder das Lenksystem, wird auf einem Fahrzeugprüfstand als reale Hardware aufgebaut und betrieben. Dem Gesamtfahrzeug werden dabei am Fahrzeugprüfstand mittels geeigneter Aktuatoren die in der Simulation berechneten Kräfte, Momente, etc. eingeprägt, sodass das am Fahrzeugprüfstand an sich ortsfest angeordnete Gesamtfahrzeug dieselben Fahrzustände erlebt, wie das virtuelle Gesamtfahrzeug in der Simulation. Hierzu müssen am Fahrzeugprüfstand somit Kräfte und/oder Momente auf das Gesamtfahrzeug, insbesondere das Lenksystem und den Antriebsstrang aufgebracht werden.

[0003] Bei schräglagefähigen Gesamtfahrzeugen, wie Motorrädern, Motorrollern, oder auch Motorfahrrädern und E-Bikes hat das Verhalten des Fahrers während eines Fahrmanövers großen Einfluss auf das Fahrverhalten des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs. Das kann beispielsweise aber auch bei anderen Varianten von Gesamtfahrzeugen der Fall sein die mehr als zwei Räder aufweisen, wie beispielsweise dreirädrigen Varianten bei Beiwagenmaschinen oder bei Motorrollern, wie von Typ der Piaggio MP3 Serie. Somit schließt die gegenständliche Erfindung mit dem Begriff „schräglagefähiges Gesamtfahrzeug“ alle zweirädrigen, dreirädrigen oder möglicherweise auch mehrrädrigen Fahrzeuge mit ein, welche sich in Fahrmanövern im Wesentlichen in eine Schräglage begeben. Diese können über Gewichtsverlagerung eines Fahrers dementsprechend gesteuert werden.

[0004] Während der gesamten Fahrt hat beispielsweise die Statur und das Gewicht des Fahrers Einfluss auf die Gewichtsverteilung am Fahrzeugrahmen und am Lenksystem. Abhängig vom schräglagefähigen Gesamtfahrzeug und vom Fahrer kann es je nach Geschwindigkeit und Oberflächenbeschaffenheit der Straße dabei zu Flattern, Pendeln, oder Lenkerschlagen kommen. Bei der Lenkung des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs, insbesondere in Kurven, spielt die Lenktechnik des Fahrers eine entscheidende Rolle. Man kann grob zwischen den Lenktechniken der Schräglage, des Drückens und des Hängens unterscheiden. Bei Schräglage kippt das Motorrad (als Beispiel für ein schräglagefähiges Gesamtfahrzeug) in Richtung der Kurve und der Fahrer bewegt sich in gleicher Lage in Relation zur Achse eines Lenksystems mit. Beim Drücken wird das Motorrad in Relation zum Fahrer weiter geneigt, somit ist der Fahrer relativ zur Achse des Lenksystems in einer aufrechteren Position. Beim Hängen ist das Gegenteil zum Drücken der Fall, nämlich, dass der Fahrer sich in einer relativ zur Achse des Lenksystems gesehenen schrägeren Position nahe der Straßenoberfläche befindet.

[0005] Die verschiedenen Lenktechniken haben Einfluss auf die am schräglagefähigen Gesamtfahrzeug wirkenden Querkräfte und somit auf die Stabilität während der Fahrt. Daher kann eine realitätsnahe Simulation am Fahrzeugprüfstand nur unter Beachtung der Position des Fahrers relativ zum Gesamtfahrzeug erfolgen.

[0006] Die WO 2018/046609 A1 beschreibt einen Fahrzeugprüfstand mit unterschiedlichen Aktuatoren am Fahrzeugprüfstand für den Rollen- und Antriebsstrangprüfstand und für die Querkkräfte in einem Gesamtfahrzeug. Es wird keine Wirkung des Verhaltens des Fahrers auf die Querkkräfte in einem Gesamtfahrzeug offenbart.

[0007] Die WO 2018/170523 A1 offenbart einen verbesserten Fahrzeugprüfstand für Motorräder, wobei nur Aktuatoren für die Antriebsstrangprüfung offenbart sind aber keine Messung der möglichen Querkkräfte ermöglicht wird.

[0008] Die EP 2915155 B1 beschreibt ein Motorradsimulationssystem für Unterhaltungszwecke, wobei die Räder auf Rollen gelagert sind, und eine mechanische Stützvorrichtung die Schräglage des Motorrads ermöglicht.

[0009] Fahrsimulationen zu Übungszwecken und Unterhaltungszwecken sind im Stand der Technik hinlänglich bekannt. Jedoch können solche Simulationssysteme nicht für die Entwicklung genutzt werden, da eine Vielzahl an nötiger Instrumentation, Messsensorik und Leistungsaktuatorik fehlt.

[0010] Die Aufgabe der gegenständlichen Erfindung ist es daher einen Fahrzeugprüfstand für schräglagefähige Gesamtfahrzeuge zur Verfügung zu stellen, der eine realistischere Nachbildung von während des Betriebs auftretenden Fahrzuständen ermöglicht.

[0011] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass am Fahrzeugprüfstand ein Lenkkraftmodul vorgesehen ist, das mit einem Lenksystem des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs verbindbar ist, dass eine Lenkwinkelerfassungseinheit vorgesehen ist, um einen Lenkwinkel des Lenksystems während des Prüflaufs zu erfassen, dass eine Detektionseinheit vorgesehen ist, um eine Position eines Fahrers relativ zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug während des Prüflaufs zu detektieren, dass eine Simulationseinheit vorgesehen ist, die dazu ausgebildet ist, den Lenkwinkel und die Position des Fahrers in einem Simulationsmodell zu verwenden, um eine auf das Lenksystem wirkende, einer vom Fahrer ausgeübten Lenkkraft entgegenwirkende, Lenkgegenkraft zu berechnen, und dass das Lenkkraftmodul ausgebildet ist, die Lenkgegenkraft auf das Lenksystem zu applizieren.

[0012] Das ist vorteilhaft, da sowohl der Lenkwinkel im Prüflauf gemessen wird, als auch die Position des Fahrers während des Prüflaufs über die Detektionseinheit erfasst wird. So ist es möglich eine Lenkkraft über die Simulationseinheit an das Lenkkraftmodul zu übertragen und eine realitätsnahe Belastung des Motorrads auch bei verschiedenen Lenktechniken über einen Aktuator zu erreichen. Einerseits erfährt der Fahrer durch die Lenkgegenkraft die dynamische Rückstellkraft wie in der realen Fahrt. Andererseits können Stabilitätsprobleme am schräglagefähigen Gesamtfahrzeug am Fahrzeugprüfstand in einer sicheren Umgebung für den Fahrer frühzeitig erkannt und behoben werden. Dabei können auch verschiedenste Fahrassistenzsysteme in Gefahrsituationen realitätsnahe am Fahrzeugprüfstand getestet werden.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform befindet sich eine Hochachse des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs während des gesamten Prüflaufs in der gleichen, vorzugsweise vertikalen, Prüfposition. Das ist vorteilhaft, weil dadurch keine pneumatischen oder mechanischen Aktuatoren verwendet werden, um das schräglagefähige Gesamtfahrzeug in eine Schräglage zu bewegen. Damit kann nötige Instrumentation, Messsensorik und Leistungsaktuatorik leichter am Fahrzeugprüfstand angebracht werden.

[0014] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann eine Belastungseinheit zum Antrieb und/oder zur Belastung des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs vorgesehen sein, insbesondere, um ein Drehmoment auf eine Komponente eines Antriebsstrangs des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs auszuüben. Somit kann auch der Antriebsstrang eines schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs während eines Prüflaufs getestet werden. Das kann beispielsweise nur am Vorderrad oder am Hinterrad erfolgen. Es ist aber auch möglich, dass an allen Rädern, also Vorderrad und Hinterrad, oder bei mehrrädriigen Gesamtfahrzeugen, welche sich wie ein schräglagefähiges Gesamtfahrzeug verhalten, an mehreren Rädern eine Belastungseinheit vorgesehen ist.

[0015] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Belastungseinheit zumindest eine Rolle aufweisen, auf der ein Hinterrad oder ein Vorderrad des schräglagefähigen Gesamtfahrzeug anordenbar ist. Es kann auch eine Rolle je Rad vorgesehen sein, was beispielsweise bei Allradantrieb vorteilhaft sein kann, bei dem es mehrere angetriebene Räder gibt.

[0016] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Lenkwinkelerfassungseinheit im Lenkkraftmodul angeordnet sein. Somit kann der apparative Aufbau am Prüfstand minimiert werden. Weiters können Auswirkungen der Lenkgegenkraft auf den Lenkwinkel direkt in einer Einheit gemessen werden.

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann eine Prüflaufeinheit vorgesehen sein, die ausgebildet ist, vorgegebene Referenzmanöver am Fahrzeugprüfstand im Zuge des Prüflaufs auszuführen. Somit können Daten, die von einem Testfahrzeug während einer realen Fahrt aufgenommen worden sind, am Fahrzeugprüfstand verwendet werden. Somit kann dem Testfahrer am Prüfstand ein realitätsnahes Fahrmanöver vorgegeben werden. Es kann ein open-loop-Betrieb oder ein closed-loop-Betrieb vorgesehen sein. Im open-loop- Betrieb fährt der Fahrer ein vergebenes Referenzmanöver möglichst genau nach. Im closed-loop-Betrieb sind beispielsweise Interaktionen mit anderen (virtuellen) Verkehrsteilnehmern vorgesehen, auf welche der Fahrer situationsabhängig reagiert.

[0018] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Prüflaufeinheit ausgebildet sein, gespeicherte Daten einem Umgebungsmodell vorzugeben, und Umgebungsbedingungen während des Prüflaufs simuliert werden. Somit können Wetter, Terrain, Straßenverhältnisse und/oder andere virtuelle Verkehrsteilnehmer am Fahrzeugprüfstand vorgegeben werden und über das Simulationsmodell den Fahrer oder dem schräglagefähigen Gesamtfahrzeug vorgegeben werden. Damit können Simulationen von Gefahrensituationen, wie beispielsweise Wegrutschen oder Blockieren der Reifen am Fahrzeugprüfstand simuliert werden.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann am Fahrzeugprüfstand eine Visualisierungseinheit vorgesehen sein, um eine virtuelle Fahrumgebung während des Prüflaufs zu erzeugen. Damit ist es möglich, dass ein Testfahrer auch visuelle Reize während eines Prüflaufs wahrnehmen kann. Somit können auch Referenzmanöver über die Visualisierungseinheit abgebildet werden. Dem Fahrer können beispielsweise real aufgenommene Fahrten angezeigt werden, sodass er seine Position am Fahrzeug entsprechend an der realen Fahrt orientieren kann, was insbesondere bei Kurvenfahrt vorteilhaft ist.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann das Simulationsmodell ein Mehrkörpermodell aufweisen, wobei das Mehrkörpermodell vorzugsweise ein Fahrzeugmodell und ein Fahrermodell aufweist. Somit können im Simulationsmodell auf den Fahrer und/oder auf das schräglagefähige Gesamtfahrzeug wirkende Kräfte und Momente simuliert werden. Somit können die Belastungsgrenzen des Fahrers und/oder Gesamtfahrzeugs mittels des Simulationsmodells getestet werden, ohne eine Gefährdung des Testfahrers und/oder Gesamtfahrzeugs zu verursachen.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann der Fahrzeugprüfstand eine Bremsdruckmesseinheit aufweisen, die dazu ausgebildet ist, einen Bremsdruck an einer Bremsanlage des Gesamtfahrzeugs zu messen und dass die Simulationseinheit und/oder die Prüflaufeinheit dazu ausgebildet ist, den erfassten Bremsdruck zur Ermittlung eines virtuellen Bremsmoments zu verwendet. Das ist vorteilhaft, weil auch bei einem unbelasteten bzw. stillstehenden Rad ein Bremsdruck emuliert werden kann und/oder gemessen werden kann. Damit können Assistenzsysteme, wie z.B. ein Antiblockiersystem (ABS), welche einen Bremsdruck benötigen, am Fahrzeugprüfstand ebenfalls getestet werden.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann der Fahrzeugprüfstand eine Drehzahlsignaleinheit aufweisen, wobei die Drehzahlsignaleinheit ausgebildet ist, ein Raddrehsignal an ein unbelastetes bzw. stillstehendes Vorderrad oder Hinterrad zu emulieren. Somit kann auch an das unbelastete bzw. stillstehende Rad im Fahrzeugprüfstand ein Drehsignal emuliert werden. Das ist vorteilhaft, weil dadurch auch Assistenzsysteme, die ein Drehsignal an allen Rädern be-

nötigen, getestet werden können.

[0023] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform kann die Simulationseinheit ausgebildet sein, eine Soll-Lenkgegenkraft einem Kraftregler vorzugeben, und der Kraftregler weiters ausgebildet sein, eine Lenkgegenkraftwert-Stellgröße zu ermitteln. Somit kann eine genaue Regelung der Sollwerte der Simulationseinheit erfolgen. Damit kann eine noch realitätstreuere Abbildung einer Fahrt mit dem schräglagefähigen Fahrzeug erreicht werden.

[0024] Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

[0025] Fig. 1 den erfindungsgemäßen Fahrzeugprüfstand für ein schräglagefähiges Gesamtfahrzeug,

[0026] Fig. 2 eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Fahrzeugprüfstands, und

[0027] Fig. 3 eine vorteilhafte Ausführungsform der Signalweitergabe am Fahrzeugprüfstand.

[0028] Fig. 1 zeigt einen Fahrzeugprüfstand 1 mit einem schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5. Das schräglagefähige Gesamtfahrzeug 5 kann ein Motorrad, ein Moped oder auch ein Motorfahrzeug oder auch Fahrrad (wie beispielsweise ein E-Bike) sein und hat oftmals zwei Räder. Es sind aber auch schräglagefähige Gesamtfahrzeuge 5 mit mehr als zwei Rädern denkbar, welche während der Fahrt in eine Schräglage gebracht werden können und sich daher im Wesentlichen wie ein schräglagefähiges Gesamtfahrzeug 5 mit zwei Rädern verhalten. Der Fahrzeugprüfstand 1 kann für jegliche Antriebsform des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 ausgestaltet sein. Somit können sowohl schräglagefähige Gesamtfahrzeuge 5 mit Verbrennungsmotor, Elektromotor oder anderen Antriebsarten an einem Fahrzeugprüfstand getestet werden. Verständlicherweise hat der Fahrzeugprüfstand 1 je nach Ausgestaltung des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 die nötige Analytik und Sensorik, um alle nötigen Messungen während eines Prüflaufs durchzuführen, wie beispielsweise Leistungs-, Verbrauchs-, Abgas- oder Fahrbarkeitsmessungen.

[0029] Das schräglagefähige Gesamtfahrzeug 5 weist ein Lenksystem 7 auf, welches bekanntermaßen eine Lenkung 71 und ein Vorderrad 70 aufweisen kann. Ein Lenksystem 7 weist die üblichen Komponenten einer Lenkung 71 eines schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 auf, die dem Fachmann hinreichend bekannt sind. Charakteristisch ist das Vorderrad 70 lenkbar gegenüber dem Rahmen des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 angeordnet, beispielsweise über zumindest ein Lenkerrohr. Das Vorderrad 70 selbst kann über eine Gabel mit der Lenkung 71 verbunden sein.

[0030] Am Fahrzeugprüfstand 1 ist weiters ein Lenkkraftmodul 2 vorgesehen, wobei das Lenksystem 7 des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 mit dem Lenkkraftmodul 2 verbunden werden kann. Das Lenkkraftmodul 2 weist zumindest einen geeigneten Aktuator auf, mit dem eine Kraft auf das Lenksystem 7 appliziert werden kann. Das Lenkkraftmodul 2 kann beispielsweise einen Grundkörper aufweisen, welcher am Fahrzeugprüfstand 1 angeordnet werden kann sowie ein relativ zum Grundkörper bewegbares Aktuatorelement, das auf das Lenksystem 7 wirkt. Das Lenkkraftmodul 2 ist vorzugsweise in geeigneter Weise am Fahrzeugprüfstand 1 positionierbar, sodass verschiedenste schräglagefähige Gesamtfahrzeuge 5 unterschiedlicher Größe am Lenkkraftmodul 2 fixiert werden können. Nach Positionierung des Lenkkraftmoduls 2 kann der Grundkörper des Lenkkraftmoduls 2 ortsfest am Fahrzeugprüfstand 1 arretiert werden. Natürlich könnte der Grundkörper des Lenkkraftmoduls 2 aber auch fest, also unbeweglich, am Fahrzeugprüfstand 1 angeordnet sein.

[0031] Das Vorderrad 70 kann selbst am Lenkkraftmodul 2 fixiert werden, beispielsweise am beweglichen Aktuatorelement, oder die Lenkung 71 kann ohne das Vorderrad 70 am Lenkkraftmodul 2, insbesondere am beweglichen Aktuatorelement, fixiert werden. Beispielsweise kann dazu das Lenkkraftmodul 2 mit einer Gabel der Lenkung 71 des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 verbunden sein. Es kann auch eine Leistungselektronik am oder im Lenkkraftmodul 2 angeord-

net sein, um das Lenkkraftmodul 2 in geeigneter Weise mit elektrischer Leistung zu versorgen. Es kann auch vorgesehen sein, die Leistungselektronik in einer separaten Einheit, beispielsweise für den gesamten Fahrzeugprüfstand 1, anzuordnen.

[0032] Weiters ist erfindungsgemäß eine Lenkwinkelerfassungseinheit 20 am Fahrzeugprüfstand 1 vorgesehen. Die Lenkwinkelerfassungseinheit 20 erfasst einen Lenkwinkel α_M des Lenksystems 7 während eines Prüflaufs. Unter dem Lenkwinkel α_M ist dabei der Winkel zu verstehen, in welchem die Lenkung 71, insbesondere das Vorderrad 70, relativ zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 ausgelenkt wird. Der Lenkwinkel α_M kann beispielsweise einem Rotationswinkel entsprechen, den die Lenkung 71 im Lenkerrohr rotiert. Das kann beispielsweise über optische, mechanische oder elektrische Methoden erfolgen. Je nach Fixierungsform des Lenksystems 7 am Lenkkraftmodul 2 kann der Lenkwinkel α_M beispielsweise am Vorderrad 70 und/oder an der Lenkung 71 des Lenksystems 7 erfasst werden. Die Lenkwinkelerfassungseinheit 20 kann entweder als separate Einheit vorgesehen sein, oder auch im Lenkkraftmodul 2 integriert sein. Der Lenkwinkel α_M rotiert vorzugsweise in einem Bereich von 0-45° um eine Lenkachse, beispielsweise das Lenkerrohr des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5.

[0033] Erfindungsgemäß ist auch eine Detektionseinheit 4 am Fahrzeugprüfstand 1 vorgesehen. Die Detektionseinheit 4 überwacht einen Fahrerbereich 3, in dem sich ein Fahrer 8 während des Prüflaufs befindet, um eine Position α_L des Fahrers 8 am und/oder relativ zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 zu erfassen. Je nach Fahrmanöver kann nur die Position α_L des Fahrers am schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 interessant sein, beispielsweise bei gerader kurvenloser Fahrt. Bei Kurven kann auch die Position α_L des Fahrers in Relation zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 von Bedeutung sein, beispielsweise bei Hängen oder Drücken in einer Kurve. Die Detektionseinheit 4 erfasst zumindest die Position α_L des Fahrers in Relation zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug. Bevorzugterweise befindet sich aber im Fahrerbereich 3 auch das gesamte schräglagefähige Gesamtfahrzeug 5.

[0034] Beispielsweise kann die Position α_L des Fahrers 8 abhängig vom Typ des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 sein. Beispielsweise ist die Position α_L des Fahrers 8 bei geländegängigen Motorrädern im Regelfall aufrechter, als bei Straßen-Motorrädern. Im Normalbetrieb kann die Position α_L des Fahrers 8 auch abhängig von Wind, Straßen- und Geländeverhältnissen oder seinem Ermüdungszustand sein. Weiters ist die Position α_L des Fahrers 8 während des Lenkens abhängig von der situationsspezifisch angewandten Lenktechnik, wie Schräglage, Drücken oder Hängen. Beispielsweise werden Schräglage und Drücken im Regelbetrieb eines schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 im Straßenverkehr verwendet, während Hängen im Leistungssport auf der Rennstrecke zur Anwendung gelangt. Die Position α_L des Fahrers 8 kann auch Auswirkungen auf den Lenkwinkel α_M haben. Im Regelfall ist der Lenkwinkel α_M umso geringer, je größer die Schräglage des Fahrers 8 ist. Folglich stehen Lenkwinkel α_M und Position α_L des Fahrers im Regelfall in Relation.

[0035] Die Detektionseinheit 4 überträgt die Position α_L des Fahrers 8 an eine am Fahrzeugprüfstand 1 vorgesehene Simulationseinheit 6 und die Lenkwinkelerfassungseinheit 20 überträgt den Lenkwinkel α_M ebenfalls an die Simulationseinheit 6. Diese Übertragung kann beispielsweise über ein Datenkabel erfolgen, es ist aber natürlich auch möglich, dass die Datenkommunikation drahtlos, beispielsweise über W-Lan, Bluetooth, etc. erfolgt. Die Simulationseinheit 6 kann mikroprozessorbasierte Hardware (z.B. ein Computer), eine integrierte Schaltung, wie ein Field Programmable Gate Array (FPGA) oder eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), auch mit einem Mikroprozessor, oder auch ein analoger Schaltkreis oder analoger Computer sein. Auch Mischformen sind denkbar. Die Simulationseinheit 6 kann auch Teil einer (nicht dargestellten) Prüfstandssteuerungseinheit sein, über welche die wesentlichen Funktionen des Fahrzeugprüfstands 1 gesteuert werden können.

[0036] In der Simulationseinheit 6 ist ein Simulationsmodell 9 implementiert, wobei das Simulationsmodell 9 die erfasste Position α_L des Fahrers 8 und den erfassten Lenkwinkel α_M verwendet. Vorteilhafterweise kann daraus eine Lenkkraft Q_L des Fahrers 8 auf das Lenksystems 7 des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 ermittelt werden. Die Lenkkraft Q_L kann abhängig von der

Lenktechnik des Fahrers 8 sein, aber auch von seiner Körperstatur, also der Größe und dem Gewicht und von seiner Sitzposition am schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5. Es kann aber auch jede andere Kraft die der Fahrer 8 auf das schräglagefähige Gesamtfahrzeug 5 ausübt im Simulationsmodell 9 ermittelt werden. Damit kann die Lenkkraft Q_L also in eine gewisse Richtung orientiert sein, und in Form eines Vektors oder eines wirkenden Moments angegeben werden. Natürlich kann die Lenkkraft Q_L zusätzlich abhängig vom zu testenden schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 sein. Beispielsweise wird bei einem geländegängigen Motorrad aufgrund des Schwerpunkts und der Position des Fahrers 8 natürlich eine andere Lenkkraft Q_L auf das Lenksystem 7 wirken als beispielsweise bei einem Straßen-Motorrad. Es kann auch möglich sein, dass nur die Lenkkraft Q_L relativ zur Hochachse z des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 betrachtet wird, wie in Fig. 1 beispielhaft dargestellt ist. Es kann daher vorgesehen sein nur die Komponenten der Lenkkraft Q_L in eine definierte Raumrichtung zu betrachten.

[0037] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird ein Mehrkörpermodell als Simulationsmodell 9 verwendet. Das Mehrkörpermodell kann dabei ein Fahrzeugmodell 91 und ein Fahrermodell 92 enthalten. Es ist aber auch vorstellbar, dass entweder ein Fahrzeugmodell 91 oder ein Fahrermodell 92 im Mehrkörpermodell enthalten ist. Ein Fahrzeugmodell 91 kann detailliert alle auf verschiedene Bauteile des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 wirkenden Kräfte und/oder Momente berechnen. Beispielsweise kann im Fahrzeugmodell 91 ein Modell für den Rahmen und/oder den Antrieb und/oder die Reifen und/oder die Lenkung des Gesamtfahrzeugs 5 enthalten sein. Weiters kann auch ein Umgebungsmodell 93 enthalten sein (Fig. 3), welches beispielsweise in Kombination mit einer weiter unten beschriebenen Prüflaufeinheit 60 interagiert und Umgebungsbedingungen simuliert, und beispielsweise ein Terrain, wie die Straßenbedingungen, Verkehrslast und Wetterbedingungen errechnen und/oder simulieren kann. Beispielsweise kann eine Windmaschine vorgesehen sein, welche einen Fahrtwind während des Prüflaufs simuliert. Somit kann die Interaktion zwischen dem Fahrer 8 und dem schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 realitätsnahe simuliert werden.

[0038] Das ist auch vorteilhaft, weil somit im Fahrzeugmodell 91 die auf den Rahmen und/oder Reifen, und/oder das Lenksystem 7 während eines Prüflaufs wirkenden Kräfte und Momente berechnet werden können, beispielsweise durch die Belastung durch den Fahrer 8, und somit die Stabilität des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 bei unterschiedlichen simulierten Fahrmanövern abgeschätzt werden kann. Somit können Gefahrensituationen abgebildet werden und damit die Wirkung von Assistenz- und Sicherheitssystemen getestet werden.

[0039] Die Simulationseinheit 6 kann auch mittels des Simulationsmodells 9 aus der Lenkkraft Q_L eine auf das Gesamtfahrzeug 5 wirkende Seitenkraft berechnen. Die Seitenkraft kann zu Betrachtung der Stabilität des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 in Betracht gezogen werden. Ist beispielsweise die Seitenkraft zu hoch, würde das schräglagefähige Gesamtfahrzeug 5 im Prüflauf, beispielsweise bei einer geprüften Gefahrensituation, wegrutschen oder auch Flattern, Pendeln, oder Lenkerschlagen könnten im Simulationsmodell 9 auftreten. Es kann aber auch Materialversagen am schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 betrachtet werden. Vorteilhafterweise wird nicht nur die Lenkkraft Q_L auf das Lenksystem 7 errechnet, sondern auch auf andere Komponenten des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5, wie beispielsweise auf das Hinterrad 73 oder auf den Rahmen. Somit können gefährliche Situationen am Fahrzeugprüfstand dargestellt werden, ohne dass für den Fahrer eine Gefährdung besteht.

[0040] Erfindungsgemäß ermittelt die Simulationseinheit 6 zumindest eine Lenkgegenkraft Q_A und überträgt diese an das Lenkkraftmodul 2 und das Lenkkraftmodul 2 appliziert die Lenkgegenkraft Q_A auf das Lenksystem 7 des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5. Die Lenkgegenkraft Q_A ist dabei jene Kraft, die einer vom Fahrer 8 erzeugten Lenkkraft Q_L entgegenwirkt. Die Lenkgegenkraft Q_A ist somit im Wesentlichen eine auf das Lenksystem 7 wirkende Rückstellkraft, die versucht, das Lenksystem 7 in eine stabile Position zu verlagern. Die Lenkgegenkraft Q_A kann beispielsweise von Fahrzeugparametern des Gesamtfahrzeugs 5, wie z.B. dem verwendeten Reifen, sowie von Umgebungsparametern, wie z.B. vom Untergrund der Fahrbahn, abhängig sein. Die Fahrzeugparameter und Umgebungsparameter können dabei im Simulationsmodell 9 festgelegt und vorzugsweise veränderbar sein, insbesondere im Fahrzeugmodell 91 und im Um-

gebungsmodell. Das ist vorteilhaft, weil der Fahrer dadurch im Prüflauf, die auf das Lenksystem 7 wirkenden Lenkgegenkraft Q_A , wahrnehmen kann und entsprechend sein Fahrverhalten anpassen kann, beispielsweise weiter in eine (gefühlte) Schräglage zu gehen, oder die Schräglage zu reduzieren. Das ist vorteilhaft, weil dadurch Gefahrensituationen abgebildet werden können ohne Gefährdung für den Fahrer. Beispielsweise kann die Lenkgegenkraft Q_A genutzt werden, um Lenkerschlagen am Lenkkräftsystem 7 zu applizieren. Vorteilhafterweise kann aber auch eine Seitenkraft in der Berechnung der Lenkgegenkraft Q_A im Simulationsmodell 6 genutzt werden. Somit kann eine sehr genau wirkende Lenkgegenkraft Q_A errechnet werden, und damit können die in Realität wirkenden Kräfte am Fahrzeugprüfstand 1 abgebildet werden.

[0041] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann sich die Hochachse z des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 während des gesamten Prüflaufs in der gleichen Prüfposition befinden. Folglich kann das schräglagefähige Gesamtfahrzeug 5 während der Durchführung eines Lenkmanövers im Prüflauf nicht in eine Schräglage bewegt werden, sondern die Hochachse z bleibt in der gleichen Position, beispielsweise normal auf eine Grundfläche des Fahrzeugprüfstands 1 ausgerichtet. Somit wird die Lenkgegenkraft Q_A dazu verwendet, um die bei Schräglage des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 auf das Lenksystem 7 wirkende Rückstellkraft für den Fahrer während des Prüflaufs zu simulieren.

[0042] Fig. 2 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Fahrzeugprüfstands 1. Der Fahrzeugprüfstand 1 kann neben dem Lenkkräftmodul 2 auch eine Belastungseinheit 10 aufweisen. Die Belastungseinheit 10 ist zum Antrieb und/oder zur Belastung des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 vorgesehen, beispielsweise um ein Drehmoment D auf eine Antriebsachse des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 auszuüben. Die Belastungseinheit 10 kann beispielsweise eine oder mehrere Rollen aufweisen, auf welchen das Hinterrad 73 des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 angeordnet ist, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Es ist aber auch vorstellbar, dass die Belastungseinheit 10 direkt über eine geeignete Verbindungswelle mit einer Antriebswelle des Motors, einer Getriebewelle eines Getriebes oder mit einem Kettenblatt der Kette des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 verbindbar ist.

[0043] Die Belastungseinheit 10 kann auch am Vorderrad 70, zusätzlich zum Lenkkräftmodul 2 angebracht sein, oder sowohl an Vorderrad 70, als auch am Hinterrad 73 angebracht sein. Es ist auch vorstellbar, dass das Lenkkräftmodul 2 und die Belastungseinheit 10 in einer Einheit gemeinsam verbaut sind. Es kann auch eine Mehrzahl an Belastungseinheiten 10 im Fahrzeugprüfstand 1 vorgesehen sein. Das kann vorteilhaft sein, wenn das schräglagefähige Gesamtfahrzeug 5 über einen Allradantrieb verfügt, und somit beide Räder 70, 73 gleichzeitig belastet werden können. Über Belastungseinheit 10, bzw. entsprechende Sensoren in der Belastungseinheit 10, kann auch ein Belastungszustand des Motors des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs 5 im Prüflauf aufgezeichnet werden.

[0044] Die Raddrehzahl eines angetriebenen Rades 70,73 kann beispielsweise auch dazu verwendet werden, um die Raddrehzahl an einem nicht-angetriebenen, insbesondere stillstehenden, Rades 70, 73 zu emulieren. Dazu kann beispielsweise eine Drehzahlsignaleinheit 22 am Fahrzeugprüfstand vorgesehen sein, beispielsweise als Teil der Belastungseinheit 10, oder es kann auch das Drehzahlsignal eines fahrzeugfesten Drehzahlsensors verwendet werden. Das ist vorteilhaft, wenn durch die Belastungseinheit 10 nur ein Rad, z.B. das Hinterrad 73, belastet wird, während das zumindest eine andere Rad, z.B. das Vorderrad 70, stillsteht. Bei Belastung eines angetriebenen Rades, z.B. des Hinterrades 73, gibt der fahrzeugfeste Raddrehzahlsensor des stillstehenden Rades, z.B. des Vorderrades 70, kein Signal ab und Assistenzsysteme wie ein Antiblockiersystem (ABS) können einen Fehler anzeigen oder sogar in einen Fehlerzustand gehen. Daher ist eine realistische Nachbildung des Raddrehzahlsignals durch eine entsprechende Elektronik (Emulieren) vorteilhaft, da damit der Fehler bzw. Fehlerzustand vermieden werden kann.

[0045] Weiters kann eine Bremsdruckmesseinheit 23 zur Messung des Bremsdrucks p an einer Bremsanlage des Gesamtfahrzeugs 5 vorgesehen sein. Vorteilhafterweise wird zur Messung des Bremsdrucks p die Bremsdruckmesseinheit 23 mittels eines T-Stücks am Bremsschlauch mon-

tiert. Bei Belastung nur eines Rades, beispielsweise des Hinterrades 73, durch die Belastungseinheit 10 kann am Vorderrad 70 beispielsweise nur das Drucksignal des Bremsdrucks p beispielsweise im Bremsschlauch zur Verfügung stehen. Mittels der Bremsdruckmesseinheit 23 kann der Bremsdruck p erfasst und der Simulationseinheit 6 zugeführt werden. Die Simulationseinheit 6 kann daraus ein virtuelles Bremsmoment am nicht angetriebenen Rad, z.B. dem Vorderrad 70, während eines Prüflaufs am Fahrzeugprüfstand 1 ermitteln. Dadurch kann beim schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 eine realistische Verteilung des Bremsmoments auf Vorder- und Hinterachse in der Simulation ermöglicht werden.

[0046] Somit kann über die Messung des Bremsdrucks 9 mittels der Bremsdruckmesseinheit 23 eine Gefahrensituation erkannt werden und die Gefährdung des Fahrers vermieden werden. Eine solche Gefahrensituation kann im Betrieb beispielsweise über das Blockieren eines Rades gegeben sein und damit verbundenes Schleudern oder wegrutschen. Weiters ist es dadurch möglich die Wirkung eines Antiblockiersystems (ABS) und dessen Verhalten bei verschiedenen Bremsdrücken p zu analysieren.

[0047] Weiters kann eine Prüflaufeinheit 60 vorhanden sein, welche eine Anzahl an Referenzmanövern gespeichert hat und diese am Fahrzeugprüfstand 1 beim Prüflauf vorgibt.

[0048] Die Prüflaufeinheit 60 kann beispielsweise wiederum in der (nicht dargestellten) übergeordneten Prüfstandssteuerungseinheit integriert sein. Die Referenzmanöver können beispielsweise aufgezeichnete reale Daten aus realen Testfahrten an Testfahrzeugen sein. Die realen Daten können über eine Vielzahl an Sensoren in einem Testfahrzeug aufgenommen werden und anschließend als Referenzmanöver in der Prüflaufeinheit 60 abgelegt werden. Beispiele für Referenzmanöver können Bremsen bei Geradeausfahrt, stationäre/ instationäre Kurvenfahrt, Slalomfahrt, Ausweichmanöver, Serpentinenfahrt oder Ähnliches sein. Eine Prüflaufeinheit 60 kann mit einem Umgebungsmodell 93 verbunden sein, welches die gespeicherten Referenzmanöver verwendet, um Verkehr, Terrain, Wetterbedingungen, Verkehrsteilnehmer und Weiteres am Fahrzeugprüfstand zu simulieren, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Das Referenzmanöver kann dann einem Fahrer 8 vorgegeben werden, und der Fahrer 8 fährt das Referenzmanöver ab. Dann können reale Daten und Daten aus dem Prüflauf anhand des Referenzmanövers verglichen werden. Die Prüflaufeinheit 60 kann vorteilhafterweise in zwei unterschiedliche Arten betrieben werden:

[0049] Im Open-Loop Betrieb können zeitbasierte aufgezeichnete Referenzmanöver im Fahrzeugprüfstand 1 vorgegeben werden und für den Fahrer 8 entsprechend über eine Visualisierungseinheit 81, 82 (wie weiter unten erörtert wird) visualisiert werden, sodass der Fahrer 8 die zeitbasierten aufgezeichneten Referenzmanöver möglichst exakt nachfahren kann. Damit kann z.B. der Fahrer 8 seinen Fahrstil am Fahrzeugprüfstand 1 so adaptieren, dass er möglichst gut dem Fahrstil im realen Versuch entspricht oder direkt die Güte der Signale am Prüfstand mit realen Versuchen verglichen werden.

[0050] Im Closed-Loop Betrieb kann Prüflaufeinheit 60 ein Testszenario als Referenzmanöver vorgeben, wie z.B. das Auffahren und anschließende Überholen eines anderen Verkehrsteilnehmers oder das Kreuzen eines anderen Fahrzeugs oder Fußgängers. Der Fahrer 8 am schräglagefähigen Gesamtfahrzeug 5 interagiert während des Prüflaufs mit den virtuellen Verkehrsteilnehmern durch entsprechende Fahrmanöver und wird dabei durch die Visualisierungseinheit 81, 82 unterstützt.

[0051] Die Prüflaufeinheit 60 kann weiters eine virtuelle Fahrumgebung (Virtual Reality) am Fahrzeugprüfstand 1 schaffen. Dazu kann eine Visualisierungseinheit 81, 82 vorgesehen sein, welche als eine Mixed Reality Brille 81 oder auch in Form eines Monitors 82 am Fahrzeugprüfstand 1 selbst ausgebildet sein kann. Somit bekommt der Fahrer ein reales Fahrmanöver, z.B. eine Kurve, durch die Visualisierungseinheit 81, 82 angezeigt und kann entsprechend am Fahrzeugprüfstand 1 seinen Fahrstil adaptieren. Die Aufnahme und Analyse erfolgen über die erfindungsgemäße Vorrichtung, wie bei Fig. 1 hinreichend beschrieben wurde.

[0052] Es ist natürlich auch vorstellbar, dass die Visualisierungseinheit 81, 82 unabhängig von der Prüflaufeinheit 60 funktioniert, und beispielsweise eine virtuelle Fahrumgebung abgespeichert

hat oder zufällig erzeugt. Somit kann über den Fahrzeugprüfstand 1 in Fig. 2 eine vollständige Abbildung einer realen Testfahrt über den Prüflauf erfolgen.

[0053] Fig. 3 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform der Signalweitergabe am Fahrzeugprüfstand 1. Die Prüflaufeinheit 60 kann dazu gespeicherte Referenzmanöver einem Umgebungsmodell 93 vorgeben. Das Umgebungsmodell 93 kann bevorzugterweise auf der Simulationseinheit 6 laufen und Teil einer Prüfstandssteuerungseinheit sein. Vorteilhafterweise wird das Referenzmanöver im closed-loop-Betrieb einer Prüflaufeinheit 60 verwendet. Die Daten des Umgebungsmodells 93 werden im Fahrzeugmodell 91 genutzt um Wetterbedingungen, Terrain, Straßenbedingungen uä. vorzugeben und können beispielsweise im einem Antriebsmodell 94 genutzt werden. Ein Antriebsmodell 94 kann auch ein Reifenmodell beinhalten, es ist aber auch möglich, dass das Reifenmodell separat ausgestaltet ist. Das Fahrzeugmodell 91 kann auf Basis der erhaltenen Modelle, z.B. des Reifenmodells, und auf Basis des Umgebungsmodells 93 einen Sollwert als Solldrehzahl n_s für das angetriebene Rad, z.B. das Hinterrad 73, berechnen. Die Solldrehzahl n_s kann dann beispielsweise an einen Regler wie beispielsweise eine Drehzahlreglereinheit 11 übermittelt werden, die auch Teil der Belastungseinheit 10 sein kann. Die Drehzahlreglereinheit 11 kann mittels eines geeigneten Reglers aus der ermittelten Solldrehzahl n_s und einer erfassten Ist-Drehzahl n_i eine geeignete Stellgröße als Drehzahlstellgröße SG_n für die Belastungseinheit 10 berechnen. Ein an der Belastungseinheit 10 erfasstes Drehmoment D kann beispielsweise als Ist-Größe an die Simulationseinheit 6, insbesondere an das Fahrzeugmodell 91, rückgeführt werden. Als Ist-Wert für die Drehzahlreglereinheit 11 kann z.B. ein Drehzahlsignal n_i eines fahrzeugfesten Drehzahlsensors verwendet werden (strichlierter Pfeil). Wenn kein Ist-Wert verwendet ist, kann auch nur eine Steuerung an der Belastungseinheit 10 realisiert sein.

[0054] Das Fahrzeugmodell 91 kann weiters ein Lenkmodell 95 des Lenksystems 7 enthalten, welches ebenfalls Daten der Umgebungssimulation 93 erhalten kann. Damit kann ein Sollwert wie eine Soll-Lenkgegenkraft $Q_{A,S}$ ermittelt werden, welche beispielsweise an einen Kraftregler 24 übermittelt werden kann, der eine Stellgröße als Lenkgegenkraftwert-Stellgröße SG_Q für das Lenkkraftmodul 2 berechnet. Der Kraftregler 24 kann Teil des Lenkkraftmoduls 2 sein. Als Eingangsgroße für das Fahrzeugmodell 91, insbesondere für das Lenkmodell 95 des Lenksystems 7, kann der Lenkwinkel α_M verwendet werden, der durch die Lenkwinkelerfassungseinheit 20 erfasst wird. Der Lenkwinkel α_M wird an den Kraftregler 24 und das Lenkmodell 95 des Lenksystems 7 übertragen. Als Ist-Wert für den Kraftregler 24 kann z.B. ein Kraftsensor, beispielsweise in Form eines Piezoelements oder Dehnmessstreifens, verwendet werden welcher am Lenkkraftmodul 2 angeordnet sein kann und eine Ist-Lenkgegenkraftwert $Q_{A,i}$ ausgeben kann (strichlierter Pfeil). Wenn kein Ist-Wert verwendet ist kann auch nur eine Steuerung am Lenkkraftmodul 2 realisiert sein.

[0055] Die beiden beschriebenen Regelungen und/oder Steuerungen sind natürlich nicht als abschließend zu betrachten. Es können noch andere Regelungen und Steuerungen im Fahrzeugprüfstand realisiert sein, die der Fachmann als nötig erachtet.

Patentansprüche

1. Fahrzeugprüfstand (1) zur Durchführung eines Prüflaufs mit einem schräglagefähigen Gesamtfahrzeug (5), **dadurch gekennzeichnet, dass** am Fahrzeugprüfstand (1) ein Lenkkraftmodul (2) vorgesehen ist, das mit einem Lenksystem (7) des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) verbindbar ist, **dass** eine Lenkwinkelerfassungseinheit (20) vorgesehen ist, um einen Lenkwinkel (α_M) des Lenksystems (7) während des Prüflaufs zu erfassen, **dass** eine Detektionseinheit (4) vorgesehen ist, um eine Position (α_L) eines Fahrers (8) relativ zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug (5) während des Prüflaufs zu detektieren, **dass** eine Simulationseinheit (6) vorgesehen ist, die dazu ausgebildet ist, den Lenkwinkel (α_M) und die Position (α_L) des Fahrers (8) in einem Simulationsmodell (9) zu verwenden, um eine auf das Lenksystem (7) wirkende, einer vom Fahrer (8) ausgeübten Lenkkraft (Q_L) entgegenwirkende, Lenkgegenkraft (Q_A) zu berechnen, **und dass** das Lenkkraftmodul (2) ausgebildet ist, die Lenkgegenkraft (Q_A) auf das Lenksystem (7) zu applizieren.
2. Fahrzeugprüfstand (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich eine Hochachse (z) des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) während des gesamten Prüflaufs in der gleichen, vorzugsweise vertikalen, Prüfposition befindet.
3. Fahrzeugprüfstand (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Fahrzeugprüfstand eine Belastungseinheit (10) zum Antrieb und/oder zur Belastung des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) vorgesehen ist, insbesondere um ein Drehmoment auf eine Komponente eines Antriebsstrangs des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) auszuüben.
4. Fahrzeugprüfstand (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Belastungseinheit (10) zumindest eine Rolle aufweist, auf der ein Hinterrad (73) oder ein Vorderrad (70) des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) anordenbar ist.
5. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lenkwinkelerfassungseinheit (20) im Lenkkraftmodul (2) angeordnet ist.
6. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Prüflaufeinheit (60) vorgesehen ist, die ausgebildet ist, um vorgegebene Referenzmanöver am Fahrzeugprüfstand (1) im Zuge des Prüflaufs auszuführen, wobei das Referenzmanöver aufgezeichnete Daten einer realen Testfahrt eines Testfahrzeug enthält.
7. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Fahrzeugprüfstand (1) eine Visualisierungseinheit (81, 82) vorgesehen ist, um eine virtuelle Fahrumgebung während des Prüflaufs zu erzeugen.
8. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Simulationsmodell (9) ein Mehrkörpermodell aufweist, wobei das Mehrkörpermodell vorzugsweise ein Fahrzeugmodell (91) und ein Fahrermodell (92) aufweist.
9. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüflaufeinheit (60) ausgebildet ist, gespeicherte Daten einem Umgebungsmodell (93) vorzugeben, und Umgebungsbedingungen während des Prüflaufs simuliert werden.
10. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fahrzeugprüfstand (1) eine Bremsdruckmesseinheit (23) aufweist, die dazu ausgebildet ist, einen Bremsdruck (p) an einer Bremsanlage des Gesamtfahrzeugs (5) zu messen und dass die Simulationseinheit (6) und/oder die Prüflaufeinheit (60) dazu ausgebildet ist, den erfassten Bremsdruck zur Ermittlung eines virtuellen Bremsmoments zu verwenden.
11. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fahrzeugprüfstand (1) eine Drehzahlsignaleinheit (22) aufweist, die dazu ausgebildet ist, ein Raddrehzahlsignal an einem unbelasteten Rad (70, 73) zu emulieren.
12. Fahrzeugprüfstand (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Simulationseinheit (6) ausgebildet ist eine Soll-Lenkgegenkraft ($Q_{A,S}$) einem Kraftregler

- (24) vorzugeben, und der Kraftregler (24) weiters ausgebildet ist, eine Lenkgegenkraftwert-Stellgröße (SG_Q) zu ermitteln.
13. Verfahren zur Durchführung eines Prüflaufs mit einem schräglagefähigen Gesamtfahrzeug (5) an einem Fahrzeugprüfstand (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** ein am Fahrzeugprüfstand (1) vorgesehenes Lenkkraftmodul (2) mit einem Lenksystem (7) des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) verbunden wird, dass ein Lenkwinkel (α_M) des Lenksystems (7) während des Prüflaufs erfasst wird, dass eine Position (α_L) eines Fahrers (8) relativ zum schräglagefähigen Gesamtfahrzeug (5) während des Prüflaufs detektiert wird, dass mit einem Simulationsmodell (9) aus dem erfassten Lenkwinkel (α_M) und der erfassten Position (α_L) des Fahrers (8) eine auf das Lenksystem (7) wirkende, einer vom Fahrer (8) ausgeübten Lenkkraft entgegenwirkende, Lenkgegenkraft (Q_A) berechnet wird, und dass die Lenkgegenkraft (Q_A) mit dem Lenkkraftmodul (2) auf das Lenksystem (7) appliziert wird.
 14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Prüflaufs am Fahrzeugprüfstand (1) ein in einer Prüflaufeinheit (60) gespeichertes Referenzmanöver nachgebildet wird, wobei das Referenzmanöver aufgezeichnete Daten eines realen Testfahrt eines Testfahrzeug enthält.
 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Prüflaufs mittels einer Visualisierungseinheit (81, 82) eine virtuelle Fahrumgebung am Fahrzeugprüfstand (1) erzeugt wird.
 16. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** über die Prüflaufeinheit (60) gespeicherte Daten einem Umgebungsmodell (93) vorgegeben werden, und dass mit dem Umgebungsmodell (93) Umgebungsbedingungen während des Prüflaufs simuliert werden.
 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Hochachse (z) des schräglagefähigen Gesamtfahrzeugs (5) während des Prüflaufs in der gleichen, vorzugsweise vertikalen, Prüfposition gehalten wird.
 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Bremsdruck (p) an einer Bremsanlage des Gesamtfahrzeugs (5) erfasst wird, dass der erfasste Bremsdruck (p) zur Ermittlung eines virtuellen Bremsmomentes verwendet wird.
 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Raddrehzahl eines angetriebenen Rades (73) des Gesamtfahrzeugs (5) erfasst wird und dazu verwendet wird, um ein Raddrehzahlsignal an einem stillstehenden Rad (70) des Gesamtfahrzeugs (5) zu emulieren.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

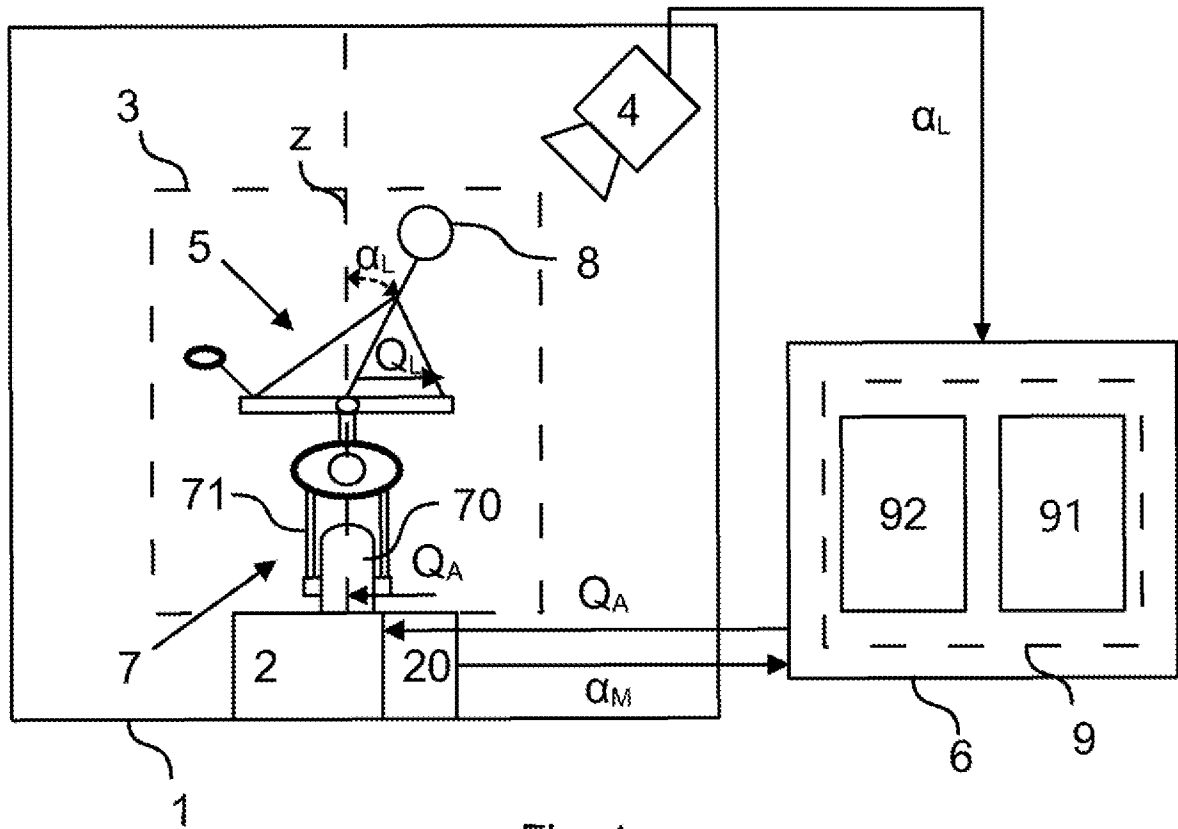


Fig. 1

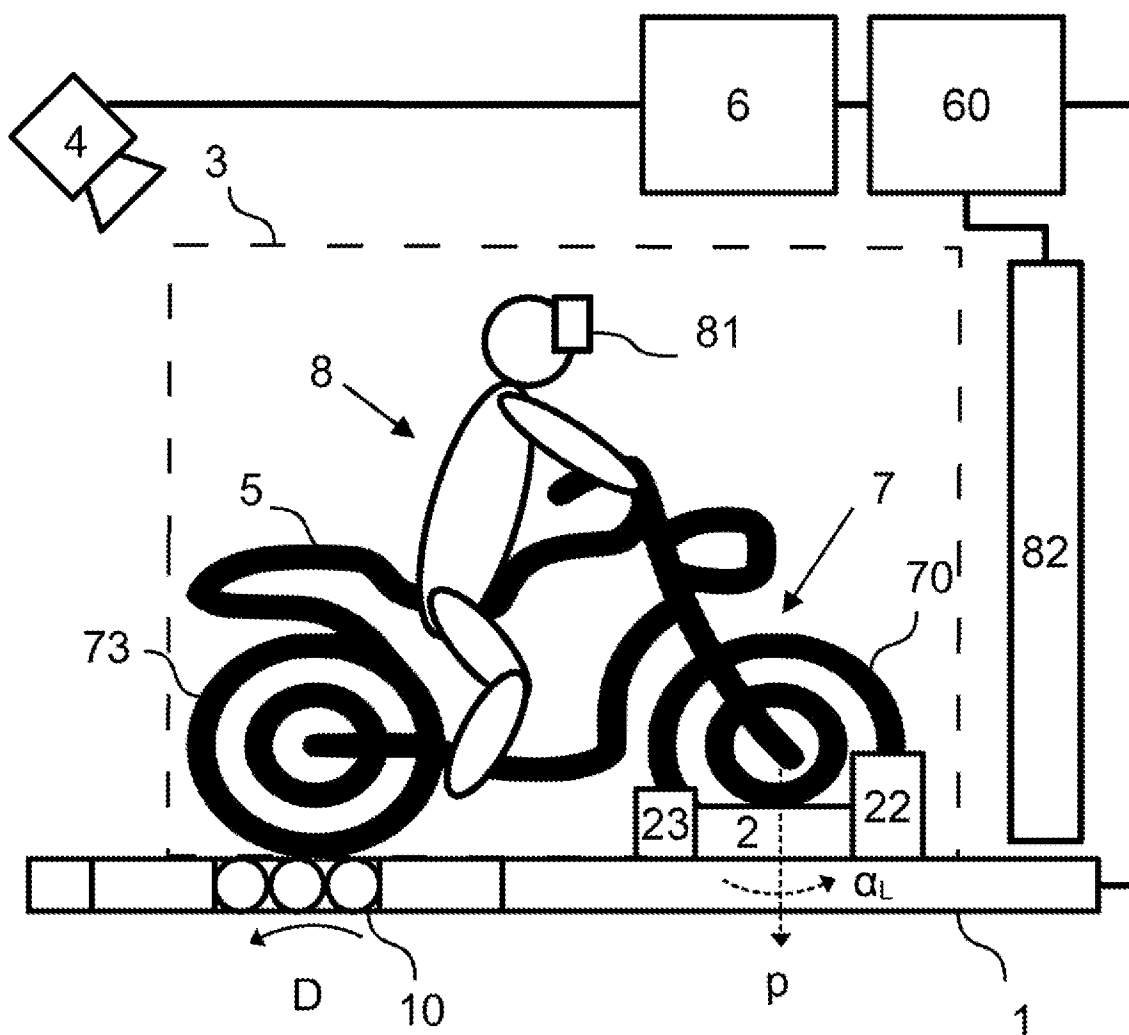


Fig. 2

2/3

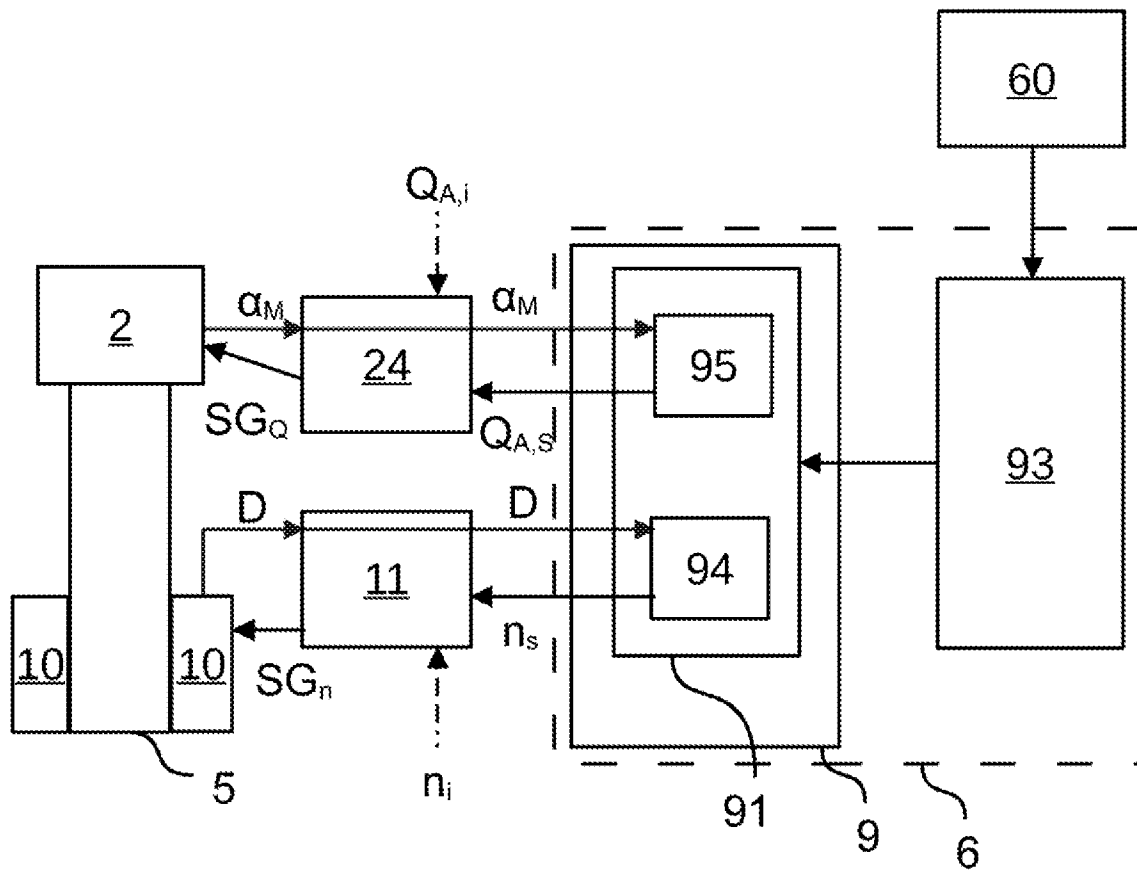


Fig. 3