

(19)



(10)

AT 514404 B1 2017-01-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 866/2013
(22) Anmeldetag: 11.11.2013
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2017

(51) Int. Cl.: **G09B 9/04** (2006.01)
G09B 9/05 (2006.01)

(30) Priorität:
13.06.2013 AT GM 202/2013 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
US 2002197585 A1
GB 749048 A

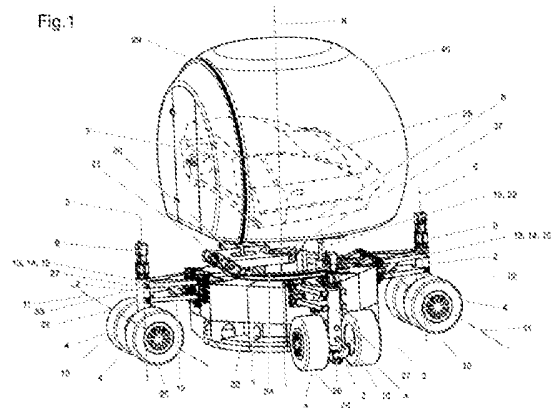
(73) Patentinhaber:
AMST-Systemtechnik GmbH
5282 Ranshofen (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwälte Puchberger, Berger & Partner
Wien (AT)

(54) **Selbstfahrender, hochdynamischer Fahrsimulator sowie Verfahren zur Simulation eines Übergangs von einem unbeschleunigten in einen beschleunigten Zustand**

(57) Die Erfindung betrifft insbesondere einen selbstfahrenden Fahrsimulator mit einem Maschinengestell (1), das über drei, bevorzugt vier oder mehr Radbaugruppen (2) auf einem Untergrund verfahrbar ist, wobei die Radbaugruppen (2) jeweils zumindest ein auf dem Untergrund verfahrbares Rad (4) umfassen, das um eine Lenkachse (5) drehbar angeordnet ist, wobei das Maschinengestell (1) mit einer Steuerkanzel (6) gekoppelt ist, die einen Sitz für eine Person sowie Bedienelemente zur Steuerung des Fahrsimulators umfasst, wobei die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) einen Drehfreiheitsgrad aufweist, sodass die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) um eine Hauptdrehachse (8) gedreht werden kann, und/oder wobei die Hauptdrehachse (8) bevorzugt im Wesentlichen ein Normalvektor der durch die Radaufstandsflächen der Räder (4) auf dem Untergrund aufgespannten Ebene ist.

Fig. 1



Beschreibung

SELBSTFAHRENDER, HOCHDYNAMISCHER FAHRSIMULATOR

[0001] Die Erfindung betrifft einen Fahrsimulator, insbesondere einen selbstfahrenden Fahrsimulator mit einem Maschinengestell, das über drei, bevorzugt vier oder mehr Radbaugruppen auf einem Untergrund verfahrbar ist, wobei die Radbaugruppen jeweils zumindest ein auf dem Untergrund verfahrbares Rad umfassen, das um eine Lenkachse drehbar angeordnet ist, wobei das Maschinengestell mit einer Steuerkanzel gekoppelt ist, die einen Sitz für eine Person sowie Bedienelemente zur Steuerung des Fahrsimulators umfasst.

[0002] Typische Anwendungsbereiche des Simulators liegen in den Bereichen der Fahrzeugentwicklung, Verkehrssicherheit, Mobilität, integralen Sicherheit, Fahrerassistenzsysteme und automotiven Grundlagenforschung.

[0003] Es sind Fahrsimulatoren bekannt, bei denen ein verfahrbarer Schlitten über Bewegungskomponenten in einem vorbestimmten Bewegungsraum verschoben werden können. Diese Bewegungskomponenten sind beispielsweise als Traversen, ähnlich einer Laufkatze, ausgeführt. Die Dynamik und die Einsatzflächen dieser Stand der Technik-Simulatoren sind durch die Masse der Bewegungskomponenten stark eingeschränkt. Dies macht die Simulation hochdynamischer Fahrmanöver unmöglich oder stark eingeschränkt.

[0004] Herkömmliche Fahrsimulatoren sind beispielsweise aus der US 2002 197 585 A1 und der GB 749 048 A bekannt.

[0005] Aus der angeführten US 2002197585 A1 ist eine Bewegungsplattform bekannt, bei der die angetriebenen Räder nicht lenkbar ausgeführt sind. Bei einer etwaigen Rotation im Stand, könnte diese Vorrichtung nur tangential angefahren werden, da für eine radiale Anfahrrichtung das Fahrgestell abrupt gebremst werden müsste, was in Anbetracht der hohen Masse des Fahrgestells nicht möglich ist.

[0006] Insbesondere betrifft die Erfindung einen Fahrsimulator, wie er in der österreichischen Gebrauchsmusteranmeldung (AT 14540 U1 2016-01-15) beschrieben ist.

[0007] Der Fahrsimulator kann als automobiles Versuchsfahrzeug ausgeführt sein, der ein voll funktionsfähiges Cockpit mit Sitz, Instrumentenbrett, Steuerelemente mit Kraftrückkopplung, Rückspiegel und/oder sonstige Bedienelemente umfasst. Das Cockpit kann entweder generisch oder gegebenenfalls typenspezifisch ausgeführt sein. Das nachgebildete Cockpit des Fahrzeuges kann ergonomisch und funktional möglichst genau dem Cockpit eines realen PKW entsprechen. Dies beinhaltet z.B. die Sicht durch die Front- und Seitenscheiben, die Innen- und Außenspiegel sowie die entsprechenden Merkmale der PKW-Karosserie (z.B. A- und B-Säulen, Mittelkonsole, Innenraum, Tür von innen etc.).

Das Cockpit und/oder die Steuerkanzel sind bevorzugt fest und insbesondere starr mit einem Element einer Bewegungsvorrichtung des Simulators verbunden, die eine aktiv gesteuerte oder geregelte Bewegung des Cockpits um vorbestimmte Freiheitsgrade gegenüber dem Maschinengestell zulässt.

[0008] Der Fahrsimulator ist bevorzugt als selbstfahrendes, aus einem Cockpit heraus steuerbares Fahrzeug ausgeführt, das von der Person im Cockpit sitzend insbesondere in-the-loop gesteuert werden kann.

[0009] Ferner kann eine Bildwiedergabefläche zur Darstellung einer realen oder computergenerierten Außensicht vorgesehen sein.

[0010] Die Räder sind bevorzugt als Reifen ausgeführt. Es können je nach Belastung handelsübliche PKW- Reifen oder LKW-Reifen verwendet werden.

[0011] Das Fahrzeug kann sich auf einer Fläche im Wesentlichen frei bewegen.

[0012] Beispielhafte, ausgewählte technische Parameter für eine bevorzugte Ausführung sind:

Querbeschleunigungen in x und y: ± 1 G; Bandbreite Quer-(lateral)-Beschleunigungen, Längs(longitudinal)-Beschleunigungen, Wanken: < 4 Hz (phasentreu - die phasentreue Darstellung bezieht sich insbesondere auf die Querbeschleunigung, inkl. Wanken, Gieren und auch auf die Längsbeschleunigung inkl. Nicken.); Bewegungsfläche in einer Halle: ca. 70 x 70 m oder größer; Geschwindigkeit bis ca. 50 km/h; Sichtfeld Außensicht: mind. 220° horizontal.

[0013] Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um einen hochdynamischen, selbstfahrenden Fahrsimulator. Dieser ist insbesondere derart ausgestaltet, dass alle zur Simulation notwendigen Komponenten am Fahrsimulator selbst vorgesehen sind. Dies betrifft insbesondere auch jene Komponenten, die zur Bewegung des Fahrsimulators notwendig sind. Aus diesem Grund kann der Fahrsimulator auf einer beliebigen geeigneten Fahrfläche oder einem beliebigen geeigneten Untergrund (z.B. Fahrflächen mit hinreichend ebenen Untergrund, der einen hinreichend hohen Reibwert besitzt, z.B. Asphaltflächen, Betonflächen, Kunststoffbeläge etc.) eingesetzt werden, wodurch der Einsatzbereich oder der Bewegungsbereich im Wesentlichen unbegrenzt ist. Beispielhafte Fahrflächen bzw. ein beispielhafter Untergrund sind Betonflächen oder Asphaltflächen, Straßenzüge etc. Durch die erfindungsgemäße Konfiguration hat der Simulator einen Einsatzbereich von beispielsweise mehr als 500 Meter.

[0014] Der erfindungsgemäße Fahrsimulator bzw. das erfindungsgemäße Verfahren dient gegebenenfalls der Simulation von hochdynamischen Fahrzuständen. Beispiele für derartige Fahrmanöver sind Slalomfahrten, Ausweichmanöver, Bremsmanöver etc. sowie Manöver bei hohen Geschwindigkeiten von über 50km/h oder über 80km/h.

[0015] Die Charakteristik eines Fahrzeugs, insbesondere das Verhalten eines realen Fahrzeugs unter derartigen Beschleunigungsänderungen, ist wesentlich für die Sicherheit und das Qualitätsempfinden des Fahrers. Moderne PKW-Fahrwerke sind hochkomplexe kinematische und insbesondere elastokinematische Vorrichtungen. Aufgabe moderner Fahrwerke ist es einerseits, das Fahrverhalten bzw. die Traktion zu optimieren. Andererseits ist es Aufgabe eines Fahrwerks, dem Fahrer eine fühlbare Rückmeldung über die herrschenden Kräfteverhältnisse zu geben. Die Intensität von Nick- oder Wankbewegungen beispielsweise soll eine nachvollziehbare Wiedergabe des herrschenden Fahrzustands widerspiegeln. Eine weitere grundlegende Aufgabe eines Fahrwerks ist auch die Verbesserung des Fahrkomforts.

[0016] Auch das Bremsverhalten oder das Beschleunigungsverhalten, insbesondere auch die Abstufung eines Getriebes tragen unmittelbar zum Fahrgefühl bei.

[0017] Der erfindungsgemäße Simulator ermöglicht eine flexible dynamische Simulation unterschiedlicher Fahrwerksauslegungen, Bremscharakteristiken, Beschleunigungscharakteristiken, Getriebeabstufungen etc.. Insbesondere können diese simulierten Fahreigenschaften und Charakteristiken durch einfache steuerungstechnische Wahlmöglichkeiten am Simulator verändert werden.

[0018] Durch die Ausgestaltung des Simulators ist es möglich, computergenerierte virtuelle Fahreigenschaften eines Fahrzeugs vor der Realisierung in einem Prototyp auf dem erfindungsgemäßen Fahrsimulator zu testen. Dadurch können in einer sehr frühen Phase der Fahrzeugentwicklung virtuell vorliegende Eigenschaften des zu konstruierenden Fahrzeugs in einer realen Umgebung getestet werden, ohne dafür die hohen Kosten eines Prototyps aufwenden zu müssen. Diese realen Tests der virtuell entwickelten Fahrmodelle sind jedoch nur mit einem hochdynamischen Fahrsimulator möglich, da anderenfalls die simulierten Abläufe zu stark von der Realität abweichen würden.

[0019] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Fahrsimulator zu schaffen, der eine Verbesserung der dynamischen Simulation dadurch ermöglicht,

- dass die zu simulierenden Sinnesindrücke so flexibel und realitätsnah wie möglich dargestellt werden,
- wobei gleichzeitig die Sinneseindrücke der Bedienperson weitest möglich von Störeinflüssen der realen Umwelt und/oder des Simulators entkoppelt sein sollen.

[0020] Dies umfasst insbesondere das synergetische Zusammenspiel zwischen

- der Verbesserung der Entkopplung der Kanzel vom Untergrund durch Optimierung der dynamischen Radkinematik
- und der Optimierung der Simulation von Beschleunigungszuständen durch die Bewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Untergrund und gegenüber dem Maschinengestell.

Durch beide Maßnahmen kann zusammen eine Verbesserung der dynamischen Simulation erzielt werden.

[0021] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird insbesondere durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0022] Die Entkopplung der Kanzel von Störeinflüssen der Umwelt und des Untergrunds geschieht insbesondere durch eine Kinematikanordnung, eine Bewegungsvorrichtung und gegebenenfalls durch eine Führungsvorrichtung und/oder eine abgeschlossene Steuerkanzel oder Außenhülle, durch die reale optische oder akustische Sinneseindrücke der Außenwelt abgeschirmt werden.

[0023] Die Verbesserung der dynamischen Radkinematik wird ebenfalls durch diese Komponenten erzielt, wobei insbesondere die Drehbarkeit der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell sowie die Drehbarkeit der Radbaugruppen und die Kinematikanordnung erheblichen Einfluss darauf haben, dass der selbstfahrende Fahrsimulator zur Simulation hochdynamischer Bewegungen geeignet ist.

[0024] Die Erfindung betrifft insbesondere einen selbstfahrenden Fahrsimulator mit einem Maschinengestell, das über drei, bevorzugt vier oder mehr Radbaugruppen auf einem Untergrund verfahrbar ist, wobei die Radbaugruppen jeweils zumindest ein auf dem Untergrund verfahrbares Rad umfassen, das um eine Lenkachse drehbar angeordnet ist, wobei das Maschinengestell mit einer Steuerkanzel gekoppelt ist, die einen Sitz für eine Person sowie Bedienelemente zur Steuerung des Fahrsimulators umfasst, wobei die Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell einen Drehfreiheitsgrad aufweist, sodass die Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell um eine Hauptdrehachse gedreht werden kann, und/oder wobei die Hauptdrehachse bevorzugt im Wesentlichen ein Normalvektor der durch die Radaufstandsflächen der Räder auf dem Untergrund aufgespannten Ebene ist.

[0025] Weitere oder alternative Merkmale können sein, dass zumindest eine Radbaugruppe einen Radantrieb zum Antrieb eines Rades um die Radachse umfasst, wobei bevorzugt mehrere Radbaugruppen oder alle Radbaugruppen jeweils zumindest einen Radantrieb zum Antrieb eines Rades um die jeweilige Radachse umfassen, dass ein Radantrieb für zumindest ein Rad einer Radbaugruppe vorgesehen ist, der gegebenenfalls nicht starr bzw. über eine Kinematikanordnung mit der Radbaugruppe verbunden ist, dass das Rad oder dass die Räder jeder Radbaugruppe über 360° , insbesondere beliebig, unbegrenzt und/oder in beide Drehrichtungen um die Lenkachse drehbar sind, dass die Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell über 360° , bevorzugt beliebig um die Hauptdrehachse drehbar ist, dass die Räder einer, zweier, dreier, oder aller Radbaugruppen über einen Lenkantrieb aktiv lenkbar um die jeweilige Lenkachse drehbar angeordnet sind, dass pro Radbaugruppe zwei Räder vorgesehen sind, dass der Lenkantrieb durch einen Drehantrieb der Lenkachse ausgebildet ist und/oder dass der Lenkantrieb durch einen Drehzahlunterschied zweier beabstandeter und um ihre jeweilige Radachse angetriebener Räder einer Radbaugruppe angetrieben, gebildet oder unterstützt ist.

[0026] Weiters oder alternativ kann vorgesehen sein, dass die Radbaugruppen und/oder die Räder über eine Kinematikanordnung, die insbesondere als Fahrwerk ausgestaltet ist, mit dem Maschinengestell verbunden sind, wobei die Kinematikanordnung zur Dämpfung und/oder Federung von Unebenheiten des Untergrundes elastische und/oder dämpfende Elemente wie beispielsweise eine Feder-Dämpfer-Anordnung und eine Radaufhängung umfasst, dass über die Kinematikanordnung eine Relativbewegung des Maschinengestells gegenüber dem Untergrund, den Rädern und/oder den Radbaugruppen ermöglicht ist und/oder dass die Relativbewegung insbesondere in oder entlang der Richtung der Hauptdrehachse ermöglicht ist.

[0027] Ferner oder alternativ kann vorgesehen sein, dass eine Bewegungsvorrichtung vorgesehen ist, über die die Steuerkanzel mit dem Maschinengestell verbunden oder gekoppelt ist, wobei durch die Bewegungsvorrichtung eine aktive Drehung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell um die Hauptdrehachse ermöglicht ist, dass über die Bewegungsvorrichtung eine Neigung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell um die Nickachse und/oder die Rollachse ermöglicht ist, dass über die Bewegungsvorrichtung eine translatorische Bewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht ist, dass insbesondere eine translatorische Bewegung in oder entlang der Hauptdrehachse, eine Parallelverschiebung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell und/oder eine Hubbewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht ist, dass eine kardanische Aufhängung vorgesehen ist, über die die Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell geneigt werden kann, dass bevorzugt zwei Trägerelemente vorgesehen sind, dass das erste Trägerelement um eine erste Drehachse neigbar mit dem Maschinengestell verbunden ist, dass das zweite Trägerelement um eine zweite Drehachse neigbar mit dem ersten Trägerelement verbunden ist und/oder dass die erste Drehachse und die zweite Drehachse im Wesentlichen orthogonal zueinander verlaufen.

[0028] Ferner oder alternativ kann vorgesehen sein, dass eine Parallelkinematikanordnung vorgesehen ist, über die die Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell geneigt werden kann, dass die Parallelkinematikanordnung bevorzugt als Dreibein, als hydraulisches Dreibein, als pneumatisches Dreibein, als elektrisch angetriebenes Dreibein, als Sechshein, als hydraulisches Sechshein, als pneumatisches Sechshein oder als elektrisch angetriebenes Sechshein ausgebildet ist, dass eine Führungsvorrichtung vorgesehen ist, die einerseits mit der Steuerkanzel und andererseits mit dem Maschinengestell oder einem Teil der Bewegungsvorrichtung gekoppelt ist, wobei die Führungsvorrichtung derart ausgestaltet ist, dass eine Drehung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell um die Hauptdrehachse, dass eine Neigung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell um die Nickachse und/oder die Rollachse, und/oder dass eine translatorische Hubbewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht sind, und/oder dass alle anderen Freiheitsgrade der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell durch die Führungsvorrichtung im Wesentlichen gesperrt sind.

[0029] Ferner oder alternativ kann vorgesehen sein, dass ein Drehträger vorgesehen ist, der über ein Drehträgerlager und einen Drehträgerantrieb gegenüber dem Maschinengestell drehbar angeordnet ist, dass an dem Drehträger die Parallelkinematikanordnung, die kardanische Aufhängung und/oder die Führungsvorrichtung (23) angreifen oder vorgesehen sind.

[0030] Ferner oder alternativ kann vorgesehen sein, dass der Fahrsimulator als autark verfahrbarer und von einer Person aus der Steuerkanzel steuerbarer Fahrsimulator ausgebildet ist, dass mitfahrend mit dem Maschinengestell verbunden und über die Radbaugruppen des Maschinengestells am Untergrund abgestützt zumindest ein Radantrieb zum Verfahren des Fahrsimulators, ein Lenkantrieb zur Lenkung des Fahrsimulators, eine Bewegungsvorrichtung zur Relativbewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell und/oder ein Energiespeicher zur Bereitstellung der Energie für die Antriebe des Radantriebs, des Lenkantriebs und der Bewegungsvorrichtung vorgesehen sind, dass eine Außenhülle vorgesehen ist, die mit der Steuerkanzel, dem Drehträger oder dem Maschinengestell starr verbunden ist, dass die Außenhülle als Hohlkörper ausgeführt ist, der die Steuerkanzel, das Cockpit und/oder den Sitz zur Aufnahme der Person zumindest teilweise, bevorzugt vollständig umgibt, dass an der Außenhülle eine Bildwiedergabefläche vorgesehen ist, die sich bevorzugt über zumindest einen Großteil des Gesichtsfeldes der Person erstreckt und bevorzugt der Innenseite der Außenhülle folgend ausgebildet ist und/oder dass die Außenhülle fest oder drehfest mit dem Maschinengestell, der Steuerkanzel und/oder dem Cockpit verbunden ist.

[0031] Ferner betrifft die Erfindung ein beispielhaftes Verfahren zur Simulation eines Übergangs von einem unbeschleunigten Zustand in einen beschleunigten Zustand ausgeführt auf einem erfindungsgemäßen Fahrsimulator folgende Schritte:

- a. Antreiben und Abrollen der Räder der Radbaugruppen auf dem Untergrund, wobei die Raddrehachsen aller Räder die Hauptdrehachse schneiden, sodass das Ma-

- schinengestell in eine erste Drehrichtung mit einer ersten Winkelgeschwindigkeit um die Hauptdrehachse rotiert,
- b. Gleichzeitiges Drehen der Steuerkanzel um die Hauptdrehachse in eine zweite Drehrichtung mit einer zweiten Winkelgeschwindigkeit, wobei die zweite Drehrichtung der ersten Drehrichtung entgegengesetzt ist, und die zweite Winkelgeschwindigkeit der ersten Winkelgeschwindigkeit entgegengesetzt ist, sodass die Steuerkanzel gegenüber dem Untergrund im Wesentlichen still steht und unbeschleunigt ist,
 - c. Verdrehung der angetriebenen und abrollenden Räder um die Lenkachse, sodass zumindest eine Raddrehachse, bevorzugt mehrere Raddrehachsen einen Abstand zur Hauptdrehachse der Steuerkanzel aufweisen, sodass die Steuerkanzel zumindest translatorisch bewegt wird und eine Beschleunigung erfährt.

[0032] Der Fahrsimulator umfasst ein Maschinengestell, zumindest drei, bevorzugt vier, fünf, sechs, sieben, acht oder mehr Radbaugruppen, die mit dem Maschinengestell gekoppelt sind und eine Verfahrbarkeit des Maschinengestells ermöglichen. Die Radbaugruppen umfassen jeweils zumindest ein Rad, bevorzugt zwei Räder. Dieses Rad bzw. diese Räder rollen auf einem beliebigen geeigneten Untergrund ab. Zumindest ein Rad ist durch einen Radantrieb um eine Radachse antreibbar. Dies ermöglicht ein Verfahren des Simulators. Bevorzugt sind mehrere Räder durch einen Radantrieb oder durch jeweils einen Radantrieb angetrieben. Dabei können pro Radbaugruppe beispielsweise zwei Räder vorgesehen sein, die beide angetrieben sind. Ferner können auch die Räder mehrerer oder aller Radbaugruppen angetrieben sein.

[0033] Die Radbaugruppen sind jeweils um eine Lenkachse drehbar angeordnet. Die Lenkachse ermöglicht die Anpassung der Richtung, in die das jeweilige Rad rollen soll. Bevorzugt ist pro Radbaugruppe eine Lenkachse vorgesehen, um die das Rad oder die Räder der jeweiligen Radbaugruppe drehbar sind. Diese Lenkachse kann als aktiv gedrehter Lenker ausgeführt sein, deren Drehung durch einen Drehantrieb angetrieben ist. Alternativ oder zusätzlich kann die Verdrehung der Radbaugruppe um die Lenkachse auch dadurch erfolgen, dass zwei Räder einer Radbaugruppe eine unterschiedliche Drehzahl aufweisen oder mit unterschiedlicher Drehzahl angetrieben sind. Dadurch wirkt ein Moment auf den Lenker und/oder um die Lenkachse, wodurch die Radbaugruppe verdreht wird.

[0034] Beispielsweise können zwei Räder einer Radbaugruppe jeweils durch einen Radnabenmotor angetrieben sein, die getrennt angesteuert werden können. Um ein Geradeausfahren der beiden Räder der Radbaugruppe zu bewirken, ist die Drehzahl beider Räder im Wesentlichen gleich. Um eine Verdrehung der Radbaugruppe um die Lenkachse zu bewirken, weicht die Drehzahl eines Rades einer Radbaugruppe von dem weiteren Rad derselben Radbaugruppe ab, wodurch die Räder der Radbaugruppe um die Lenkachse verdreht werden.

[0035] Gegebenenfalls können in allen Ausführungsformen Räder vorgesehen sein, die um eine Lenkachse drehbar angeordnet sind, jedoch nicht aktiv gelenkt sind, sondern lediglich passiv der Fahrtrichtung des Simulators folgen. In dieser Ausführungsform kann es vorteilhaft sein, dass die Räder einen gewissen Nachlauf aufweisen, um die passive Lenkbarkeit der Räder zu verbessern.

[0036] Ferner können in allen Ausführungsformen Räder vorgesehen sein, die nicht angetrieben sind und im Wesentlichen der Lastabtragung bzw. der besseren Verteilung der Last dienen.

[0037] Die Räder und/oder die Radbaugruppen sind über eine Kinematikanordnung mit dem Maschinengestell gekoppelt. Diese Kinematikanordnung erlaubt eine Relativbewegung der Räder und/oder der Radbaugruppen gegenüber dem Maschinengestell. Beispielsweise umfasst die Kinematikanordnung eine Kombination einer Radaufhängung mit einem Feder-Dämpfer-Element. Diese Kinematikanordnung entspricht einem Fahrwerk im technischen Sinne. Durch die Kinematikanordnung können beispielsweise Bodenunebenheiten des Untergrunds abgefedert und gedämpft werden. Dies trägt zur Entkoppelung der Steuerkanzel vom Untergrund bei. Die Radaufhängung kann z.B. als Doppelquerlenkerachse, Kurbellenkerachse, Längslenkerachse, MacPherson-Federbein-Achse, Pendelachse, Raumlener-/Mehrlener-Achse, Schräg-

lenkerachse, Schwinge etc. ausgebildet sein.

[0038] Gegebenenfalls können elastische Lager verwendet werden, um elastokinematische Fahrwerkseffekte nützen zu können.

[0039] Ferner ist durch die Koppelung des Maschinengestells mit zumindest einem Rad über eine Kinematikanordnung zumindest ein Freiheitsgrad gegeben, der eine Relativbewegung des Maschinengestells gegenüber dem Rad und damit gegenüber dem Untergrund ermöglicht. Die Kinematikanordnung kann somit nicht nur zur Eliminierung von Störeinflüssen des Untergrunds verwendet werden, sondern beispielsweise auch zur Neigung des Maschinengestells oder für eine Hubbewegung des Maschinengestells eingesetzt werden.

[0040] So können die durch die Elastizität der Kinematikanordnung ermöglichten Bewegungen des Maschinengestells gegenüber dem Untergrund dazu verwendet werden, einen Teil oder die gesamte Bewegung darzustellen, die simuliert werden soll. Beispielsweise treten bei Beschleunigungsänderungen des Simulators durch die Kinematikanordnung Nick- oder Wankbewegungen auf. Diese können durch die Bewegungsvorrichtung kompensiert werden. Wirken diese Bewegungen der Kinematikanordnung jedoch zumindest teilweise in dieselbe Richtung wie die zu simulierende Nick- oder Wankbewegung, so kann die Bewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell durch die Bewegungsvorrichtung um diesen Anteil geringer sein.

[0041] Ferner können auch Hubbewegungen zumindest teilweise durch die Kinematikanordnung ausgeführt werden.

[0042] Gegebenenfalls sind zwei Räder einer Radbaugruppe gelenkig mit der Radaufhängung, dem Fahrwerk, dem Lenker oder der Kinematikanordnung verbunden, wobei die Drehachse des Gelenks derart ausgestaltet ist, sodass die Radlasten gleichmäßig auf beide Räder einer Radbaugruppe verteilt sind. So kann beispielsweise ein Träger vorgesehen sein, an dem beidseitig jeweils ein Rad gelagert ist. Mittig weist der Träger ein Drehgelenk auf, über das er mit der Radaufhängung, dem Fahrwerk, dem Lenker oder der Kinematikanordnung verbunden ist. Ferner sind durch das Fahrwerk die Bildung einer maximalen effektiven Latschfläche in Abhängigkeit von der Fahrsituation und eine für hochdynamische Fahrmanöver günstige erhöhte Fahrdynamik ermöglicht.

[0043] Das Maschinengestell ist ferner mit einer Steuerkanzel gekoppelt, auf oder in der sich bevorzugt ein Sitz für die Bedienerperson befindet. Die Steuerkanzel ist über eine Bewegungsvorrichtung mit dem Maschinengestell gekoppelt. Die Bewegungsvorrichtung kann beispielsweise als kardanische Aufhängung oder als Parallelkinematik-Vorrichtung ausgeführt sein. Insbesondere ist die Bewegungsvorrichtung dazu eingerichtet, eine Bewegung der Steuerkanzel und/oder der Person gegenüber dem Maschinengestell zu ermöglichen.

[0044] Diese Beweglichkeit kann passiv oder aktiv sein. Bei einer aktiven Bewegung werden Antriebe verwendet, die über eine geeignete Steuerung eine Bewegung der Steuerkanzel und/oder der Person gegenüber dem Maschinengestell bewirken. Beispiele für derartige Antriebe sind Parallelkinematik-Vorrichtung wie Dreibeine oder Sechsheine, die über pneumatische, hydraulische oder elektrische Antriebe betätigt werden. Eine weitere Möglichkeit sind kardanische Aufhängungen, bei denen mehrere Trägerelemente drehbar in Serie aneinander gereiht sind. Diese Trägerelemente können über Drehantriebe oder Linearantriebe gegenüber einander verdreht werden, wodurch eine Neigung der Steuerkanzel und/oder der Person gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht ist.

[0045] Eine passive Bewegbarkeit wird beispielsweise durch eine elastische Lagerung der Steuerkanzel am Maschinengestell erzielt. Durch Beschleunigungen, wie z.B. Richtungsänderungen des fahrenden Fahrsimulators, wirken Trägheitskräfte auf die Steuerkanzel und auf das Maschinengestell. Diese Trägheitskräfte können verwendet werden, um Nickbewegungen oder Wankbewegungen der Steuerkanzel zu bewirken. Beispielsweise kann die Steuerkanzel über ein Dreibein oder ein Sechshein aus Feder-Dämpfer-Anordnungen mit dem Maschinengestell gekoppelt sein. Gegebenenfalls kann die Feder bzw. die Dämpfungscharakteristik der einzelnen elastischen Elemente dynamisch verändert werden. Dies kann beispielsweise durch Regelventi-

le oder durch rheologische Flüssigkeiten mit variabler Viskosität in den Dämpfereinheiten bewirkt werden.

[0046] Ferner kann die vorliegende Erfindung derart ausgestaltet sein, dass zur Führung der Bewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell eine Führungsvorrichtung vorgesehen ist. Diese Führungsvorrichtung entspricht im Wesentlichen einer Aneinanderreihung gelenkig miteinander verbundener Einzelelemente. Durch die Art der Verbindung der Einzelelemente weist die Führungsvorrichtung eine begrenzte Anzahl an Freiheitsgraden auf. So kann die Führungsvorrichtung derart ausgestaltet sein, dass Nick- und/oder Rollbewegungen der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht sind. Weiters kann eine Hubbewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht sein. Die Führungsvorrichtung kann dabei auch derart ausgestaltet sein, dass seitliche translatorische Bewegungen der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell verhindert sind. Dies hat den Vorteil, dass Massenkräfte, die durch Seitenbeschleunigungskräfte oder Longitudinalbeschleunigungskräfte auf die Bewegungsvorrichtung wirken, durch die Führungsvorrichtung abgefangen werden. Wird beispielsweise der Fahrsimulator beschleunigt, so wird die Kanzel durch die Massenträgheitskraft nach hinten gezogen. Dies bewirkt an der Verbindungsstelle zwischen der Bewegungsvorrichtung und der Steuerkanzel einerseits ein Moment um eine Nickachse und andererseits eine geradlinige Trägheitskraft, die im Wesentlichen dem Beschleunigungsvektor entgegengesetzt ist. Um derartige horizontal verlaufende Beschleunigungskräfte abzufangen, kann eine seitliche oder längs verlaufende Parallelverschiebung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell durch die Führungsvorrichtung verhindert sein.

[0047] Bevorzugt weist die Führungsvorrichtung zwei Drehfreiheitsgrade auf, die eine Neigung der Kanzel gegenüber dem Maschinengestell um eine Nickachse und/oder um eine Rollachse ermöglichen. Gegebenenfalls ist die Verbindungsstelle als Kreuzgelenk ausgeführt. Dieses Kreuzgelenk kann über einen oder mehrere Arme mit dem Maschinengestell gekoppelt sein. Dadurch ist eine Hubbewegung ermöglicht. Diese Hubbewegung weist eine Komponente auf, die im Wesentlichen parallel zu einer Gierachse oder zur Hauptdrehachse verläuft. Jedoch ist bei einer armförmigen Ausgestaltung keine exakte lineare Bewegung, sondern eine Hubbewegung entlang einer gekrümmten Bewegungsspur ermöglicht.

[0048] Bevorzugt ist die Bewegungsvorrichtung derart ausgestaltet, dass sie mit der Kanzel mitgedreht werden kann. Dazu sind die Bewegungsvorrichtung und gegebenenfalls auch die Führungsvorrichtung mit einem Drehträger gekoppelt und/oder verbunden.

[0049] Der Drehträger ist ein Bauteil, der eine Drehung, insbesondere eine unbegrenzte Drehung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht. An dem Drehträger sind bevorzugt die Komponenten Bewegungsvorrichtung und/oder Führungsvorrichtung vorgesehen.

[0050] Der Drehträger kann beispielsweise korb förmig oder wannen förmig ausgeführt sein. Dadurch kann der Schwerpunkt des Simulators niedrig gehalten werden. Ferner kann der Drehträger auch scheiben förmig, ring förmig, als Drehteller oder als Drehring ausgeführt sein.

[0051] Bevorzugt ist der Fahrsimulator derart ausgebildet, dass alle notwendigen Antriebe und Einrichtungen zur Bewegung des Simulators und zur Simulation im oder am selbstfahrenden Simulator vorgesehen sind. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Simulator derart ausgestaltet, dass die Energieversorgung, insbesondere Energiespeicher wie Akkus, Batterien, Treibstoff für einen Verbrennungsmotor, einen Generator und/oder eine Brennstoffzelle etc. am oder im Fahrsimulator vorgesehen sind. Die Energieversorgung kann auch mittels Batterien und gegebenenfalls zusätzlichen (kurzzeitig) wirkenden Energiespeichern wie z.B. Kondensatoren realisiert werden.

[0052] Gegebenenfalls kann aber auch eine externe Energiequelle vorgesehen sein, die z.B. als Schleifkontakt, als Schleppkabel, als berührungslose Energieübertragungseinrichtung wie insbesondere eine induktive Energieübertragungseinrichtung oder ähnliches ausgeführt sein kann.

[0053] Zur Speicherung der Energie kann ein Energiespeicher vorgesehen sein, der insbesondere als Akkumulator ausgeführt sein kann. Bevorzugt sind mehrere Energiespeichermodule vorgesehen. Diese können beispielsweise am Maschinengestell vorgesehen sein. Gegebenenfalls können diese Energiespeicher jedoch auch an der Steuerkanzel und insbesondere am Drehträger vorgesehen sein. Bevorzugt sind die Akkumulatoren so tief wie möglich angeordnet, sodass der Schwerpunkt des Fahrsimulators tief gehalten wird.

[0054] Zur Übertragung der Energie sind Leitungen vorgesehen, die sich von dem Energiespeicher bis zu den Energieverbrauchern erstrecken. Derartige Energieverbraucher sind beispielsweise Antriebe, Steuerungseinheiten, Sensoren, Bildwiedergabeflächen, Datenverarbeitungseinheiten wie beispielsweise Computer, Beleuchtungen etc.. Um Energie von dem Maschinengestell auf bewegte Komponenten wie beispielsweise auf die Steuerkanzel oder von dem Maschinengestell auf die Räder bzw. deren Antriebe zu übertragen, können gemäß einer bevorzugten Ausführungsform Schleifringe vorgesehen sein. Durch diese Schleifringe ist eine Energieübertragung auf Komponenten ermöglicht, die eine beliebige und unbegrenzte Drehbarkeit aufweisen.

[0055] Eine Schleifringübertragung kann beispielsweise zwischen der Steuerkanzel und dem Maschinengestell und zwischen den Radbaugruppen und dem Maschinengestell vorgesehen sein.

[0056] Gegebenenfalls ist auch ein Mediumtransport eines flüssigen Mediums über Drehdurchführungen von Nöten. Beispielsweise könnte ein Kühlmedium oder ein Medium eines Hydrauliksystems auf drehbar angeordnete Komponenten übertragen werden. Beispielsweise kann ein Kühlmedium an Radantriebe geleitet werden, wobei die Radantriebe an den drehbar angeordneten Radbaugruppen vorgesehen sind und die Kühlpumpe bzw. der Wärmetauscher am Maschinengestell. Ferner könnte eine gegebenenfalls unter Druck stehende Hydraulikflüssigkeit von dem Maschinengestell an den Drehträger und insbesondere an das Dreibein geleitet sein. Auch hierbei kann die Übertragung über eine Drehdurchführung geschehen.

[0057] Gegebenenfalls werden auch Daten oder Schwachstrom-Signale über Schleifringe bzw. Schleifdurchführungen übertragen. So werden Steuersignale oder Signale von Sensoren gegebenenfalls auf oder von drehbar gegenüber einander angeordneten Komponenten übertragen. Zur Übertragung unterschiedlicher Daten- oder Energieflüsse, können konzentrisch angeordnete Drehübertragungseinrichtungen wie insbesondere Schleifring, Drehüberträger und/oder Drehdurchführungen vorgesehen sein.

[0058] Die Radantriebe können in allen Ausführungsformen, beispielsweise Radnabenmotoren sein. Gemäß einer weiteren, alternativen Ausführungsform der Radantriebe können diese in allen Ausführungsbeispielen als mit dem Maschinengestell gekoppelte Rotationsantriebe ausgeführt sein, die die Rotation über eine Welle an die Räder übertragen. Die Welle ist beispielsweise coaxial mit der Lenkachse angeordnet. Die Verteilung der Energie auf mehrere Räder einer einzigen Radbaugruppe kann über ein Differential erfolgen. Der Radantrieb kann dabei an der Radbaugruppe vorgesehen sein oder am Maschinengestell. Ist der Radantrieb am Maschinengestell angeordnet, so ist bevorzugt ein Kardangelenkgestell vorgesehen, um die Drehenergie des Antriebs auf die gegenüber dem Maschinengestell beweglich angeordneten Räder zu übertragen.

[0059] Die Steuerkanzel des Simulators umfasst einen Sitz für eine Person. Ferner umfasst die Steuerkanzel bevorzugt Bedienelemente zur Steuerung des Fahrsimulators. Diese Bedienelemente können den Bedienelementen eines PKWs oder eines anderen Fahrzeugs nachgebildet sein. Durch Betätigung dieser Bedienelemente kann der Simulator in der realen und/oder der virtuellen, simulierten Umgebung bewegt und gesteuert werden. Die Steuerkanzel kann von einer Außenhülle umgeben sein, die gegebenenfalls geschlossen ausgeführt ist, sodass keine Außensicht der Person gegeben ist. Sinneseindrücke der Umwelt werden in dieser Ausführungsform über Bildwiedergabeflächen dargestellt. Es handelt sich bei dieser Simulation um eine Fahrsimulation in einer virtuellen computergenerierten Umgebung.

[0060] Gegebenenfalls kann jedoch auch eine Außensicht ermöglicht sein, sodass die Person die Sinneseindrücke einer realen Umgebung erhält.

[0061] In oder an der Steuerkanzel ist bevorzugt zumindest ein Teil des zu simulierenden Fahrzeugs nachgebildet. Beispielsweise kann ein nachgebildetes Cockpit eines PKWs an der Steuerkanzel vorgesehen sein, um eine realitätsnahe Simulation zu ermöglichen.

[0062] Ferner kann auch ein kompletter PKW in oder an der Steuerkanzel vorgesehen sein. Dies bringt jedoch den Nachteil erhöhter Masse und dadurch erhöhter Trägheitskräfte mit sich.

[0063] In allen Ausführungsformen der Erfindung können die Steuerkanzel und die Außenhülle unterschiedlich ausgeführt sein:

- Die Steuerkanzel kann fest mit einer Außenhülle verbunden sein. In diesem Fall ist die Außenhülle ein Teil der Steuerkanzel.
- Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Außenhülle auch fest mit dem Maschinengestell verbunden sein. In dieser Ausführungsform weist die Steuerkanzel zumindest einen Freiheitsgrad gegenüber der Außenhülle auf. Die Steuerkanzel ist in diesem Fall als Träger für den Sitz oder als Träger für das Cockpit ausgebildet. Gegebenenfalls ist die Steuerkanzel das Cockpit.
- Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Außenhülle fest mit dem Drehträger verbunden sein. In diesem Fall wird die Außenhülle mit dem Drehträger mitgedreht, wobei eine Neigung der Steuerkanzel gegenüber der Außenhülle um die Nick- und/oder Rollachse oder eine Hubbewegung möglich ist. Auch in diesem Fall kann die Steuerkanzel als Träger für den Sitz oder als Träger für das Cockpit ausgebildet sein oder gegebenenfalls ist die Steuerkanzel das Cockpit.
- Die Außenhülle kann geschlossen ausgeführt sein um eine Außensicht zu verhindern.
- Die Außenhülle kann Öffnungen aufweisen, um eine Durchsicht zu ermöglichen.
- Gegebenenfalls kann die Außenhülle auch entfallen, womit eine freie Außensicht gegeben ist.
- Gegebenenfalls kann die Außenhülle derart ausgebildet sein, dass sie selbsttragend ist.
- Gegebenenfalls ist die Außenhülle derart ausgebildet, dass weitere Komponenten wie beispielsweise Projektoren für die Bildwiedergabefläche, das Cockpit, oder weitere Komponenten wie beispielsweise Tonwiedergabegeräte, Datenverarbeitungseinrichtungen wie insbesondere Computer etc. an der Außenhülle befestigt sein können, bzw. dass die Außenhülle dazu eingerichtet ist, diese Komponenten auch unter erhöhter Beschleunigung zu tragen.

[0064] In weiterer Folge werden einige Begriffe zur Verbesserung der Klarheit definiert:

[0065] Die dem Fachmann bekannten Achsen der Fahrzeug- bzw. der Fahrwerksentwicklung werden wie folgt definiert:

Die Nickachse entspricht einer bezüglich der Blickrichtung der Bedienperson bei geradeaus gerichtetem Blick und/oder bezüglich der Längsachse des simulierten Fahrzeugs querverlaufenden Achse. Eine Nickbewegung eines realen oder simulierten Fahrzeuges um die Nickachse wird beispielsweise durch eine geradlinige Beschleunigung oder eine Verzögerung bewirkt.

[0066] Die Rollachse verläuft im Wesentlichen in Längsrichtung des simulierten Fahrzeugs und somit im Wesentlichen parallel zur Blickrichtung der Bedienperson bei geradeaus gerichtetem Blick. Eine Neigung des Fahrzeugs um die Rollachse geschieht beispielsweise bei Kurvenfahrten, wenn die äußere Radaufhängung nachgibt. Dem Fachmann ist diese Bewegung auch als Wanken bekannt.

[0067] Die Gierachse entspricht im Wesentlichen der Hochachse des simulierten Fahrzeugs oder der Person. Eine Drehung um die Gierachse geschieht beispielsweise bei Kurvenfahrten.

[0068] Diese Achsen sind nicht zwingend starr gegenüber dem Fahrsimulator, dem simulierten Fahrzeug, der Steuerkanzel oder der Bedienperson festgelegt, da sich die Lage der Achsen

durch dynamische Relativbewegungen einzelner Komponenten verändern kann.

[0069] Bei dem erfindungsgemäßen Simulator sind diese Achsen als feste Achsen bezüglich der Person bzw. des Cockpits oder der Steuerkanzel definiert. Ist die Steuerkanzel im Wesentlichen fest mit der Außenhülle verbunden, so gelten die Definitionen der Achsen auch für die Außenhülle.

[0070] Nickbewegungen, Rollbewegungen und Gierbewegungen der Person können durch die erfindungsgemäße Vorrichtung im Rahmen der kinematischen Möglichkeiten frei simuliert werden.

[0071] Die Erfindung wird nun anhand der Figuren weiter beschrieben.

[0072] Fig. 1 zeigt eine schematische Schrägansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Fahrsimulators.

[0073] Fig. 2 zeigt eine Schnittdarstellung eines erfindungsgemäßen Fahrsimulators.

[0074] Fig. 3 zeigt ein Detail der Bewegungsvorrichtung in einer Schrägansicht.

[0075] Die Fig. 4a und 4b zeigen Details der Bewegungsvorrichtung und insbesondere des Drehträgers.

[0076] Fig. 5 zeigt eine exemplarische Ausführung einer Kinematikanordnung.

[0077] Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bewegungsvorrichtung.

[0078] Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Simulators mit einem Maschinengestell 1, vier Radbaugruppen 2, einer Steuerkanzel 6, die über eine Bewegungsvorrichtung 16 mit dem Maschinengestell 1 verbunden oder gekoppelt ist. Die Radbaugruppen 2 umfassen in der vorliegenden Ausführungsform jeweils zwei Räder 4. Diese Räder können gegebenenfalls um ihre Radachse 11 angetrieben sein. Die Räder zumindest einer Radbaugruppe sind angetrieben. Bevorzugt sind die Räder von zwei, drei oder mehr Radbaugruppen angetrieben. Erfindungsgemäß können, bei Ausführungsformen, bei denen zwei Räder 4 pro Radbaugruppe 2 vorgesehen sind, beide Räder 4 gemeinsam durch einen Radantrieb 10 oder getrennt voneinander durch unabhängige Radantriebe 10 angetrieben sein.

[0079] Die Räder einer Radbaugruppe 2 können über einen Lenkantrieb 9 um die Lenkachse 5 geschwenkt oder gedreht werden. Diese Schwenk- oder Drehbarkeit ist bevorzugt in beide Richtungen unbegrenzt. Durch diese Bewegung um die Lenkachse 5 ist die Fahrtrichtung der einzelnen Radbaugruppen wählbar und steuerbar. Der Lenkantrieb 9 kann wie in der vorliegenden Ausführung als Rotationsantrieb ausgeführt sein, durch den die Stellung der Räder 4 und eines Lenkers 27 verändert werden kann.

[0080] Gemäß einer weiteren nicht dargestellten Ausführungsform kann die Drehung der Räder 4 um die Lenkachse 5 auch durch Steuerung von Drehzahlunterschieden zwischen den beiden an einer Radbaugruppe 2 vorgesehenen Rädern 4 erzielt werden. Beispielsweise ist jedes der beiden Räder einer Radbaugruppe 2 durch einen Radantrieb angetrieben. Bevorzugt kommen Radnabenmotoren zum Einsatz. Durch Drehzahlunterschiede der beiden Räder einer Radbaugruppe kommt es zu unterschiedlichen Fahrwegen und dadurch zu einem Lenkmoment der beiden Räder um die Lenkachse 5. Bei einer derartigen Ausführungsform kann ein aktiver Lenkantrieb als eigener Antrieb entfallen oder durch die Radantriebe unterstützt sein.

[0081] Die Radbaugruppen und/oder die Räder 4 sind über eine Kinematikanordnung 12 mit dem Maschinengestell 1 gekoppelt. Diese Kinematikanordnung umfasst bevorzugt elastische und dämpfende Elemente 13, insbesondere eine Feder-Dämpfer-Anordnung 14 sowie eine Radaufhängung 15. Ferner kann die Kinematikanordnung einen Radträger 26 umfassen, der schwenkbar am Lenker 27 vorgesehen ist, um eine gleichmäßige Verteilung der auf die Radbaugruppe 2 wirkenden Kräfte auf beide Räder 4 zu bewirken.

[0082] Der Radträger 26 ist dabei um eine Drehachse schwenkbar am Lenker 27 vorgesehen. Die Drehachse des Radträgers 26 zum Lenker 27 verläuft beispielsweise horizontal oder leicht von der horizontalen Richtung abweichend.

[0083] Ferner umfasst der erfindungsgemäße Simulator eine Steuerkanzel 6. An dieser Steuerkanzel 6 ist schematisch eingezeichnet ein Cockpit 28 des zu simulierenden Fahrzeugs vorgesehen. Dieses Cockpit 28 ist beispielsweise der vordere Teil eines PKW, ein Nachbau eines vorderen Teils eines PKW, ein Nachbau eines gesamten PKW, eine Führerstand eines beliebigen Fahrzeugs, ein Nachbau einer Führerstands eines beliebigen Fahrzeugs und umfasst insbesondere einen Sitz und Bedienelemente wie beispielsweise ein Lenkrad, ein Gaspedal und eine Bremse.

[0084] Dieses Cockpit 28 ist bevorzugt starr an der Steuerkanzel 6 festlegbar. Jedoch kann zur Auswechslung des Cockpits 28 eine verschließbare Öffnung 29 in der Außenhülle 40 vorgesehen sein, durch die unterschiedliche Cockpits auf die Steuerkanzel und in die Außenhülle eingebracht oder entfernt werden können. Ferner kann die Öffnung auch durch eine Tür verschlossen werden, um das Ein- und Aussteigen einer Bedienperson zu ermöglichen.

[0085] Die Außenhülle 40 ist in der vorliegenden Ausführungsform im Wesentlichen als geschlossener Hohlkörper ausgebildet, der eine verschließbare Öffnung aufweist. Durch diese Ausgestaltung ist die Bedienperson im Wesentlichen von der Außenwelt abgeschnitten. Optische oder akustische Eindrücke können über künstlich erzeugte Bilder oder Geräusche simuliert werden. Bevorzugt ist in der Außenhülle 40 eine Bildwiedergabefläche vorgesehen, über die eine virtuelle Umgebung dargestellt werden kann. Diese Wiedergabefläche kann beispielsweise als Flachbildschirmfläche oder als Projektionsfläche ausgeführt sein. Bei der Ausführung als Projektionsfläche können in an der Steuerkanzel 6 oder in der Außenhülle ein oder mehrere Videoprojektor(en) vorgesehen sein.

[0086] Gegebenenfalls weist die Außenhülle Öffnungen auf, die eine reale Außensicht ermöglichen. Dadurch kann eine Bewegung in der realen Umgebung simuliert werden.

[0087] Bevorzugt umfasst der erfindungsgemäße Simulator einen oder mehrere Energiespeicher 30. Diese können beispielsweise als Treibstofftanks, Batterien oder als Akkumulatoren ausgebildet sein. Die Energiespeicher 30 dient zum Antrieb der unterschiedlichen Antriebe zur Bewegung des Simulators, sowie zur Versorgung sonstiger Verbraucher wie z.B. Bildwiedergabegeräte, Steuerungen, Datenverarbeitungsgeräte etc. Gegebenenfalls kann für die Energiespeichermodule eine Schnellwechsel-Einrichtung mit externer Ladestation vorgesehen sein um einen Quasi-Dauerbetrieb zu ermöglichen.

[0088] Ferner können bei Bremsvorgängen Antriebe als Generatoren wirken, um zumindest Teile der Bremsenergie rückzugewinnen und/oder in elektrische Energie umzuwandeln. Diese elektrische Energie kann dann z.B. in den Batterien, Akkus oder den kurzzeitigen Energiespeichern gespeichert werden. Dies erhöht einerseits den Wirkungsgrad und die Reichweite des Simulators, andererseits ist dadurch die dynamische Radkinematik verbessert, da zu jedem Zeitpunkt ausreichend Energie zum hochdynamischen Antrieb der Räder zur Verfügung steht.

[0089] Gegebenenfalls kann der Simulator auch von einer externen Energiequelle gespeist sein. Dazu bieten sich beispielsweise ein Schleppkabel oder Schleifkontakte an.

[0090] Die dargestellte Ausführungsform weist eine Bewegungsvorrichtung 16 auf, die eine Parallelkinematikanordnung 22 umfasst. Diese Parallelkinematikanordnung 22 ist in der vorliegenden Ausführungsform als Dreibein oder sogenannter Tripod ausgeführt. Ferner umfasst der erfindungsgemäße Simulator eine Führungsvorrichtung 23. Diese Führungsvorrichtung 23 dient insbesondere der Führung der Bewegung der Steuerkanzel 6 gegenüber dem Maschinengestell 1 oder gegenüber dem Drehträger 24. In der vorliegenden Ausführungsform sind durch die Führungsvorrichtung 23 einige Freiheitsgrade gesperrt. Zur Drehung der Steuerkanzel 6 gegenüber dem Maschinengestell 1 ist ein Drehträger 24 vorgesehen. Dieser Drehträger 24 umfasst zumindest einen Drehträgerantrieb 31 sowie ein Drehträgerlager 32.

[0091] Bevorzugt ermöglicht der Drehträger 24 eine Drehung der Steuerkanzel 6 gegenüber dem Maschinengestell von 360° , besonders bevorzugt ist eine beliebige, eine kontinuierliche und/oder eine unbegrenzte Drehbarkeit der Steuerkanzel 6 gegenüber dem Maschinengestell 1, insbesondere in beide Drehrichtungen, ermöglicht.

[0092] Bevorzugt gilt Gleiches für die Drehbarkeit der Räder 4 der Radbaugruppen 2 um die jeweilige Lenkachse. Auch diese können gemäß einer bevorzugten Ausführungsform über 360° , beliebig, kontinuierlich und/oder unbegrenzt, insbesondere in beide Drehrichtungen, um die Lenkachse gedreht werden.

[0093] Diese spezielle Konfiguration der unendlich drehbaren Elemente ermöglicht, dass das Maschinengestell 1 um eine Hauptdrehachse 8 rotieren kann, wobei gleichzeitig die Steuerkanzel 6 in Ruhe bleibt bzw. ortsfest positioniert ist. Dies bringt Vorteile bei der Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe, insbesondere bei der Verbesserung der dynamischen Radkinematik, die auch umfasst, dass die Räder in jeder Stellung bzw. in jeder Fahrsituation des Simulators beschleunigbar sind und einander nicht z.B. durch eine kinematische Singularität sperren.

[0094] Die Drehung der Steuerkanzel 6 gegenüber dem Maschinengestell 1 erfolgt bevorzugt um die Hauptdrehachse 8. Die Hauptdrehachse 8 ist in bevorzugter Weise ein Normalvektor einer Ebene, die durch die Radaufstandsflächen 25 am Untergrund 3 aufgespannt wird. Diese Ebene entspricht somit im Wesentlichen dem Untergrund 3. Die Hauptdrehachse 8 verläuft dadurch bei waagrechtem Untergrund im Wesentlichen senkrecht.

[0095] Auch die Lenkachsen 5 verlaufen gemäß einer bevorzugten Ausführungsform bei waagrechtem Untergrund im Wesentlichen senkrecht und bevorzugt parallel zur Hauptdrehachse.

[0096] Die Radachsen 11 der Räder 4 verlaufen bevorzugt im Wesentlichen waagrecht. Es entspricht jedoch ebenfalls dem Erfindungsgedanken, dass die Achsen von der horizontalen oder der vertikalen Richtung abweichen. Insbesondere können die Lenkachsen 5 leicht geneigt sein, um z.B. einen Nachlauf zu bewirken. Auch die Radachsen 11 können leicht zueinander geneigt sein, um z.B. einen Radsturz zu bewirken.

[0097] Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die im Wesentlichen der Vorrichtung aus Fig. 1 entspricht. Der selbstfahrende Fahrsimulator umfasst eine Steuerkanzel 6, die über eine Bewegungsvorrichtung 16 mit einem Maschinengestell 1 gekoppelt ist. Das Maschinengestell 1 ist über Radbaugruppen 2 am Untergrund verfahrbar und abgestützt. Die Radbaugruppen 2 umfassen bevorzugt jeweils zumindest ein Rad 4, das über eine Radaufstandsfläche 25 am Untergrund 3 aufliegt. Zumindest ein Rad 4 ist über einen Radantrieb 10 angetrieben, sodass der Simulator durch dieses Antriebsrad bewegt werden kann. Ferner ist das Rad 4 der Radbaugruppe 2 mit einem Lenker 27 gekoppelt, der bevorzugt um eine Lenkachse 5 drehbar ist. Zur Drehung des Lenkers 27 um die Lenkachse 5 ist ein Lenkantrieb 9 vorgesehen. Dieser Lenkantrieb kann, wie in der vorherigen Ausführungsform beschrieben, als eigener Rotationsantrieb ausgeführt sein oder bei mehreren Rädern 4 pro Radbaugruppe auch durch Drehzahlunterschiede der einzelnen Räder ausgebildet sein.

[0098] Bei mehreren Rädern 4 pro Radbaugruppe 2 können die Räder 4 über einen Radträger 26 mit dem Maschinengestell gekoppelt sein. Dieser Radträger ist beispielsweise schwenkbar gegenüber dem Lenker 27 ausgeführt, um eine gleichmäßige Lastabtragung der Räder zu bewirken. Die Räder 4 sind über eine Kinematikanordnung 12 mit dem Maschinengestell gekoppelt. Diese Kinematikanordnung 12 umfasst bevorzugt elastische und/oder dämpfende Elemente 13, die insbesondere als Feder-Dämpfer-Anordnung 14 ausgebildet sind sowie eine Radaufhängung 15. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Radaufhängung 15 als Doppelquerlenkerradaufhängung ausgebildet. Die Radaufhängung dient der Bewegbarkeit der Räder gegenüber dem Maschinengestell 1. Zur Begrenzung der Bewegbarkeit ist eine Feder-Dämpfer-Anordnung 14 vorgesehen. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Federdämpferanordnung 14 als Pullrod-Konfiguration ausgebildet. Jedoch sind auch Pushrod-Ausführungen oder alternative Konfigurationen möglich.

[0099] Die Kinematikanordnung 12 umfasst mehrere Lager 33. Diese Lager können gegeb-

nenfalls teilweise als elastische Lager ausgeführt sein. Dadurch erhält das Fahrwerk elastokinematische Eigenschaften.

[00100] In der vorliegenden Ausführungsform verlaufen die beiden Querlenker im Wesentlichen parallel. Es sind jedoch auch andere Konfigurationen möglich. Beispielsweise können die Querlenker winkelig zueinander gestellt sein.

[00101] In der vorliegenden Ausführungsform verlaufen beide Querlenker im Wesentlichen horizontal. Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann einer oder können beide Querlenker auch schrägestellt sein.

[00102] Die Steuerkanzel 6 ist über eine Bewegungsvorrichtung 16 mit dem Maschinengestell 1 gekoppelt. Die Bewegungsvorrichtung 16 umfasst in der vorliegenden Ausführungsform eine Parallelkinematikanordnung 22 und einen Drehträger 24. Der Drehträger 24 ist in der vorliegenden Form korbformig ausgeführt und erstreckt sich vom oberen Bereich des Maschinengestells 1 bis zu einem tiefer liegenden Bereich des Maschinengestells. Der Drehträger ist im Wesentlichen wannenförmig ausgeführt. Am Wannenboden, der in der vorliegenden Ausführungsform tiefer liegt als der Wannenkragen, ist die Parallelkinematikanordnung 22 angebracht. Diese Konfiguration bietet Vorteile bei der Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe, insbesondere durch eine tiefere Lage des Schwerpunkts.

[00103] Der Drehträger 24 ist am Maschinengestell 1 über ein Drehträgerlager 32 drehbar gelagert und über einen Drehträgerantrieb 31 (nicht dargestellt) antreibbar. Die Parallelkinematikanordnung 22 umfasst mehrere Linearantriebe 34, die mit der Steuerkanzel 6 gekoppelt sind. Durch unterschiedliche Längenänderung der einzelnen Linearantriebe 34 kann die Steuerkanzel 6 geneigt bzw. bewegt werden. Durch gleichzeitiges Ein- oder Ausfahren kann eine Senkbewegung oder eine Hubbewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell und in weiterer Folge gegebenenfalls gegenüber dem Untergrund 3 erzielt werden. Die Steuerkanzel 6 umfasst insbesondere einen Steuerkanzelträger 35, der einerseits fest mit der Außenhülle der Steuerkanzel verbunden ist und an dem andererseits die Bewegungsvorrichtung angreift. Gegebenenfalls kann dieser Steuerkanzelträger 35 jedoch entfallen, insbesondere, wenn die Steuerkanzel als selbsttragende Steuerkanzel ausgeführt ist oder wenn die Steuerkanzel und der Steuerkanzelträger als selbsttragendes Cockpit ausgeführt sind.

[00104] Ferner umfasst der erfindungsgemäße Simulator eine Führungsvorrichtung 23. Diese Führungsvorrichtung 23 ist einerseits am Drehträger 24 und andererseits an der Steuerkanzel 6 festgelegt. Die Führungsvorrichtung 23 umfasst gelenkig miteinander verbundene Einzelelemente, die eine gewisse Beweglichkeit bzw. bestimmte Freiheitsgrade aufweisen. In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Führungsvorrichtung 23 einen Hauptarm 36 sowie ein Kreuzgelenk 37. Der Hauptarm 36 ist gelenkig mit dem Drehträger 24 verbunden. Die Drehachse dieses Gelenks verläuft im Wesentlichen in einer waagrechten Ebene. Der dargestellte Hauptarm weist gegenüber dem Drehträger 24 lediglich einen Drehfreiheitsgrad auf.

[00105] Der Hauptarm 36 kann aber gegebenenfalls auch als Doppelgelenksarm ausgeführt sein, bei dem zwei Hauptarme ähnlich einem Kniegelenk miteinander verbunden sind.

[00106] Am freien Ende des Hauptarms 36, an dem dieser nicht mit dem Drehträger 24 verbunden ist, greift der Hauptarm an einem Kreuzgelenk 37 an. Dieses Kreuzgelenk 37 ist um eine erste Kreuzgelenkachse 38 schwenkbar mit dem Hauptarm 36 verbunden. Ferner weist das Kreuzgelenk 37 eine zweite Kreuzgelenksachse 39 auf, um die das Kreuzgelenk 37 schwenkbar mit der Steuerkanzel 6 verbunden ist. Dadurch ist die Steuerkanzel im Wesentlichen um die erste Kreuzgelenksachse 38 und die zweite Kreuzgelenksachse 39 schwenkbar bzw. neigbar gegenüber dem Maschinengestell 1. Bevorzugt entsprechen die erste Kreuzgelenkachse 38 und die zweite Kreuzgelenksachse 39 im Wesentlichen der Nickachse und der Rollachse der Person in der Steuerkanzel 6. Ferner lässt die kinematische Ausgestaltung der Führungsvorrichtung 23 eine Hubbewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell 1 zu. Diese Hubbewegung verläuft in der vorliegenden Ausführungsform entlang einer Kurvenbahn, die insbesondere von der Armlänge des Hauptarms 36 bestimmt ist. Bei einer

Ausführung des Hauptarms als Doppelgelenksarm kann jedoch auch eine geradlinige Hubbewegung, insbesondere entlang der Hauptdrehachse 8 erfolgen.

[00107] Weitere Freiheitsgrade zur Bewegung der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell 1 sind durch die Führungsvorrichtung 23 im Wesentlichen gesperrt. Dies hat den positiven Effekt, dass waagrecht wirkende Massenträgheitskräfte, wie sie insbesondere bei der Beschleunigung oder Verzögerung des Simulators auf die Bewegungsvorrichtung wirken, von der Führungsvorrichtung abgefangen werden. Dadurch kann die Dimensionierung der Bewegungsvorrichtung optimiert werden. Dies hat einen positiven Effekt auf das Gesamtgewicht des Simulators und hilft somit bei der Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe.

[00108] Fig. 3 zeigt eine detaillierte Schrägansicht der Bewegungsvorrichtung 16, der Führungsvorrichtung 23 sowie des Drehträgers 24. Der Drehträger 24 ist wie in den vorangegangenen Ausführungsformen korb- oder wannenförmig ausgeführt. Die in dieser Darstellung vorne befindliche Wand des Drehträgers 24 ist ausgeblendet, um die Klarheit der Ansicht der Parallelkinematikanordnung 22 zu verbessern. Der Drehträger 24 ist in der vorliegenden Ausführungsform korb- oder wannenförmig ausgebildet, wobei zur Gewichtsersparung zumindest Teile des Drehträgers 24 fachwerkartig ausgebildet sein können. Der Drehträger 24 ist ein im Wesentlichen starrer Körper, der über ein Drehträgerlager 32 gegenüber dem Maschinengestell drehbar angeordnet ist. Das Drehträgerlager 32 weist einen feststehenden Teil auf, der beispielsweise mit dem Maschinengestell 1 gekoppelt oder fest verbunden ist. Der bewegliche Teil des Lagers ist mit dem Drehträger 24 fest verbunden oder gekoppelt.

[00109] Am Drehträger 24 ist die Bewegungsvorrichtung 16 vorgesehen. Diese umfasst in der vorliegenden Ausführungsform eine Parallelkinematikanordnung 22 die, wie in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen beschrieben, als Dreibein oder Tripod ausgeführt ist. Dieser umfasst mehrere Linearantriebe 34, die an einer Seite mit dem Drehträger 24 verbunden sind und an ihrer anderen Seite an der Steuerkanzel 6 oder an dem Steuerkanzelträger 35 angreifen. Die einzelnen Linearantriebe 34 der Parallelkinematikanordnung 22 sind mit dem Drehträger 24 und mit der Steuerkanzel 6 an voneinander beabstandeten Stellen verbunden. Dadurch kann bei unterschiedlicher Bewegung der Linearantriebe 34 eine Neigung bzw. Verschwenkung der Steuerkanzel 6 bewirkt werden, wobei diese Verschwenkbarkeit im Wesentlichen um die Rollachse und/oder um die Nickachse geschieht. Für eine Drehung der Kanzel um die Hochachse, also die Gierachse, die in der vorliegenden Ausführung bevorzugt der Hauptdrehachse 8 entspricht, ist der gesamte Drehträger 24 um die Hauptachse 8 drehbar ausgeführt. Ferner ist am Drehträger 24 die Führungsvorrichtung 23 vorgesehen. Die Führungsvorrichtung 23 umfasst insbesondere einen Hauptarm 36 sowie ein Kreuzgelenk 37. Der Hauptarm 36 weist im Wesentlichen einen Freiheitsgrad auf, der eine Hubbewegung der Steuerkanzel 6 gegenüber dem Maschinengestell 1 ermöglicht. Gelenkig mit dem Hauptarm 36 ist ein Kreuzgelenk 37 vorgesehen, das schwenkbar um eine erste Kreuzgelenkachse 38 mit dem Hauptarm 36 verbunden ist. Das schwenkbare Kreuzgelenk 37 ist ferner mit der Steuerkanzel 6 bzw. mit dem Steuerkanzelträger 35 der Steuerkanzel 6 verbunden.

[00110] Die Fig. 4a und 4b zeigen zwei unterschiedliche Ausführungsformen eines Drehträgerantriebs 31. Die Steuerkanzel 6 bzw. deren Steuerkanzelträger 35 ist über eine Bewegungsvorrichtung 16 mit dem Maschinengestell 1 gekoppelt. Insbesondere geschieht diese Kopplung über den Drehträger 24. Der Drehträger 24 ist drehbar um die Hauptachse 8 am Maschinengestell 1 vorgesehen. Zur Ermöglichung der Drehung ist ein Drehträgerlager 32 vorgesehen. Zum Antrieb der Drehung des Drehträgers 24 ist ein Drehträgerantrieb 31 vorgesehen.

[00111] In Fig. 4a ist der Drehträgerantrieb als Ritzelantrieb ausgeführt, der über ein gedrehtes Rad oder Ritzel eine Drehung des Drehträgers 24 bewirkt. Dabei kann das Ritzel oder das Antriebsrad direkt an einer Außenseite des Drehträgers angreifen, um eine Drehbewegung zu übertragen.

In Fig. 4b ist die Übertragung der Drehung vom Drehträgerantrieb 31 auf den Drehträger 24 über einen Riemen ausgeführt. Dieser kann als glatter Riemen, als Zahnriemen, als Keilriemen, als Kettenantrieb oder als ähnliches Übertragungsmittel ausgeführt sein.

[00112] Fig. 5 zeigt eine schematische Seitenansicht eines Details einer Radbaugruppe 2 mit Rädern 4 und einer Kinematikanordnung 12. Diese entspricht beispielsweise einer Radbaugruppe der Ausführungsformen nach den Figuren 1 bis 4 oder 6. In der vorliegenden schematischen Darstellung sind zwei Räder 4 pro Radbaugruppe 2 vorgesehen. Diese sind gegebenenfalls einzeln oder gemeinsam über einen Radantrieb 10 angetrieben. Jedenfalls sind die Räder 4 um eine Radachse 11 drehbar angeordnet, um ein Verfahren des Simulators auf dem Untergrund 3 zu ermöglichen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Räder 4 über einen Radträger 26 mit dem Lenker 27 verbunden. Gegebenenfalls greifen die Radlager der Räder 4 in einer alternativen Ausführungsform direkt am Lenker 27 an. In der vorliegenden Ausführungsform ist ein schwenkbar ausgeführter Radträger 26 vorgesehen, um die Lastabtragung gleichmäßig auf beide Räder zu verteilen. Der Lenker 27 dient der Drehung der Räder um die Lenkachse 5. Diese Drehung wird insbesondere durch einen Lenkantrieb 9 bewirkt. Wie in den vorangegangenen Ausführungsformen beschrieben, kann zu diesem Zweck ein eigenständiger Lenkantrieb vorgesehen sein. Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Lenkung der Räder beispielsweise auch über Drehzahlunterschiede der einzelnen angetriebenen Räder erfolgen.

[00113] Die Kinematikanordnung 12 umfasst bevorzugt eine Radaufhängung 15 sowie elastische und/oder dämpfende Elemente wie beispielsweise eine Federdämpferanordnung 14.

[00114] Fig. 6 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Bewegungsvorrichtung 16 zur Kopplung der Steuerkanzel 6 mit dem Maschinengestell 1. Diese kann in allen Ausführungsformen die Parallelkinematikanordnung und/oder die Führungsvorrichtung ersetzen. In der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Bewegungsvorrichtung 16 ein erstes Trägerelement 18, das um eine erste Drehachse 20 schwenkbar mit dem Maschinengestell 1 gekoppelt ist. Insbesondere ist das erste Trägerelement 18 um die erste Drehachse 20 schwenkbar mit dem Drehträger 24 verbunden. Um eine zweite Drehachse 21 drehbar, ist ein zweites Trägerelement 19 mit dem ersten Trägerelement 18 verbunden. Die Bewegungsvorrichtung 16 ist bei dieser Ausführungsform als kardanische Aufhängung 17 ausgeführt. Über Drehantriebe oder Linearantriebe können die einzelnen Trägerelemente 18, 19 gegenüber einander und gegenüber dem Maschinengestell bzw. dem Drehträger 24 geneigt bzw. gedreht werden. Dadurch kann die mit dem zweiten Trägerelement 19 verbundenen Steuerkanzel 6 um zwei Drehachsen geneigt werden. Dies ermöglicht eine Neigung der Steuerkanzel 6 um die Nickachse und/oder die Rollachse.

[00115] Die Bewegungsvorrichtung kann gemäß einer weiteren Ausführungsform passiv oder semipassiv ausgeführt sein. Bei dieser Ausführungsform werden die durch die Bewegung des Fahrsimulators und insbesondere durch die Beschleunigung des Fahrsimulators auftretenden Massenkräfte genutzt, um Nick- oder Wankbewegungen der Steuerkanzel 6 gegenüber dem Maschinengestell 1 zu ermöglichen. So kann die kardanische Aufhängung oder die Parallelkinematikanordnung derart ausgebildet sein, dass durch die grundsätzliche kinematische Anordnung eine Bewegbarkeit der Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell ermöglicht ist. Über elastische Elemente oder Dämpfelemente wie beispielsweise Feder-Dämpf-Anordnungen können diese kinematischen Freiheitsgrade gedämpft und begrenzt werden. Über beispielsweise steuerbare Ventile oder rheologische Flüssigkeiten kann die Federcharakteristik und/oder die Dämpfungscharakteristik verändert werden.

[00116] In weiterer Folge wird das Verfahren zum Betrieb des erfindungsgemäßen Simulators weiter beschrieben. Um beispielsweise ein gerades Anfahren eines Fahrzeugs zu simulieren, führt der Simulator gemäß einer Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens folgende Schritte aus:

[00117] Die angetriebenen Räder werden angetrieben, sodass auf die Person eine geradlinige Beschleunigungskraft wirkt. Gleichzeitig wird die Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell nach hinten geneigt, sodass dem Fahrer eine leichte Nickbewegung nach hinten vorgespielt wird. Um nun unterschiedliche Anfahrverhalten in Kombination mit Nickbewegungen zu simulieren, können nacheinander bei gleicher Anfahrbeschleunigung unterschiedliche Nickbewegungen simuliert werden. Dadurch kann ermittelt werden, welche der Nickbewegungen für

einen Fahrer als realistisch und angenehm empfunden werden.

[00118] Um die Anfahrkräfte und insbesondere die Überwindung der Haftreibung zu verbessern und damit eine hochdynamische Simulation zu verbessern, kann das Verfahren zur Simulation einer geradlinigen Beschleunigung beispielsweise folgende Schritte umfassen:

Rotation der Radbaugruppen und des Maschinengestells um die Hauptdrehachse. In diesem Rotationsmodus weisen die Radachsen im Wesentlichen Richtung Zentrum und insbesondere schneiden die Verlängerungen der Radachsen die Hauptachse. Gleichzeitig wird die Steuerkanzel in entgegengesetzte Richtung mit gleicher Drehzahl gedreht, wodurch diese im ortsfesten System gegenüber dem Untergrund unbewegt bleibt. Obwohl die Räder eine gewisse Rollgeschwindigkeit aufweisen, bleibt dabei die Person unbewegt. Zum Anfahren des Simulators können nun die gelenkten Räder derart gelenkt werden, dass sich der Fahrsimulator bei rotierendem Maschinengestell in Bewegung setzt. Diese Bewegung muss jedoch nicht geradlinig sein, sondern kann beispielsweise auch einer Kurvenfahrt oder einer Fahrt entlang einer Zykloide ähneln. Um dabei trotzdem eine lineare Beschleunigung zu simulieren, kann die Steuerkanzel gegenüber dem Maschinengestell über den Drehträger derart verdreht werden, dass die auf den Fahrer wirkende Beschleunigung immer linear in eine Richtung wirkt, obwohl sich der Simulator selbst auf einer Kurvenbahn bewegt.

BEZUGSZEICHENLISTE:

1. Maschinengestell
2. Radbaugruppe
3. Untergrund
4. Rad
5. Lenkachse
6. Steuerkanzeln
7. Sitz
8. Hauptdrehachse
9. Lenkantrieb
10. Radantrieb
11. Radachse
12. Kinematikanordnung
13. Elastische und/oder dämpfende Elemente
14. Feder-Dämpfer-Anordnung
15. Radaufhängung
16. Bewegungsvorrichtung
17. Kardanische Aufhängung
18. erstes Trägerelement
19. zweites Trägerelement
20. erste Drehachse
21. zweite Drehachse
22. Parallelkinematikanordnung
23. Führungsvorrichtung
24. Drehträger
25. Radaufstandsflächen
26. Radträger
27. Lenker
28. Cockpit
29. Öffnung der Steuerkanzeln
30. Energiespeicher
31. Drehträgerantrieb
32. Drehträgerlager
33. Lager der Kinematikanordnung
34. Linearantrieb
35. Steuerkanzelnträger
36. Hauptarm
37. Kreuzgelenk
38. Erste Kreuzgelenksachse
39. Zweite Kreuzgelenksachse
40. Außenhülle

Patentansprüche

1. Selbstfahrender Fahrsimulator mit einem Maschinengestell (1), das über drei, bevorzugt vier oder mehr Radbaugruppen (2) auf einem Untergrund (3) verfahrbar ist, wobei die Radbaugruppen (2) jeweils zumindest ein auf dem Untergrund (3) verfahrbares Rad (4) umfassen, das um eine Lenkachse (5) drehbar angeordnet ist, wobei das Maschinengestell (1) mit einer Steuerkanzel (6) gekoppelt ist, die einen Sitz (7) für eine Person sowie Bedienelemente zur Steuerung des Fahrsimulators umfasst, und wobei die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) einen Drehfreiheitsgrad aufweist, sodass die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) um eine Hauptdrehachse (8) gedreht werden kann, wobei die Hauptdrehachse (8) bevorzugt im Wesentlichen ein Normalvektor der durch die Radaufstandsflächen (24) der Räder (4) auf dem Untergrund (3) aufgespannten Ebene ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rad (4) oder dass die Räder (4) jeder Radbaugruppe (2) über 360°, insbesondere beliebig, unbegrenzt und/oder in beide Drehrichtungen um die Lenkachse (5) drehbar sind.
2. Fahrsimulator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Radbaugruppe (2) einen Radantrieb (10) zum Antrieb eines Rades (4) um die Radachse (11) umfasst, wobei bevorzugt mehrere Radbaugruppen (2) oder alle Radbaugruppen (2) jeweils zumindest einen Radantrieb (10) zum Antrieb eines Rades um die jeweilige Radachse (11) umfassen.
3. Fahrsimulator einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) über 360°, bevorzugt beliebig um die Hauptdrehachse (8) drehbar ist.
4. Fahrsimulator nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Räder (4) einer, zweier, dreier, oder aller Radbaugruppen (2) über einen Lenkantrieb (9) aktiv lenkbar um die jeweilige Lenkachse (5) drehbar angeordnet sind.
5. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass pro Radbaugruppe (2) zwei Räder (4) vorgesehen sind.
6. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 4 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Lenkantrieb (9) durch einen Drehantrieb der Lenkachse (5) ausgebildet ist; oder dass der Lenkantrieb (9) durch einen Drehzahlunterschied zweier beabstandeter und um ihre jeweilige Radachse (11) angetriebener Räder (4) einer Radbaugruppe (2) angetrieben, gebildet oder unterstützt ist.
7. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Radbaugruppen (2) und/oder die Räder (4) über eine Kinematikanordnung (12), die insbesondere als Fahrwerk ausgestaltet ist, mit dem Maschinengestell (1) verbunden sind, wobei die Kinematikanordnung (12) zur Dämpfung und/oder Federung von Unebenheiten des Untergrundes (3) elastische und/oder dämpfende Elemente (13) wie beispielsweise eine Feder-Dämpfer-Anordnung (14) und eine Radaufhängung (15) umfasst.
8. Fahrsimulator nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass über die Kinematikanordnung (12) eine Relativbewegung des Maschinengestells (1) gegenüber dem Untergrund (3), den Rädern (4) und/oder den Radbaugruppen (2) ermöglicht ist, wobei die Relativbewegung insbesondere in oder entlang der Richtung der Hauptdrehachse (8) ermöglicht ist.
9. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Bewegungsvorrichtung (16) vorgesehen ist, über die die Steuerkanzel (6) mit dem Maschinengestell (1) verbunden ist, wobei durch die Bewegungsvorrichtung (16) eine aktive Drehung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) um die Hauptdrehachse (8) ermöglicht ist.
10. Fahrsimulator nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass über die Bewegungsvorrichtung (16) eine Neigung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) um die Nickachse und/oder die Rollachse ermöglicht ist.

11. Fahrsimulator nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass über die Bewegungsvorrichtung (16) eine translatorische Bewegung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) ermöglicht ist, wobei insbesondere eine translatorische Bewegung in oder entlang der Hauptdrehachse (8), eine Parallelverschiebung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) und/oder eine Hubbewegung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) ermöglicht ist.
12. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine kardanische Aufhängung (17) vorgesehen ist, über die die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) geneigt werden kann, wobei bevorzugt zwei Trägerelemente (18,19) vorgesehen sind, wobei das erste Trägerelement (18) um eine erste Drehachse (20) neigbar mit dem Maschinengestell (1) verbunden ist, wobei das zweite Trägerelement (19) um eine zweite Drehachse (21) neigbar mit dem ersten Trägerelement (18) verbunden ist und wobei die erste Drehachse (20) und die zweite Drehachse (21) im Wesentlichen orthogonal zueinander verlaufen.
13. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Parallelkinematikanordnung (22) vorgesehen ist, über die die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) geneigt werden kann, wobei die Parallelkinematikanordnung (22) bevorzugt als Dreibein, als hydraulisches Dreibein, als pneumatisches Dreibein, als elektrisch angetriebenes Dreibein, als Sechshein, als hydraulisches Sechshein, als pneumatisches Sechshein oder als elektrisch angetriebenes Sechshein ausgebildet ist.
14. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Führungsvorrichtung (23) vorgesehen ist, die einerseits mit der Steuerkanzel (6) und andererseits mit dem Maschinengestell (1) oder einem Teil der Bewegungsvorrichtung (16) gekoppelt ist, wobei die Führungsvorrichtung (23) derart ausgestaltet ist, dass
 - eine Drehung Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) um die Hauptdrehachse (8),
 - eine Neigung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) um die Nickachse und/oder die Rollachse,
 - und eine translatorische Hubbewegung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) ermöglicht sind
 wobei alle anderen Freiheitsgrade der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) durch die Führungsvorrichtung (23) im Wesentlichen gesperrt sind.
15. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Drehträger (24) vorgesehen ist, der über ein Drehträgerlager (32) und einen Drehträgerantrieb (31) gegenüber dem Maschinengestell (1) drehbar angeordnet ist und dass an dem Drehträger (24) die Parallelkinematikanordnung (22), die kardanische Aufhängung (17) und/oder die Führungsvorrichtung (23) angreifen oder vorgesehen sind.
16. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fahrsimulator als autark verfahrbarer und von einer Person aus der Steuerkanzel (6) steuerbarer Fahrsimulator ausgebildet ist, wobei mitfahrend mit dem Maschinengestell (1) verbunden und über die Radbaugruppen (2) am Untergrund abgestützt
 - a. zumindest ein Radantrieb (10) zum Verfahren des Fahrsimulators,
 - b. ein Lenkantrieb (9) zur Lenkung des Fahrsimulators,
 eine Bewegungsvorrichtung (16) zur Relativbewegung der Steuerkanzel (6) gegenüber dem Maschinengestell (1) und ein Energiespeicher zur Bereitstellung der Energie für die Antriebe des Radantriebs (10), des Lenkantriebs (9) und der Bewegungsvorrichtung (16) vorgesehen sind.

17. Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Außenhülle (40) vorgesehen ist, die mit der Steuerkanzel (6), dem Drehträger (24) oder dem Maschinengestell (1) starr verbunden ist und dass die Außenhülle (40) als Hohlkörper ausgeführt ist, der die Steuerkanzel (6), das Cockpit und/oder den Sitz zur Aufnahme der Person zumindest teilweise, bevorzugt vollständig umgibt.
18. Fahrsimulator nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Außenhülle (40) eine Bildwiedergabefläche vorgesehen ist, die sich bevorzugt über zumindest einen Großteil des Gesichtsfeldes der Person erstreckt und bevorzugt der Innenseite der Außenhülle (40) folgend ausgebildet ist.
19. Verfahren zur Simulation eines Übergangs von einem unbeschleunigten Zustand in einen beschleunigten Zustand ausgeführt auf einem Fahrsimulator nach einem der Ansprüche 1 bis 19 umfassend folgende Schritte:
 - a. Antreiben und Abrollen der Räder (4) der Radbaugruppen (2) auf dem Untergrund, wobei die Raddrehachsen aller Räder (4) die Hauptdrehachse schneiden, sodass das Maschinengestell (1) in eine erste Drehrichtung mit einer ersten Winkelgeschwindigkeit um die Hauptdrehachse rotiert,
 - b. Gleichzeitiges Drehen der Steuerkanzel (6) um die Hauptdrehachse in eine zweite Drehrichtung mit einer zweiten Winkelgeschwindigkeit, wobei die zweite Drehrichtung der ersten Drehrichtung entgegengesetzt ist, und die zweite Winkelgeschwindigkeit der ersten Winkelgeschwindigkeit entgegengesetzt ist, sodass die Steuerkanzel (6) gegenüber dem Untergrund im Wesentlichen still steht und unbeschleunigt ist,
 - c. Verdrehung der angetriebenen und abrollenden Räder (4) um die Lenkachse (5), sodass zumindest eine Raddrehachse, bevorzugt mehrere Raddrehachsen einen Abstand zur Hauptdrehachse der Steuerkanzel (6) aufweisen, sodass die Steuerkanzel (6) zumindest translatorisch bewegt wird und eine Beschleunigung erfährt.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

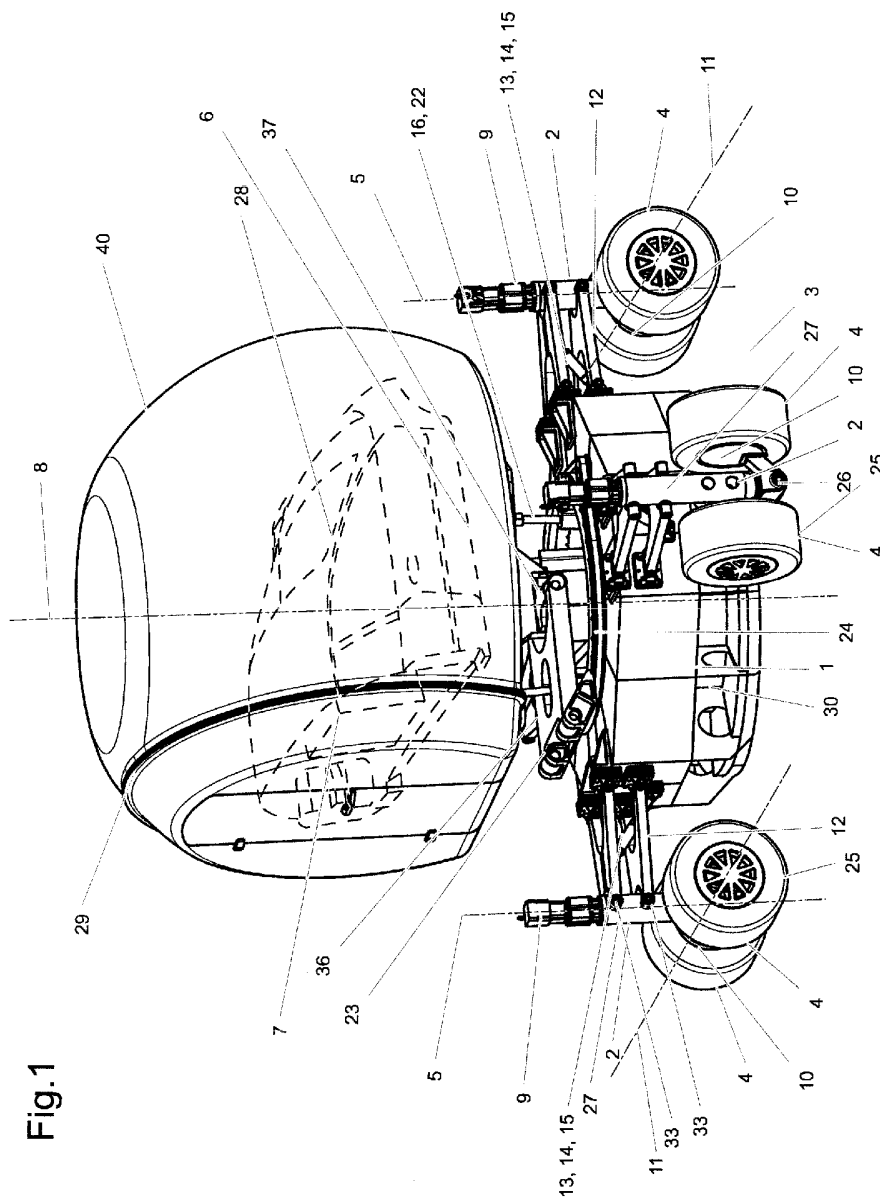
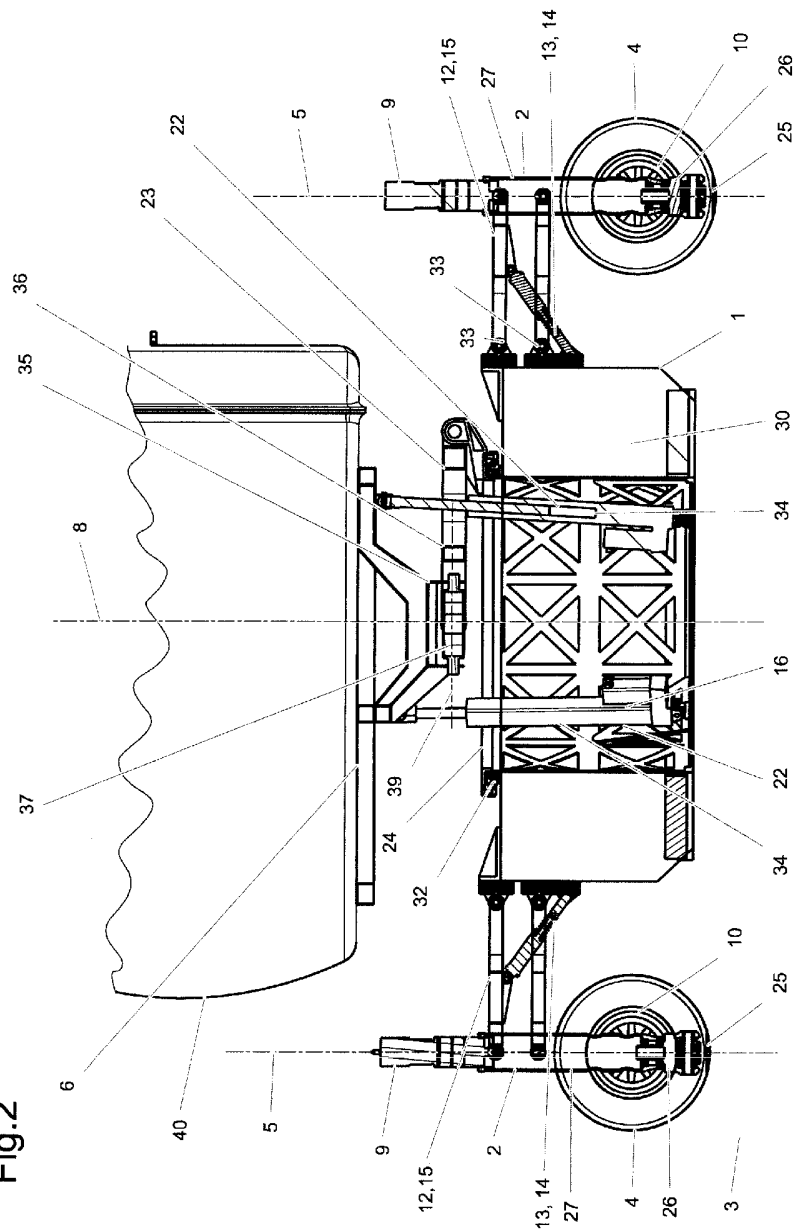
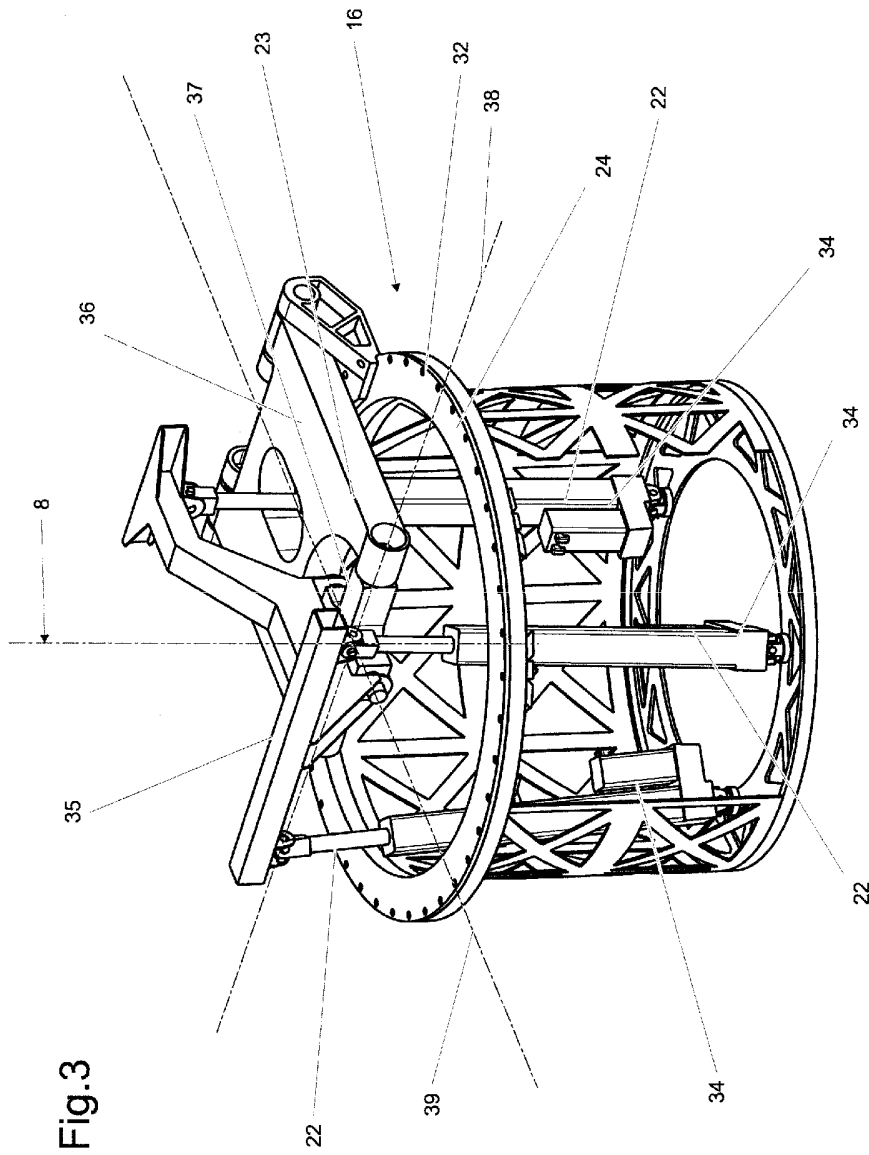
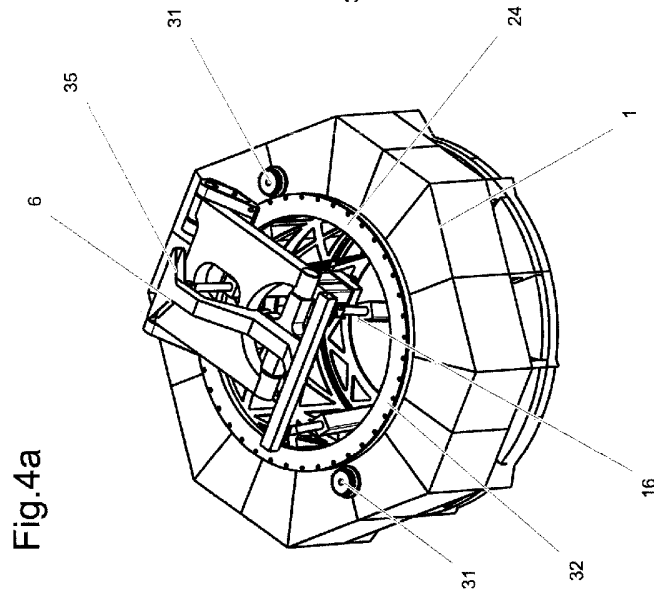
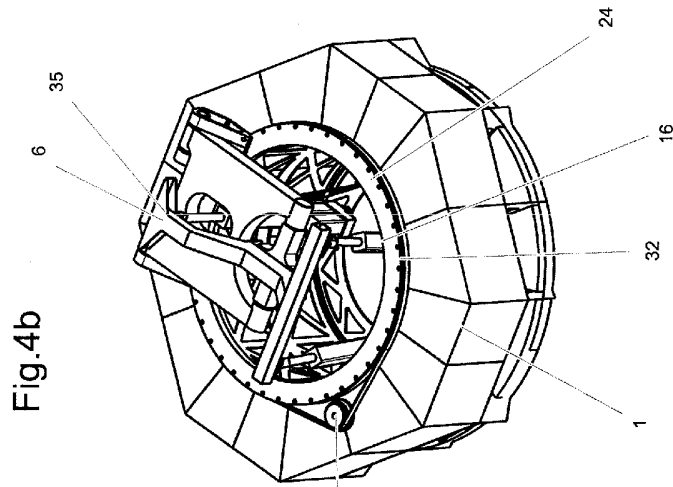


Fig.2







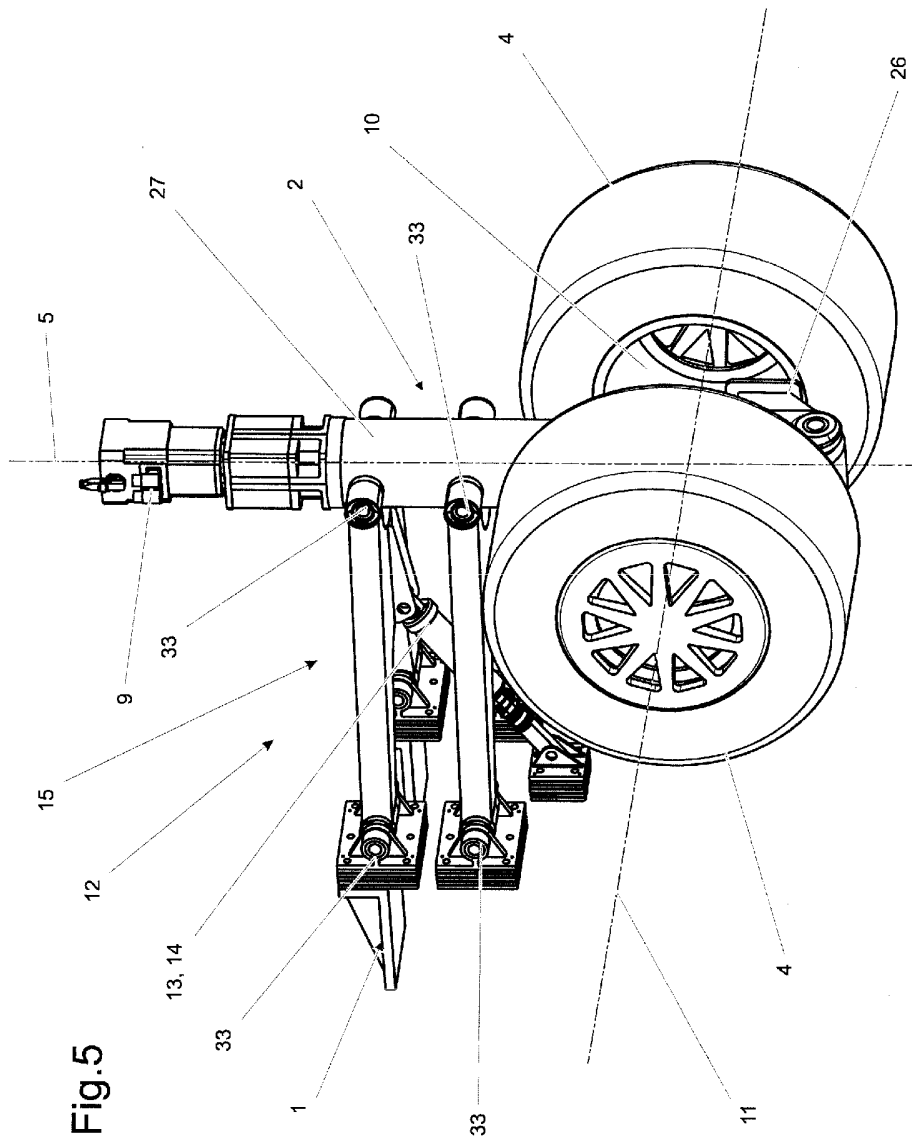


Fig. 5

