(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 933 103 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.08.1999 Patentblatt 1999/31

(51) Int Cl.[6]: **A63C 17/00**

(21) Anmeldenummer: **99100627.1**

(22) Anmeldetag: **14.01.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **29.01.1998 DE 19803412**

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80788 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Mueller, Rudi**
  82281 Egenhofen (DE)
- **Augustin, Stephan**
  80801 München (DE)

(54) Radaufhängung für Rollbretter

(57) Die Erfindung betrim ein mit Rädern oder Kufen ausgestattetes Fahrzeug, insbesondere Rollbrett, das durch Gewichtsverlagerung bzw. Seitenneigung des Aufbaus gesteuert wird. Damit die Räder bzw. Kufen zur Erzielung herausragender Fahreigenschaften ein hohes Seitenführungsvermögen sowie einen stets guten Fahrbahnkontakt aufweisen - und dadurch auch einen Einsatz auf unebenen Untergründen oder im Gelände ermöglichen - sind sie einzeln aufge-hängt und vorzugsweise auch gegenüber dem Standbrett oder Aufbau abgefedert. Als Rad- bzw. Kufenaufhängung dient wie in der DE 44 26 337 C eine Verbundlenkerachse, die bei Geradeausfahrt die Eigenschaften einer Längslenkerachse aufweist (kon-stante Sturz- und Vorspurwinkel). Bei Kurvenfahrt wird durch einen kinematischen Verbund der beiden Lenker einer Achse erreicht, daß alle Räder bzw. Kufen einen Lenkwinkel zu derjenigen Seite einschlagen, zu der das Fahrergewicht verlagert ist, ohne daß sich dabei der Sturzwinkel relativ zum Brettaufbau nennenswert ändert. Dieses Mitneigen der Räder in die Kurve ist eine wesentliche Voraussetzung für die Übertragbarkeit hoher Querbeschleunigungen und für ein Gleitsportart-typisches Fahrverhalten. Gegenstand der vorliegenden Patentanmeldung sind Verbundlenkerachsen auf Basis von Viergelenkketten, die gegenüber der Stammanmeldung i.a. einen geringeren Bauraumbedarf aufweisen und zusätzliche kinematische Variationsmöglichkeiten bieten.

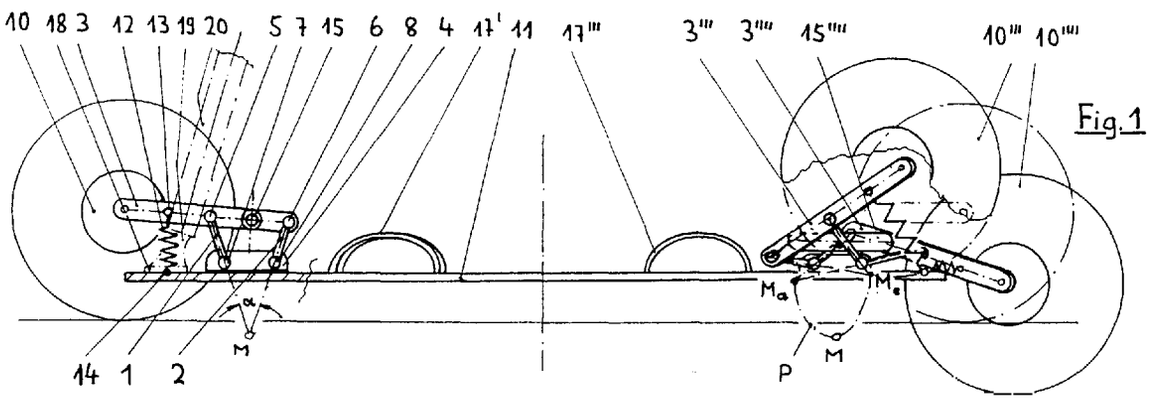


Fig.1

EP 0 933 103 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Radaufhängung gemäß der DE 44 26 337 C, welche die Radaufhängung eines vorzugsweise vierrädrigen Rollbretts beschreibt, das durch Gewichtsverlagerung bzw. durch Neigung der Standfläche zur kurveninneren Seite gelenkt wird. Im Gegensatz zu vorbekannten Rollbrettern (Skateboards, Strandsurfer o.ä.), die üblicherweise an Starrachsen aufgehängt sind, sieht die Stammanmeldung eine sogenannte Verbundlenker-Radaufhängung vor, die in Verbindung mit einer Federung gegenüber den Starrachs-Radaufhängungen für überlegene Fahreigenschaften sowohl auf der Straße als auch im Gelände sorgt.

[0002] Die in dem genannten Patent beschriebene Verbundlenkerachse geht aus der aus dem Kraftfahrzeugbau bekannten Längslenker-Einzelradaufhängung hervor, bei der die Lenker im wesentlichen in Fahrzeug-Längsrichtung angeordnet und um eine Querachse drehbar am Fahrzeug-Aufbau gelagert sind (Drehgelenk). Die Lenker sowie die an deren Ende befestigten Räder drehen sich beim Ein- und Ausfedern auf einer Kreisbahn um diese Querachse und behalten hierbei stets ihren Augangs-Radsturzwinkel relativ zum Aufbau bei. Während der Geradeausfahrt bleibt daher auch der Sturzwinkel der Räder relativ zur Fahrbahn konstant, bei Kurvenfahrten führt jedoch bei Kraftfahrzeugen diese Eigenschaft zu dem Nachteil, daß sich der Aufbau und damit auch die Räder nach kurvenaußen neigen und die Räder dadurch mit zunehmender Querbeschleunigung (also mit zunehmend positivem Radsturz) an Seitenführungskraft verlieren. Für Rollbretter, deren Aufbau bzw. Standfläche zum Lenken nach kurveninnen geneigt wird, kehrt sich dagegen dieser Nachteil in einen Vorteil um, da sich hier die Räder - ähnlich wie bei einem Motorrad - mit nach innen neigen. Wie in der Stammanmeldung ausführlich beschrieben, sorgt dieses Sturzverhalten im Vergleich zu den Starrachs-Radaufhängungen, deren Radsturz relativ zur Fahrbahn stets konstant ist, zu einer Erhöhung der Seitenführungskräfte und somit zu verbesserten Kurvenfahreigenschaften (höhere Kurvengrenzgeschwindigkeiten) bzw. verbesserter Fahrsicherheit (größere Seitenkraftreserven).

[0003] Eine reine Längslenker-Einzelradaufhängung ist allerdings für Rollbretter ungeeignet, da die Lenker beim Ein- und Ausfedern nicht nur ihren Sturz- sondern auch ihren Lenkwinkel relativ zum Aufbau konstant beibehalten. Damit zur Einleitung einer Kurvenfahrt die Seitenneigung des Aufbaus bzw. der Standfläche automatisch in einen Lenkwinkel umgesetzt wird, ist zwischen den gegenüberliegenden Längslenkern einer Achse ein kinematischer Querverbund erforderlich, der einen Lenkwinkel erzeugt, sobald die Lenker gegensinnig zueinander ein- und ausfedern (Indiz für Kurvenfahrt). In der Stammanmeldung sind hierzu die Längslenker in der Nähe ihres Drehgelenks jeweils mit einem Hebelarm versehen, der in etwa senkrecht zur Längsachse des Lenkers steht und an seinem Ende ein Verbindungselement zum jeweils gegenüberliegenden Lenker trägt. Beim synchronen (gleichsinnigen) Ein- und Ausfedern der Längslenker, wie es beim Überfahren von Bodenwellen auftritt, werden die Hebelarme und die Verbindungselemente auf beiden Fahrzeugseiten um denselben Betrag nach vorne oder hinten bewegt, wodurch die Lenker in Geradeausstellung verbleiben. Bei Kurvenfahrten dagegen, wenn die Lenker asynchron (gegensinnig) ein- und ausfedern, werden die Hebel auf der einen Seite in Fahrtrichtung und auf der anderen Seite entgegen der Fahrtrichtung ausgelenkt, wodurch - in der Draufsicht auf das Fahrzeug - jeder Lenker durch das Verbindungselement des gegenüberliegenden Lenkers um einen bestimmten Lenkwinkel verdreht wird, der in etwa proportional zur Federwegdifferenz der beiden Längslenker ist. Um den Längslenkern einen solchen Lenkeinschlag zu ermöglichen, müssen die Drehgelenke durch Kardan- oder Kugelgelenke ersetzt werden. Diese Gelenke weisen im Gegensatz zum Drehgelenk mehrere Rotationsfreiheitsgrade auf und räumen damit auch den Längslenkern - neben der Drehbewegung um die Querachse - relativ zum Aufbau einen zweiten Rotationsfreiheitsgrad ein: Die Drehung um eine in etwa vertikale Drehachse (Lenkachse). Durch den kinematischen Querverbund wird dieser zweite Freiheitsgrad jedoch wieder aufgehoben, d.h. der Lenkeinschlag der Räder steht in einer festen Zuordnung zum Neigungswinkel des Aufbaus bzw. der Standfläche.

[0004] Diese Zuordnung wird im wesentlichen von der Position der Verbindungselemente bestimmt. Von Bedeutung sind hier insbesondere die Hebellänge (der vertikale Abstand zwischen den Verbindungselementen und der kardanischen Anlenkung der Längslenker am Aufbau) die Länge des Querverbunds (der horizontale Abstand der beiden gegenüberliegenden Hebelarme voneinander) sowie die Lenkerlänge (Abstand der Räder von der kardanischen Anlenkung): Je länger die Hebelarme im Verhältnis zur Lenkerlänge einerseits sowie zur Länge des Querverbunds andererseits ausgeführt sind, desto größer wird der Lenkeinschlag. Da sich die Hebelarme vornehmlich in vertikaler Richtung erstrekken, führt dies insbesondere bei kleinen und wendigen Rollbrettern (z.B. Skateboards), mit denen sehr enge Kurvenradien gefahren werden sollen, zu dem Nachteil einer relativ großen vertikalen Bauhöhe, die keine besonders niedrige Standposition zuläßt.

Ziel der Erfindung

[0005] Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, für sehr wendige Rollbretter die Radaufhängung unter Beibehaltung der wesentlichen kinematischen Eigenschaften derart weiter zu verbessern, daß

sie eine niedrigere Bauhöhe des Rollbretts und eine extrem niedrige Standposition erlaubt.

[0006] Dieses Ziel wird dadurch erreicht, daß die i.a. vertikalen Hebel aus der DE 44 26 337 C (dort z.B. 15, 35, 55), die jeweils starr an ihren Längslenkern befestigt oder in diesen inte-griert sind und die meist die Bauhöhe der einzelnen Ausführungsbeispiele bestimmen, durch je 2 Hilfslenker ersetzt werden. Die Längslenker sind dadurch nicht mehr direkt, sondern über diese Hilfslenker mit dem Aufbau bzw. der Standfläche verbunden. (Als Aufbau werden im folgenden diejenigen Trägerteile bezeichnet, die das Standbrett tragen und an denen die Hilfslenker gelagert sind). In der Seitenansicht drehen sich die Längslenker deshalb nicht mehr um einen körperfesten Drehpol - in der Stammanmeldung das kardanisch bewegliche Gelenk, z.B. 6, 46, 66 - relativ zum Aufbau, sondern jeweils um einen virtuellen Drehpol, den sogenannten Momentanpol, dessen momentane Lage im Raum von der Anordnung der Hilfslenker oder -gelenke bestimmt wird. (Der Momentanpol bewegt sich auf der sog. Polbahn; er ändert seine Lage deswegen, weil sich beim Ein- und Ausfedern neben den Längslenkern auch die Hilfslenker bewegen). Der Vorteil dieser Konstruktion gegenüber der Stammanmeldung besteht darin, daß der Momentanpol als virtueller Drehpol ohne Rücksicht auf die realen Bauteile beliebig tief oder hoch im Raum angeordnet werden kann, so daß sich auch bei eingeschränkter Bauhöhe sehr enge Kurvenradien realisieren lassen. In den folgen-den Ausführungsbeispielen wird dieser Effekt näher erläutert.

[0007] In der ebenen Getriebelehre wird eine solche Anordnung der Gelenke als Viergelenkkette bezeichnet, da die Anbindung der Längslenker an den Aufbau über 4 Gelenke erfolgt, die entweder Dreh- oder Schubgelenke oder eine Kombination aus beiden sein können:

- 4 Drehgelenke
  Eine solche Viergelenkkette liegt vor, wenn der Längslenker über 2 Hilfslenker mit dem Aufbau verbunden ist, von denen jeder mittels eines Drehgelenks einerseits am Aufbau und andererseits am Längslenker befestigt ist. Beim Ein- und Ausfedern drehen sich jeweils die Hilfslenker um den Aufbau, der Längslenker dagegen um den Momentanpol, der sich als Schnittpunkt der Hilfslenker-Wirkungslinien ergibt. Siehe Ausführungsbeispiele 1 und 2 (Fig. 1-7).

- 3 Drehgelenke und 1 Schubgelenk
  Wird ein aufbauseitiges Drehgelenk durch eine Geradführung (Translation statt Rotation) ersetzt, liegt ein sog. Geradschubkurbeltrieb (z.B. Pleuel und Kolben) vor; wird dagegen ein längslenkerseitiges Drehgelenk durch ein Schubgelenk ersetzt, resultiert hieraus eine sog. Kurbelschleife. In beiden Fällen ergibt sich der Momentanpol als Schnittpunkt der Wirkungslinie des verbliebenen Hilfslenkers mit der Senkrechten auf die Geradführung. Siehe Ausführungsbeispiele 3 und 4 (Fig. 8).

- 2 Drehgelenke und 2 Schubgelenke
  Je nachdem, welches der übrigen Drehgelenke durch ein Schubgelenk ersetzt wird, erhält man 4 weitere Gelenkkettenvarianten (u.a. doppelte Kurbelschleife), auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird.

[0008] Dieser kurze Überblick zeigt bereits verschiedene Ausführungsmöglichkeiten der Viergelenkkette, aus denen durch geschickte kinematische Abwandlungen zahlreiche Variationen für die unterschiedlichsten Verwendungszwecke erzeugt werden können. Die Viergelenkkette erlaubt also eine wesentlich größere geometrische Flexibilität als die Radaufhängung der Stammanmeldung, bringt wegen der höheren Anzahl an Gelenken zunächst allerdings den Nachteil eines höheren Bauteileaufwands mit sich. Wie einige der nachfolgenden Ausfüh-rungsbeispiele zeigen, läßt sich dieser Aufwand jedoch u.a. durch Doppelverwendung von Gelenken oder durch Weglassen von Funktionen (z.B. Verzicht auf die Federung dort, wo sie nicht benötigt wird oder stören würde) erheblich reduzieren.

[0009] Zum besseren Verständnis wurde hier die Viergelenkkette in ihrer ebenen Ausführungsform erläutert; für die Anwendung als Radaufhängung für lenkbare Fahrzeuge können jedoch aus folgendem Grund nur räumliche Viergelenkketten eingesetzt werden: Um Lenkbewegungen zu ermöglichen, müssen sich die Längslenker in der Draufsicht nach links und rechts aus der Ebene herausdrehen können, während der Aufbau in der ursprünglichen Ebene verbleibt. Wie auch in der Stammanmeldung benötigen die Längslenker einen zusätzlichen Freiheitsgrad für die Lenkung. Da reine Drehgelenke (mit nur einem Rotationsfreiheitsgrad) und reine Schubgelenke (mit nur einem Translationsfreiheitsgrad) dies jedoch nicht zulassen würden, müssen in jeder Kette mindestens 2, maximal 3 der Drehgelenke durch Kardangelenke (2 Rotationsfreiheitsgrade) oder Kugelgelenke (3 Rotationsfreiheitsgrade) ersetzt werden; ähnliches gilt für die Schubgelenke. Mindestens eines der Gelenke muß als Drehgelenk verbleiben, da sonst die Radaufhängung relativ zum Aufbau einen Freiheitsgrad zu viel aufweisen würde und z.B. bei Einwirkung von Seitenkräften seitlich wegklappen könnte. Die "kardanisch bewegliche" Aufhängung der Längslenker, die gemäß dem Hauptanspruch ein kennzeichnendes Merkmal der vorliegenden Erfindung wie auch der Stammanmeldung ist, bedeutet also, daß sich die Längslenker im wesentlichen um eine in etwa querhorizontale Achse (zum Ein- und Ausfedern) und um eine in etwa vertikale Achse (zum Lenken), aber nicht um ihre eigene (in etwa längshorizontale) Achse drehen.

[0010] Als Alternative zu solchen Drehgelenken kann der überflüssige Freiheitsgrad allerdings auch durch einen dritten kugelgelenkgelagerten Hilfslenker aufgehoben werden, der die Radaufhängung seitlich abstützt

und die Seitenkräfte auf den Aufbau überträgt (z.B. Fig. 14-16). Damit erhöht sich zwar der konstruktive Aufwand, nicht notwendigerweise aber auch die Kosten, da Kugelgelenke i.a. kostengünstiger als reine Dreh- oder Schubgelenke sind. Sie werden in hohen Stückzahlen gefertigt und stehen in den unterschiedlichsten Ausführungen als Standardteile zur Verfügung, z.B. als Kugelgelenk oder Winkelgelenk, bei denen eine Kugel in einer Kugelpfanne gleitet (meist dauergeschmiert und mit Manschetten abgedicht), oder als Elastomergelenke, wo die zu verbindenden Teile in einem elastomeren Werkstoffe gelagert sind und sich durch Verformung dieses Werkstoffes relativ zueinander bewegen können. In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen werden i.a. Kugelgelenke eingesetzt, doch könnten stattdessen stets auch andere kardanische Gelenke verwendet, ohne die Funktion zu beeinträchtigen. Bei Verwendung von Elastomergelenken ist allerdings zu beachten, daß bei zu weichem Werkstoff die Führung der Räder nicht mehr exakt ist und bei zu hartem Werkstoff der Bewegung ein hoher Widerstand entgegengesetzt wird.

[0011] Im folgenden werden solche Viergelenkketten, die aus der ebenen Viergelenkkette abgeleitet sind und bei denen zumindest in der Geradeausfahrt die Lenker sich um querhorizontale Drehachsen bewegen, als "quasi-ebene" Viergelenkketten bezeichnet, um sie von den "echten" räumlichen Viergelenkketten zu unterscheiden, bei denen sich die Hilfslenker z.T. um vertikale oder schräge Achsen drehen.

[0012] Die wichtigsten kinematischen Merkmale der Erfindung gegenüber dem Stand der Technik lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die beiden Räder einer Achse sind nicht an einem gemeinsamen Achskörper (z.B. Starrachse), sondern einzeln an separaten Radträgern, den Längslenkern, aufgehängt.

- Die Längslenker einer Achse sind durch einen kinematischen Querverbund derart miteinander gekoppelt, daß sie bzw. die Räder bei synchronen Ein- und Ausfederbewegungen ihren Lenk- und Sturzwinkel relativ zum Aufbau konstant beibehalten, bei asynchronen Ein- und Ausfederbewegungen dagegen einen Lenkwinkel zur kurveninneren Seite einschlagen, ohne dabei ihren Sturzwinkel relativ zum Aufbau zu verändern.

Neben diesen allgemeinen Merkmalen der Verbundlenker-Radaufhängungen für Rollbretter, die auch für die Radaufhängung der DE 44 26 337 C gelten, kommen noch die spezifischen Merkmale (auf Basis der Viergelenkkette) hinzu:

- Die Längslenker sind nicht direkt, sondern jeweils über mindestens 2 Hilfslenker gelenkig mit dem Aufbau verbunden und drehen sich daher nicht um einen festen, sondern um einen virtuellen Drehpol (Momentanpol) relativ zum Aufbau.
- Aus dieser Konstellation resultiert ein zweites Merkmal: Da die Hilfslenker über je 2 Gelenke verfügen, ist jeder Längslenker über mindestens 4 Gelenke mit dem Aufbau verbunden (daher auch die Bezeichnung "Viergelenkkette"), wobei sich 2 dieser Gelenke am Längslenker und die übrigen beiden am Aufbau bzw. Standbrett befinden.

Wie erwähnt, können diese Gelenke beliebige Funktionen erfüllen (Dreh-, Schub- oder Kugelgelenke) und auch beliebig gestaltet sein (Kugel- oder Gleitlager, Elastomere-Gelenke, Seilanbindungen o.ä.). Ebenso können einige Gelenke oder Lenker Doppelfunktionen ausüben, so daß z.B. eine Fahrzeugachse auch weniger als 8 Gelenke oder 4 Hilfslenker aufweisen kann.

[0013] Die vielseitigen kinematischen und konstruktiven Eigenschaften der Viergelenkkette lassen sich nicht nur zur Bauraumoptimierung nutzen, sie werden im folgenden u.a. auch für die Optimierung des Fahrverhaltens herangezogen. Durch geschickte Anordnung der Gelenke kann beispielsweise erreicht werden, daß sich der Aufbau bei Einleiten einer Kurvenfahrt anhebt und am Ausgang der Kurve wieder absenkt, so daß das Standbrett ausschließlich durch das Gewicht des Fahrers wieder in seine horizontale Geradeausstellung zurückgestellt werden kann (sog. Gewichtsrückstellung; üblicherweise erfolgt bei Rollbrettern die Lenkungsrückstel-lung durch spezielle Federelemente). Bei der Beschreibung von Fig. 9 und 10 wird dieser äußerst vorteilhafte Effekt näher erläutert.

[0014] Ein zusätzliches Ziel der Erfindung ist die Übertragung der herausragenden Fahreigenschaften der erfindungsgemäßen Radaufhängung auch auf Kufenfahrzeuge, wie sie z.B als Eissurfer Verwendung finden. In der Zusatzanmeldung 196 02 447.1-15 zum DE-Patent 44 26 337 wird vorgeschlagen, die kinematischen Vorteile der Verbundlenkerachsen auch bei derartigen Kufenfahrzeugen zu nutzen. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll darüber-hinaus der wahlweise Einsatz von Kufen auch bei Verbundlenkerachsen auf Basis von Viergelenkketten mit einbezogen werden.

Beschreibung der Beispiele

[0015] Es zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung eines Rollbretts mit einer Radaufhängung auf Basis einer quasi-ebenen Viergelenkkette in der Seitenansicht.

Fig. 2: Draufsicht von Fig.1.

Fig. 3: Seitenansicht einer bevorzugten und konstruktiv detailliert ausgeführten Radaufhängung ebenfalls auf Basis einer quasi-

ebenen Viergelenkkette bei Geradeausfahrt.

Fig. 4: Draufsicht von Fig 3.

Fig. 5: Seitenansicht der Radaufhängung aus Fig. 3 bei Kurvenfahrt.

Fig. 6: Draufsicht von Fig 5.

Fig. 7: Vorderansicht von Fig 5 und 6.

Fig. 8: Schematische Darstellung eines Rollbretts mit zwei Varianten von Radaufhängungen auf Basis von quasi-ebenen Viergelenkketten mit jeweils einem Schubgelenk; in der Seitenansicht.

Fig. 9: Draufsicht auf das Rollbrett von Fig. 8, das hier allerdings an Vorder- und Hinterachse gegenüber Fig. 8 funktionsähnliche, jedoch kinematisch unterschiedliche Radaufhängungen jeweils auf Basis einer räumlichen Viergelenkkette aufweist.

Fig. 10: Seitenansicht einer bevorzugten und konstruktiv detailliert ausgeführten Radaufhängung auf Basis einer räumlichenviergelenkkette bei Kurvenfahrt.

Fig. 11: Draufsicht von Fig 10.

Fig. 12: Seitenansicht einer weiteren Variante einer Radaufhängung auf Basis einer räumlichenViergelenkkette bei Geradeausfahrt.

Fig. 13: Draufsicht von Fig 12.

Fig. 14: Seitenansicht eines Rollbretts mit einer Rad- oder Kufenaufhängung auf Basis einer quasi-ebenen Viergelenkkette mit jeweils 3 Hilfslenkern.

Fig. 15: Draufsicht von Fig 14.

Fig. 16: Ansicht von hinten der Vorderachs- Radaufhängung aus Fig. 14/15 in vergrößertem Maßstab.

Fig. 17: Seitenansicht eines Fahrzeugs mit einer beliebigen erfindungsgemäßen Verbundlenker-Radaufhängung an der Vorderachse und einer einspurigen Hinterachse.

Fig. 18: Draufsicht von Fig 17.

Fig. 19: Draufsicht eines Fahrzeugs mit einer beliebigen erfindungsgemäßen Verbundlenker-Radaufhängung an der Hinterachse und einer einspurigen Vorderachse.

Fig. 20: Draufsicht eines Fahrzeugs mit zwei beliebigen erfindungsgemäßen Verbundlenker-Radaufhängungenan in Kombination mit einer zweigeteilten Standfläche.

[0016] Im ersten Ausführungsbeispiel (**Figur 1** und **2**) ist die Ausgangsform der Viergelenkkette (mit vier Dreh- bzw. Kardan- oder Kugelgelenken) realisiert. Hierbei sind die Längslenker **3**, wie aus der Seitenansicht (Fig. 1) ersichtlich, über jeweils 2 Hilfslenker **1**, **2** mit dem Aufbau **4** verbunden, der auf das Standbrett **11** aufgeschraubt ist und in diesem Beispiel aus einfachen Winkelprofilen besteht. An der Vorderachse, links in Fig. 1, sind die Lenker in Normallage (Geradeausfahrt) dargestellt; an der Hinterachse jeweils in einer Position, wie sie einer extremen Kurvenfahrt entspricht: Der kurveninnere, linke Längslenker **3"'** ist in voll eingefederter und der kurvenäußere, rechte Längslenker **3""** in voll ausgefederter Position gezeichnet. Da der Abstand zwischen den längslenkerseitigen Drehgelenken **5,6** größer ist als der Abstand zwischen den aufbauseitigen Drehgelenken **7**, **8**, schließen die Wirkungslinien der beiden Hilfslenker **1**, **2** einen Winkel a ein und schneiden sich im Momentanpol M, um den sich der Längslenker 3 momentan dreht. An der Hinterachse schneiden sich die Wirkungslinien kurveninnen im (eingefederten) Momentanpol Me und kurvenaußen im (ausgefederten) Pol Ma. Während des Ein- und Ausfedervorgangs bewegen sich die Momentanpole auf der Polbahn P.

[0017] Wie oben erwähnt, muß ein Teil der Drehgelenke als Kardan- oder Kugelgelenk ausgeführt werden, um in der Draufsicht (Fig. 2) eine Lenkbewegung der Längslenker um den Winkel λ zu ermöglichen. Im vorliegenden Beispiel sind dies die Gelenke **5**, **7**, **8**, während das Gelenk **6** als Drehgelenk verbleibt, um die vom Rad **10** eingeleiteten und über den Längslenker **3** übertragenen Torsionskräfte abstützen zu können. (Ohne ein solches Drehgelenk in der Viergelenkkette würde die seitlich Abstützung fehlen). Auf die konstruktive Ausführung der Lenker und Gelenke sowie auf ihre Wirkungsweise wird hier nicht näher eingegangen; sie sind größtenteils identisch mit den Bauteilen aus dem zweiten Ausführungsbeispiel (Fig. 3-8) und werden dort ausführlicher behandelt.

[0018] Der kinematische Querverbund **9** ist hier als Drehgelenk ausgeführt: An den Längslenkern **3** sind links eine Welle **15'** und rechts ein Rohr **15"** eingepreßt, die sich konzentrisch umfassen und durch die Gleitbuchsen **16'** und **16"** ineinander gelagert sind. Diese lassen neben der Drehbewegung auch ein Verschiebebewegung in axialer Richtung zu, die erforderlich ist, um bei Kurvenfahrt ein Verzwängung der Längslenker zu vermeiden. Bei Geradeausfahrt bzw. bei allen Fahrzuständen, in denen die beiden Längslenker einer Achse synchron ein- oder ausfedern, verdrehen sich die

Längslenker nicht relativ zueinander und die Verbindungselemente verbleiben stets quer zur Fahrtrichtung, siehe Vorderachse. Bei asynchronen Ein- und Ausfederbewegungen - wie an der Hinterachse dargestellt - führen die Längslenker eine Relativbewegung zueinander aus und drehen sich gleichzeitig um ihren jeweiligen Momentanpol relativ zum Aufbau. Da infolge dieser Drehbewegung der linke hintere Längslenker **9"'** nach vorne und der rechte **9""** nach hinten verschoben wird, verdrehen sich in der Draufsicht beide Längslenker (da sie über den Querverbund **9** biegesteif miteinander gekoppelt sind) um den Lenkwinkel λ und lenken das Rollbrett in die Kurve.

[0019] Der Lenkwinkel λ ist umso größer, je weiter die Verbindungselement **9** in vertikaler Richtung vom jeweiligen Momentanpol entfernt sind, um den sich der zugehörige Längslenker dreht (und umso geringer, je länger die Längslenker sind und je länger der Querverbund ist). Der vertikale Abstand zum Momentanpol läßt sich über den Winkel α der beiden Hilfslenker zueinander beliebig variieren, in vorliegendem Ausführungsbeispiel liegt er weit unterhalb des Standbretts (sogar unter der Fahrbahn), obwohl alle Lenker oberhalb angeordnet sind. Dies verdeutlicht den kinematisch Vorteil gegenüber der Stammanmeldung.

[0020] Falls sich der Querverbund, wie in Fig. 1 links in der Ausgangslage realisiert, in vertikaler Richtung genau über dem Momentanpol befindet, bleiben die Verbindungselemente **9** zweier benachbarter Längslenker beim Ein- und Ausfedern stets in gleicher Höhe und der Querver-bund verbleibt - auch beim Lenken - in horizontaler Lage. Damit behalten die Räder auch ihren Sturzwinkel relativ zum Aufbau bzw. zur Standfläche bei. Würde der Querverbund jedoch bei unveränderter Position des Momentanpols weiter vorne oder hinten positioniert werden (z.B. an der Hinterachse nach hinten in Richtung der Räder), macht er beim asynchronen Ein- und Ausfedern die gegenläufige Höhenänderungen der Längslenker mit (die umso stärker ausfallen, je näher der Querverbund zu den Rädern rückt) und wandert somit aus seiner horizontalen Lage aus; d.h. in der Vorder- oder Rückansicht werden die Längslenker und damit auch die Räder entsprechend aus ihrer quer-horizontalen Position herausgedreht und ändern ihren Sturzwinkel relativ zum Aufbau. Je weiter der Querverbund in Richtung der Räder verschoben wird, desto mehr verliert sich dabei der "Kurvenleger-Effekt" (die Räder neigen sich also nicht mehr so stark wie das Standbrett in die Kurve). Im Extremfall, wenn sich der Querverbund genau zwischen den Rädern befindet, bleibt der Sturz relativ zur Fahrbahn konstant wie bei der Starrachse. Wird der Querverbund dagegen in die andere Richtung verlegt, also von den Rädern weg, ergibt sich der gegenteilige Effekt, d.h. die Räder neigen sich noch weiter nach kurveninnen wie das Standbrett. Ähnliche kinematische Variationsmöglichkeiten lassen sich anwenden, wenn die Hilfslenker, wie im zweiten Ausführungsbeispiel, unterschiedlich lang gewählt werden.

[0021] Neben dem Lenk-Freiheitsgrad verfügt die Radaufhängung noch über einen zweiten Freiheitsgrad, der für die Federung genutzt wird. Die Federung hat im wesentlichen die Aufgabe, zum Abfedern von Fahrbahnubenheiten eine Relativbewegung zwischen Aufbau und Fahrbahn (die ihrerseits durch die Relativbewegungen der Lenker gegenüber dem Aufbau ermöglicht wird) zuzulassen und anschließend den Aufbau möglichst schnell wieder (d.h. ohne störendes Nachschwingen, was ein gute Dämpfung voraussetzt) in seine Normallage zurückzustellen. Neben dieser Aufgabe, die als sog. Hubfederung bezeichnet wird, kann sie auch noch die Geradeausstellung bzw. des Aufbaus in die waagerechte Ausgangslage. (Als Wanken wird im Kraftfahrzeugbau die Seitenneigung des Aufbaus bei Kurvenfahrt bezeichnet). Die Lenkungsrückstellung kann entweder über separate Federungselemente erfolgen, oder - wie z.B. in Fig. 1 - von der Hubfederung mit übernommen werden. Hier sind vier Zugfedern **12** als Federelemente gewählt, die oben an den Längslenkern und unten am Standbrett in den Federelement-Haltern **13**, **14** eingehängt sind und an denen das Standbrett "hängend" gelagert ist. Die Federn werden bei jeder Ein- und Ausfederbewegung ihres Längslenkers ausgelenkt uns sind damit sowohl bei Lenkals auch Federungsbewegungen wirksam (Wank- und Hubfederung).

[0022] Die Positionierung der Lenker oberhalb des Standbretts erlaubt eine extrem tiefe , Surfbrettähnliche Standposition und eignet sich daher insbesondere für längere Rollbretter, z.B. Strandsurfer, bei denen die Lenker vor und hinter dem eigentlichen Standbereich angeordnet werden können. Dementsprechend ist das Rollbrett aus Fig. 1 auch mit Fußschlaufen **17** und einem sog. Mastfuß **18** ausgestattet, mit dem sich ein Surfsegel-Rigg **20** (von dem in Fig. 1 nur der untere Teil des Masts strichpunktiert dargestellt ist) am Standbrett befestigen läßt. Damit das Rigg zur Steuerung und Dosierung der Windkraft nach allen Seiten geneigt werden kann, ist es über ein Kardangelenk **19** (üblicherweise ein Gummi-Kerblager) mit dem Mastfuß verbunden. Da es sich hierbei um handelsübliche Standardteile handelt, sind hier nicht näher ausgeführt.

[0023] Hinweis zu den Bezugszeichen: Die Bezugszeichen ohne Indizes, z.B. 3 für die Längslenker, gelten allgemein für alle 4 Längslenker eines Rollbretts. Falls ein spezieller Längslenker beschrieben werden soll, erhält er einen Index nach folgendem Schema: 3' für vorne links, 3" für vorne rechts, 3'" für hinten links und 3"" für hinten rechts. Zur Erleichterung der Suche in den Bildern erhalten zudem Teile mit gleicher Bezeichnung in den verschiedenen Beispielen ähnliche Bezugszeichen; z.B. für Längslenker 3, 23, 43, 63, 83 usw. In einigen Bildern, z.B. an der Hinterachse von Fig. 1, werden neben diesen oberen auch einige unten angebrachten Indizes "e", "a" oder "NL" verwendet. Sie stehen für "eingefedert", "ausgefedert" bzw. "Normallage".

[0024] Im zweiten Ausführungsbeispiel (**Fig. 3-7**) ist in detaillierter Ausführung eine ähnliche (quasi-ebene)

Viergelenkkette dargestellt, bei der jedoch im Gegensatz zu Fig. 1 die Federkräfte nicht über zwei Zugfedern pro Achse, sondern über je eine zentrale Druckfeder (32) am Aufbau bzw. Standbrett abgestützt werden, und die Lenker nicht oberhalb, sondern unterhalb des Standbretts angeordnet sind. Daher ist umgekehrt zu Fig. 1 der "erste" (dem Rad zugewandte) Hilfslenker **21** stets auf Druck und der "zweite" Hilfslenker **22** stets auf Zug belastet. Zudem ist - um auch hier eine tiefe Lage des Momentanpols M zu realisieren - der Abstand zwischen den längslenkerseitigen Gelenken **25**, **26** geringer als der Abstand zwischen den aufbauseitigen Gelenken **27**, **28**. Wie in Fig. 1 ist das "zweite" längslenkerseitige Gelenk (**26**) als Drehgelenk ausgeführt, während für die übrigen 3 Gelenke handelsübliche Kugelgelenke gewählt wurden. Hierbei sind die beiden Gelenke **25**, **27** des ersten Hilfslenkers **21** reine Kugelgelenke (die Stahl-Kugelköpfe drehen sich in Kunststoff-Kugelpfannen, die durch elastische Manschetten abgedichtet und in Stahl-Gehäusen gelagert sind); das kardanische Gelenk **28** des zweiten Hilfslenkers ist dagegen als Winkelgelenk dargestellt (Drehgelenk mit kugelförmiger Gleitfläche; erlaubt keine so großen Winkelausschläge wie reine Kugelgelenke). Das Winkelgelenk 28 ist im Hilfslenker 22 verschraubt und durch die Konterschraube **39** gesichert.

[0025] In Gegensatz zu Fig.1 bildet das Drehgelenk **26** zur Reduzierung des Bauteileaufwands eine Baueinheit mit der Lagerung des Verbindungselements **29**, über das der kinematische Querverbund zum gegenüberliegenden Längslenker erfolgt. Das Verbindungselement **29** ist hier als separates Rohr ausgeführt, das die in die Aluminiumguß-Längslenker **23'**, **23"** eingepreßten Rohrstücke **35'**, **35"** konzentrisch umfaßt und durch die Gleitbuchsen **36** an diesen abgestützt ist. (Als Gleitbuchsen können z.B. handelsübliche Teflon-Lager verwendet werden, die kein Schmiermittel benötigen). Die Rohrstücke **35'**, **35"** umfassen ihrerseits wieder über Gleitbuchsen (37) die Wellen **38'**, **38"** der Drehgelenke **26**. Die Wellen **38** sind in die "zweiten" Hilfslenker **22** eingepreßt und über diese mit dem Winkelgelenk **28** verbunden. Dieses "doppelte" Drehgelenk ermöglicht damit sowohl eine Drehung der Längslenker **23** relativ zu ihren Hilfslenkern **21**, **22** als auch eine Drehung der Längslenker relativ zueinander bzw. zum Verbindungselement **29**. Die Buchsenpaare **36**, **37** sind jeweils in großem Abstand zueinander montiert, um eine möglichst breite Abstützbasis der Kräfte und Momente zu erhalten, die von den Rädern in die Längslenker eingeleitet werden. Die Momente werden über das Verbindungselement **29**, die Hilfslenker **22'**, **22"** und die Winkelgelenke **28'**, **28"** an der jeweils gegenüberliegenden Fahrzeugseite abgestützt, und die Kräfte ebenfalls über des Verbindungselement **29** in das Federelement **32** eingeleitet und von dort über den Federungshalter **34** am Standbrett **31** abgestützt.

[0026] Das Verbindungselement **29** erfüllt neben seiner kinematischen Funktion (als Träger des kinematischen Querverbunds) damit zusätzlich die Funktion eines Kraftübertragungsglieds für die Fahrzeugfederung. Das Federübersetzungsverhältnis i wird durch das Verhältnis der virtuellen Hebellänge (Abstand zischen Verbindungselement **29** und virtuellem Drehpol M) zur Lenker-länge (Abstand zwischen Rad **30** und Drehpol M) bestimmt. Als Federelement **32** dient in Fig. 3, 4 ein Block aus geschäumten Polyurethan (PUR), das im Kraftfahrzeugbau u.a. als Werk-stoff für Zusatzfedern eingesetzt wird, sehr strapazierfähig ist und darüberhinaus sehr gute Dämpfungseigenschaften aufweist. Das Element **32** ist derart geformt, daß es neben der Hubfederung (Dämpfung von Fahrbahnstößen und Rückstellung des Standbretts in seine Normallage nach Schwingungsvorgängen) auch die Wankfederung bzw. die Lenkungsrückstellung übernimmt (Rückstellung der Lenker in die Geradeausposition mit gleichzeitiger Rück-stellung des Standbretts in die waagerechte Ausgangslage). Das Verhältnis der Hubfederrate zur Wankfederrate kann sowohl über das Breiten/Längen-Verhältnis des Federelements als auch über die Kontur der Anlagefäche an das Verbindungselement **29** beinflußt werden. Die in diesem Beispiel gewählte und in Fig. 6 gestrichelt eingezeichnete, in der Mitte spitz zulaufende Ausgangskontur hat folgende Vorteile:

- Bei Geradeausfahrt, in der das Verbindungselement beim Ein- und Ausfedern stets quer zur Fahrtrichtung verbleibt (wie in Fig. 4 dargestellt), nimmt die Anlagefläche an das Verbindungsrohr **29** mit zunehmender Einfederung progressiv zu (d.h. im ausgefederten Zustand liegt das Federelement nur mit seiner Spitze am Rohr an, im eingefederten Zustand dagegen in voller Breite), so daß sich eine progressive Hubfederrate ergibt: Sie ist komfortabel um die Normallage und wird zunehmend härter beim Einfedern, so daß ein Durchschlagen beim Überfahren steiler Hindernisse vermieden wird. (Dieser voll eingefederte Fahrzustand bei Geradeausfahrt ist in Fig. 3 strichpunktiert eingezeichnet. Hierbei reduziert sich die Bodenfreiheit um den Betrag zwischen der Bodenfreiheitslinie B bei Normallage und Be im eingefederten Zustand).

- Bei der in den Figuren 5-7 dargestellten Kurvenfahrt, in der das Verbindungselement um den Lenkwinkel λ schräg zur Fahrtrichtung ausgelenkf ist, nimmt die Anlagefläche mit zunehmendem Lenkwinkel ebenfalls progressiv zu, so daß sich auch eine progressive Wankfederrate ergibt; d.h. leichtgängiges Lenken um die Mittellage herum und gute Wankabstützung in den Endlagen. Letztere sorgt für ein gut kontrollierbares Lenkverhalten, indem sie das bei vielen Rollbrettern zu beobachtende "Abkippen" der Standfläche nach zu heftiger Gewichtsverlagerung verhindert.

[0027] Da neben den geometrischen Parametern zu-

sätzlich auch die Werkstoffeigenschaften des Federelements verändert werden können (z.B. über die Dichte des Schaums), ergeben sich zahlreiche Variationsmöglichkeiten für die Feinabstimmung des Federungs- und Dämpfungs-verhaltens.

[0028] Auch eine nachträgliche Änderung der Federungseigenschaften - z.B. Anpassung an unterschiedliche Fahrergewichte oder Veränderung der Bodenfreiheit - läßt sich einfach durch Verschieben der Federelementhalter **34** an der Standbrett-Unterseite durchführen: Entweder durch Versetzen der Verschraubungspunkte in Längsrichtung oder durch einen stufenlosen Verstellmechanismus, wie er aus Fig. 6 und 7 ersichtlich ist: Der Halter **34** weist an seiner Anlagefäche zum Standbrett an beiden Seiten eine Verlängerung auf, die in eine Ausnehmung des Aufbau-Rahmens **24** greift und beim Anschrauben des Aufbaus an die Standbrett-Unterseite mit eingeklemmt wird. Zum Verstellen des Halters genügt es, die Befestigungs-schrauben zu lockern und nach der Verstellung wieder anzuziehen. Um die Schraubverbin-dung durch häufiges Verstellen nicht zu verschleißen, könnte der Halter - wie in der Ansicht **X** dargestellt - durch eine separate Befestigungsschiene **40** fixiert werden, die auf den Aufbau **24** aufgeschraubt ist.

[0029] Ähnlich wie im ersten Beispiel (Fig. 1 und 2) befindet sich das Verbindungselement **29** in der Normallage in etwa senkrecht über dem virtuellen Drehpol M. Da in Fig. 4 jedoch das Verbindungselement eine Baueinheit mit dem Drehlager **26** bildet, muß hierzu der zugehörige Hilfslenker **22** in Normallage in etwa senkrecht und der andere Hilfslenker **21** entsprechend schräger gestellt werden, um eine Position des Momentanpols M genau unter der Querverbindung zu erhalten. Die unterschiedlichen Längen der Hilfslenker **21** und **22** haben zur Folge, daß das Drehgelenk **26** beim Ausfedern einen größeren Weg zurücklegt als beim Einfedern, so daß es sich relativ zur Standfläche **31** kurvenaußen in einer höheren Position befindet (**26"**) als kurveninnen (**26'**) und somit das Verbindungselement **29** in der Vorderan-sicht (Fig. 7) etwas schräggestellt wird. Diese Schrägstellung um den Winkel b führt dazu, daß sich der Sturzwinkel γ der Räder **30** relativ zur Fahrbahn um diesen Winkel β vergrößert, daß die Räder also etwas stärker nach kurveninnen geneigt sind als die Standfläche **31**. Der "Kurvenleger-Effekt" wird also verstärkt. Je nach den Anforderungen an das Fahrverhalten kann dieser Effekt dadurch kompensiert oder auch weiter verstärkt werden, indem der kinematische Querverbund in der Normallage nicht genau vertikal über dem Momentanpol angeordnet wird, sondern etwas davor oder dahinter.

[0030] Anzumerken ist noch, daß das Verbindungselement **29** etwas Axial-Spiel zwischen den Längslenkern **23'** und **23"** aufweist, um eine axiale Verschiebung der Längslenker (in Fahrzeug-Querrichtung) zueinander zu ermöglichen. Die Längslenker sind in Querrichtung über ihre Drehgelenke **26'** bzw **26"** und Hilfslenker **22'** bzw. **22"** am Aufbau fixiert und führen deshalb beim asynchronen Ein- und Ausfedern nicht nur eine Drehbewegung relativ zueinander aus, sondern auch eine leichte Verschiebebewegung. Da das Verbindungsrohr zudem auch drehbar gegenüber den Längslenkern (bzw. ihren Rohrstücken **35'**, **35"**) gelagert ist, würde es ohne das Federelement **32**, an dem es stets anliegt und über Reibschluß fixiert ist, eine undefinierte Lage einnehmen.

[0031] In **Fig. 8** sind zwei Ausführungsbeispiele einer Viergelenkkette mit jeweils drei Dreh- und einem Schubgelenk dargestellt: An der Vorderachse, links im Bild, als Schubkurbeltrieb (mit dem aufbauseitigen Gelenk **48'** als Schubgelenk) und an der Hinterachse als Kurbelschleife (mit dem längslenkerseitigen Gelenk **46"'** als Schubgelenk).

[0032] Das Schubgelenk ist an der Vorderachse in Form einer (in der Seitenansicht leicht gekrümmten) Schiene **48'** realisiert, in der - ähnlich wie bei der Aufhängung einer Schiebetüre - ein kleines Rad **42'** abrollt, das mittels Drehgelenk **46'** am Längslenker **43'** gelagert ist und durch die Schiene geführt wird. Der "erste" Hilfslenker **41** mit seinen beiden Kugelgelenken **45** und **47** entspricht im Prinzip den Hilfslenkern 1 und 21 der vorangegangenen Beispiele, während die Funktion des zweiten Hilfslenkers als Übertragungsglied zwischen Schubgelenk 48' und Drehgelenk 46' hier vom Rädchen 42' übernommen wird. Statt der gekrümmten könnte auch eine gerade Schiene eingesetzt werden (dann würde ein Geradschubkurbeltrieb vorliegen), doch hat die hier gewählte gekrümmte Bahn die bei manchen Anwendungen vorteilhafte Eigenschaft, daß sich der Momentanpol beim Ein- und Ausfedern (strichliert dargestellt) weniger stark in vertikaler Richtung bewegt und somit für ein Federwegunabhängigeres Fahrverhalten sorgt. Würde die Schiene in die andere Richtung, d.h. an ihren Enden nach unten, gekrümmt werden, wäre die Polbahn dementsprechend steiler.

[0033] Der Schubkurbeltrieb weist im Vergleich zur Vier-Drehgelenk-Kette den Vorteil auf, daß sich das Drehgelenk 46' auf einer (hier nahezu) horizontalen Bahn bewegt und damit nur minimalen vertikalen Bauraum beansprucht. In der Konfiguration von Fig. 8 wird dieser Bauraumvorteil voll ausgenutzt: Wie aus der strichpunktierten Darstellung hervorgeht, ist der Hilfslenker 41' derart angeordnet, daß er sich bei voller Einfederung - dem hinsichtlich Bodenfreiheit kritischsten Fahrzustand - nahezu an die Standbrettunterseite anlegt. Sowohl das Kugelgelenk des Längslenkers **45e** als auch sein Drehgelenk **46'e** befinden sich hier in ihrer höchste vertikalen Stellung, also im größtmöglichen Abstand zur Fahrbahn, so daß sich eine extrem niedrige Standbrett-Position realisieren läßt. Daß sich der Hilfslenker beim Ausfedern vom Standbrett wegbewegt (**45a**), spielt für die Bodenfreiheit keine Rolle.

[0034] Diesem räumlichen Vorteil steht allerdings ein kinematischer Nachteil gegenüber, der bei engen Kurven in Erscheinung tritt, wenn der kurveninnere Hilfslen-

ker voll ein- und der äußere voll ausfedert. Der kurveninnere Hilfslenker (45'e) nähert sich hier nämlich seiner Strecklage, in der die Polbahn P die (in etwa horizontale) Bahn des Drehgelenks 46' schneiden und der (eingefederte) Momentanpol Me mit dem (eingefederten) Gelenkpunkt **46'e** zusammenfallen wird. Bereits in der strichpunktiert eingezeichneten Position - als kurz vor der Strecklage - bewegt sich das Kugelgelenk 45'e nahezu senkrecht zur Bahn des Drehgelenks 46', so daß eine weitere Einfederung des Längslenkers nahezu keine Verschiebung des Drehgelenks 46' und damit auch keine Zunahme des Lenkwinkels bewirkt. Der kurvenäußere Hilfslenker nimmt dagegen eine Lage ein (45'a), in der er - wie auch der große vertikale Abstand des (ausgefederten) Momentanpols Ma von der Bahn des Drehgelenks 46' zeigt - eine sehr starke Schiebebewegung des Längslenkers in horizontaler Richtung und damit eine starke Lenkwin-keländerung verursacht. Da über den kinematischen Querverbund **49** die Lenkwinkel des eingefederten und des ausgefederten Längslenkers miteinander verknüpft sind, bedeutet dies im Umkehrschluß, daß mit zunehmendem Lenkwinkel das kurveninnere Rad schneller einfedert als das kurvenäußere ausfedert, so daß sich der Aufbau bzw. das Standbrett mit zunehmender Seitenneigung absenkt (degressive Wank-Kinematik). Dieser negative kinematische Effekt läßt sich, wie die späteren Beispiele in Fig. 10 und 12 zeigen, ins Positive umdrehen, wenn die Hilfslenker derart angeordnet werden, daß sie sich nicht beim Ein-, sondern beim Ausfedern ihrer Strecklage nähern (progressive Wank-Kinematik. Dies verschlechtert i.a. jedoch wieder die Bodenfreiheit.

[0035] Im vorliegenden Anwendungsbeispiel fällt dieser Nachteil der degressiven Wank-Kinematik allerdings nicht ins Gewicht, da er hier durch eine progressive Wank-Federrate kompensiert wird. Zu diesem Zweck sind als Federelemente stark progressive Schraubenfedern **52** mit nicht-konstantem Windungsabstand eingesetzt. Wie in Fig. 8 angedeutet, ist der Abstand zwischen den einzelnen Federwindungen unten gering und nimmt nach oben linear zu. Beim Einfedern berühren sich zuerst die unteren Windungen, legen sich aneinander an und tragen damit nicht mehr zur Federarbeit bei. Je mehr Windungen auf solche Weise abgeschaltet werden, desto geringer wird die Zahl der verbleibenden federnden Windungen und desto härter wird somit die Feder über dem Einfederweg (progressive Federrate). Neben der Wank-federrate fällt damit auch die Hubfederrate progressiv aus, weil die Federkräfte, ähnlich wie in Fig. 1, direkt von den Längslenkern zum Standbrett **51** übertragen werden. Da im Gegensatz zu Fig. 1 die Lenker unterhalb des Standbretts ange-ordnet sind, werden die Schraubenfedern - wie auch die,,ersten" Hilfslenker 41 - stets auf Druck belastet und dementsprechend nicht wie Zugfedern an Längslenker und Standbrett eingehängt, sondern durch die Federteller **53** und **54** geführt.

[0036] An der Hinterachse, rechts in Fig. 8, ist ein im Vergleich zur Vorderachse aufwendigeres, dafür aber verschleiß- und korrosionsbeständigeres Schubgelenk in Form eines Teleskop-Stoßdämpfers (ähnlich dem aus dem Kraftfahrzeugbau bekannten McPherson-Federbein) eingesetzt. Bei dieser Geradführung gleitet eine Kolbenstange **42"'** mit daran befestigtem Kolben **46"'** in einem Hohlzylinder, der mit dem Längslenker **43"'** eine Baueinheit bildet, und verdrängt beim Ein- uns Ausfedern eine Hydraulik-Flüssigkeit (z.B. Stoßdämpferöl) von einer Zylinderkammer in die andere. Die verdrängte Hydraulikflüssigkeit strömt dabei durch die Ventile **55** im Kolben und setzt der Kolbenbewegung einen Strömungs-Widerstand (infolge Flüssigkeitsreibung) entgegen, welcher die Fahrzeug-Schwingungen dämpft und über die Einstellung der Ventile beliebig variiert werden kann; z.B. über den Öffnungsquerschnitt der Ventile oder über die Federvorspannung bei Einsatz federbelasteter Rückschlagventile. Mit solch einem hydraulischen Schwingungsdämpfer lassen sich das Federungs- und Dämpfungsverhalten optimal aufeinander abstimmen. Aus kinematischer Sicht übt die Kolbenstange 42"' hierbei die Funktion des "zweiten" Hilfslenkers aus, der mittels des Kugelgelenks 48"' am Aufbau 44"' gelagert ist. Sein längslenkerseitiges Gelenk ist das Schubgelenk, das sich aus der Kolbenstange 42"', dem Kolben 46"' und dem Hohlzylinder zusammensetzt. Der erste Hilfslenker **43"'** mit seinen Kugelgelenken **45"'** und **47"'** sowie das Verbindungselement **49"'** (das wie in Fig. 3-7 als Rohr ausgeführt ist, welches 2 zwei Wellen gleichen Durchmessers konzentrisch umfasst) sind funktionsgleich mit den entsprechenden Komponenten der Vorderachse. Die Kurbelschleife der Hinterachse weist daher ein ähnliches kinematisches Verhalten auf wie der Schubkurbeltrieb der Vorderachse, jedoch mit einer wesentlich steileren Polbahn; d.h. mit einer noch degressiveren Wank-Kinematik.

[0037] **Fig. 9** zeigt die Radaufhängung aus Fig. 8 in der Draufsicht, wobei allerdings gegenüber der Seitenansicht einige Funktionsteile variiert sind: An der Vorderachse, links im Bild, ist anstelle des verschleißanfälligen Schubgelenks 48' ein funktionsäquivalentes Drehgelenk **58'** eingesetzt. Im Gegensatz zu den quasi-ebenen Viergelenkketten aus Fig.1-7, bei denen alle Drehachsen quer-horizontal angeordnet sind, steht hier die Achse des Drehgelenks 58' in etwa senkrecht, und der zugehörige ("zweite") Hilfslenker **56'** erstreckt sich in etwa quer zur Fahrtrichtung. Das längslenkerseitige Gelenk **57'** des Hilfslenkers 56' bewegt sich daher in der Draufsicht auf einer Kreisbahn um das Drehgelenk 58', beschreibt aber in der Seitenansicht eine in etwa horizontale Gerade, so daß in der Projektion auf die Zeichenebene kinematisch eine Geradführung vorliegt. Diese Variante verbindet also die praktischen Vorteile der Viergelenkkette (keine verschleißanfälligen Geradführungs-Gelenke) mit den kinema-tischen Vorteilen des Schubkurbeltriebs (geringer vertikaler Bauraumbedarf). Sie zählt zu den räumlichen Viergelenkketten, da die Drehachsen der beiden Hilfslenker (41' und 56')

nicht parallel zueinander angeordnet sind.

[0038] Aus der Vorderachs-Radaufhängung von Fig. 9 läßt sich eine weitere Variante der räumlichen Viergelenkkette ableiten, die an der Hinterachse (rechts im Bild) dargestellt ist. Dort ist der "zweite Hilfslenker **56"'** in Normallage nicht genau quer, sondern um den Winkel d gepfeilt angeordnet. Aufgrund dieser Pfeilung wird der Längslenker **43"'** beim Einfedern (strichpunktierte Darstellung) durch das Kugelgelenk (58"'e) zur Fahrzeugmitte hingezogen und schlägt hierdurch den kurveninneren Lenkwinkel λ"' ein, während der gegenüberliegende Längslenker **43""** beim Ausfedern von der Fahrzeugmitte wegbewegt wird und zum kurven-äußeren Lenkwinkel λ"" einschlägt. Bei dieser Variante wird somit - im Gegensatz zu allen vorangegangenen Beispielen - ohne Vorhandensein eines kinematischen Querverbunds gelenkt. Hier liegt also keine Verbundlenkerachse mehr vor, sondern eine reine Einzelradaufhängung. Sie ist wegen der geringeren Gelenkanzahl zwar einfacher aufgebaut, weist jenen gegenüber aber folgende Nachteile auf:

- Aufgrund des fehlenden Querverbunds verfügt jedes Rad über einen eigenen (Federungs-) Freiheitsgrad, ohne vom benachbarten Rad beeinflußt zu werden; jedes Rad steht für sich im Kräftegleichgewicht mit der zugehörigen Feder. Daher gibt es auch keine feste Zuordnung zwischen dem kurveninneren Lenkwinkel λ"' und dem kurvenäußeren Lenkwinkel λ"", was zu einem indifferenten Fahrverhalten führen kann. Unangenehmer ist noch das Verhalten bei Geradeausfahrt, da jede Ein- oder Ausfederbewegung der Räder in einen Lenkwinkel umgesetzt wird. Bei den Verbundlenkerachsen bewirkt demgegenüber der kinematische Querverbund dafür, daß bei Kurvenfahrt die Lenkwinkel beider Räder stets gleich sind (λ"'=λ"") und daß bei Geradeausfahrt überhaupt kein Lenkwinkel erzeugt wird.

- Ferner sorgt bei den Verbundlenkerachsen der kinematische Querverbund neben identi-schen Lenkwinkeln auch für identische Sturzwinkel beider benachbarter Räder relativ zum Aufbau (bzw. für konstante Lenk- oder Sturzdifferenzwinkel, falls aus fahrdynamischen Gründen der Ausgangslenk- oder - sturzwinkel unterschiedlich von Null gewählt wurde). Der Querverbund fesselt also 2 Freiheitsgrade pro Achse. Während auf die Fesselung des Lenkwinkel-Freiheitsgrades unter Inkaufnahme o.g. Funktionseinbußen verzichtet werden kann, muß der Sturzwinkel-Freiheitsgrad aufgehoben werden, damit das Rad nicht seitlich wegkippt. Dies ist an der Hinterachse in Fig. 9 dadurch realisiert, daß am "ersten" Hilfslenker **41** das aufbauseitige Kugelgelenk durch ein Drehgelenk **59"'** und das längslenker-seitige Kugelgelenk durch ein Kardangelenk **60"'** ersetzt wird, das statt 3 nur über 2 Freiheitsgrade verfügt (Drehung um eine vertikale sowie um eine quer-horizontale Drehachse). Die Drehgelenke verhindern die Drehung des Längslenkers 43"' um eine längs-horizontale Achse und halten somit den Radsturz konstant relativ zum Aufbau.

[0039] Da diese aufwendige Lagerung des Hilfslenkers den Kostenvorsprung, der aus dem fehlenden Querverbund resultiert, wieder zunichte machen dürfte, ist die Hinterachs-Radaufhängung aus Fig. 9 aufgrund ihrer Funktionsnachteile von untergeordnetem Interesse.

[0040] In **Fig. 10** und **11** ist eine Variante der räumlichen Viergelenkkette mit kinematischem Querverbund (abgeleitet aus der Vorderachsaufhängung von Fig. 9) konstruktiv detailliert ausgeführt. Hier wird neben deren kinematischen Eigenschaften noch ein zusätzlicher praktischer Vorteil genutzt, der sich aus der vertikalen Drehachse des "zweiten" Hilfslenkers 62 ergibt: Die beiden Hilfslenker sind hier an einem gemeinsamen Drehlager **68** aufgehängt und starr miteinander verbunden. Dieses Bauteil wird im folgenden als Querträger **69** bezeichnet, in den eine Welle 74 eingegossen ist und an dessen Enden die Längslenker **63** an Drehgelenken **66** geführt sind. Die Drehgelenke 66 und 68 sind jeweils als doppelreihige Kugellager **76** bzw.**78** ausgeführt, deren Außenringe in den Längslenkern 63 bzw. im Querträger 69 eingepreßt sind, und deren Innenringe auf der Welle **80** bzw. auf der Schraube des Drehgelenks 68 aufgeschoben und durch die Distanzrohre **75** bzw. **77** getrennt sind. Der Querträger 69 verbindet biegesteif den linken Längslenker **63'** mit dem rechten **63"** und übernimmt somit in vorteilhafter Weise gleichzeitig auch die Funktion des kinematischen Querverbunds. Da er mittels des Drehgelenks 68 direkt am Aufbau befestigt ist, weist er mit der Rotation um dieses Gelenk - im Gegensatz zu allen vorangegangenen Beispielen - allerdings nur einen einzigen Freiheitsgrad relativ zum Aufbau bzw. zur Standfläche auf. Er verfügt daher nur über den Lenkungsfreiheitsgrad, nicht aber über einen Federungs-Freiheitsgrad. (Bei den vorangegangenen Beispielen, wie auch bei den Radaufhängungen der Stammanmeldung, besteht dieser Federungs-Freiheitsgrad darin, daß der kinematische Querverbund sich zusätzlich auch in Fahrzeug-Längsrichtung relativ zum Aufbau bewegen kann und somit ein synchrones Ein - oder Ausfedern der beiden Längslenker zuläßt). Zwar wird im folgenden nach wie vor von "Ein- und Ausfederbewegungen" der Längslenker gesprochen, doch finden diese "Federbewegungen" nicht mehr gegen den Widerstand von Federn statt, sondern sind über den Querverbund kinematisch voneinander abhängig: Der linke Längslenker 63' kann nur einfedern, wenn der rechte 63" gleichzeitig ausfedert (und umgekehrt), wenn also der Aufbau während einer Kurvenfahrt zur Seite geneigt wird.

[0041] Der Verzicht auf die Federung erfolgt hier nicht nur aus Kostengründen, sondern hauptsächlich zur vol-

len Ausnutzung der kinematischen Vorteile der hier ausgewählten Sonderform der Verbundlenkerachse. Im Vergleich zum zuvor in Fig. 8 beschriebenen Schubkurbeltrieb ist hier der (erste) Hilfslenker **61** "umgedreht" angeordnet, d.h. das aufbauseitige Kugelgelenk **67** liegt ähnlich wie in Fig.1 unterhalb des längslenkerseitigen Kugelgelenks **65**, wodurch der Hilfslenker 61 stets auf Zug belastet wird. Diese Anordnung hat gegenüber Fig. 8 den Vorteil, daß sich der Hilfslenker nicht beim Ein-, sondern beim Ausfedern seiner Strecklage nähert, so daß - wie zuvor bereits erwähnt - der Aufbau sich bei Seitenneigung nicht absenkt, sondern anhebt (,,Aufstützeffekt" bzw. progressive Wank-Kinematik). Dieser Effekt ist u.a. auch daraus ersichtlich, daß der Einfederweg (Höhendifferenz zwischen 70NL und 70e) deutlich geringer ist als der Ausfederweg (Differenz zwischen 70NL und 70a). Die Anhebung des Aufbaus, die ja gleichzeitig auch eine Anhebung des Fahrers bewirkt, ermöglicht eine für Rollbretter völlig neuartige Form der Lenkungsrückstellung: Die Gewichtsrückstellung.

[0042] Während bei allen vorbekannten Rollbrettern, sowohl den Starrachsaufhängungen als auch den Verbundlenkerachsen der Stammanmeldung, die Rückstellung der Räder in die Gerade-ausstellung bzw. der Standfläche in die horizontale Ausgangslage durch (Wank-) Federn erfolgt, drückt hier das Fahrergewicht (sowie die demgegenüber vernachlässigbare Standbrett- und Aufbaumasse) das Standbrett in seine Tieflage und damit in seine horizontale Ausgangslage zurück. Der Schwung aus der Lenkbewegung wird also nicht in Federenergie, sondern in potentielle Energie umgesetzt. Dies bringt folgende Vorteile mit sich:

- Bei Rollbrettern werden zur Lenkungsrückstellung i.a. Gummi- oder Kunststoff-Federele-mente eingesetzt, die sich beim Ein- uns Ausfedern verformen und infolge dieser Verformungsarbeit unvermeidbare Energieverluste hinnehmen müssen. Dies ist besonders störend bei Skateboards, die z.T. durch sogenanntes "Pumpen" fortbewegt werden, bei dem der Fahrer durch ständiges Wechselkurvenfahren mit gleichzeitiger schlängelnder Gewichtsverlagerung sein Skateboard vorantreibt, ohne sich mit den Beinen von der Fahrbahn abzustoßen. Hier wirkt sich die verlustfreie und damit kräftesparende Umwandlung in potentielle Energie statt Federenergie besonders vorteilhaft aus. Dies ist auch ein Grund, warum in diesem spezifischen Beispiel auf die ebenfalls energiezehrende Hubfederung verzichtet wird.

- Bei schnellen Wechselkurven versucht der Fahrer, seinen Körperschwerpunkt möglichst auf gleicher Höhe und auf einer geraden Bahn zu halten, während das Rollbrett unter ihm eine Sinuskurve fährt. Hier kommt es ihm entgegen, wenn sich das Standbrett in den Scheitelpunkten der Kurven möglichst weit anhebt, so daß stets der Abstand zwischen Standbrett und Körperschwerpunkt weitgehend konstant bleibt und der Fahrer elegant aus den Knien oder der Hüfte heraus, ohne Hoch-Tief-Bewegung des Körpers, seine Kurven einleitet. So ergibt sich ein Snowboard-ähnliches Fahrverhalten, da Snowboards beim "Aufkanten" in der Kurve ebenfalls angehoben werden. Ähnliches gilt für Surf- und kleine, wendige Windsurfbretter.

- Wie sich in Fig. 10 aus dem Verlauf der Polbahn ablesen läßt (hierzu wurden neben der Normallage M und den Endlagen Me, Ma des Momentanpols auch noch jeweils 3 Zwischenschritte eingezeichnet) nimmt der Aufstützeffekt progressiv zu den Endlagen zu. Dieses Verhalten unterstützt das vorgenannte "aus den Knien Herausfahren" und wirkt sich zudem ähnlich positiv auf das Fahrverhalten aus wie die progressive Wankfeder aus Fig. 3, da hierdurch eine Überreaktion des Rollbretts auf zu heftige oder unbeabsichtigte Gewichtsverlagerungen verhindert wird.

[0043] Zu diesen speziellen Vorzügen kommen noch die übrigen Vorteile hinzu, welche die Verbundlenker-Radaufhängung bietet und auf die in der Stammanmeldung ausführlich eingegangen wird. Hier ist insbesondere die im Vergleich zu den Starrachsen-Rollbrettem wesentlich bessere Seitenführungskraft der Räder zu nennen, die durch das Mitneigen der Räder mit dem Standbrett nach kurveninnen bewirkt wird und sich gerade beim "Pumpen" in schnellen Wechselkurven vorteilhaft auswirkt (höhere Geschwindigkeiten möglich). Dieser Kurvenlegereffekt könnte dadurch noch verstärkt werden, daß die durch das Drehgelenk 68 festgelegte Lenkachse und damit auch die Bahn der Drehgelenke 66 in der Seitenansicht (Fig.10) etwas im Uhrzeigersinn geschwenkt würde. Dies führte dazu, daß der kurveninnere Längslenker 63' etwas weiter ein- und der kurvenäußere 63" etwas weiter ausfedert als bei einer vertikalen Lenkachse, so daß sich die Federwegdifferenz zwischen beiden Längslenkern etwas vergrößern würde. Der Querträger stünde damit in der Vorderansicht etwas schräger relativ zur Fahrbahn, wodurch sich entsprechend auch der Sturzwinkel g der Räder relativ zur Fahrbahn etwas vergrößern würde (ähnlich wie in Fig.3 durch die Schrägstellung des Verbindungselements 29 um den Winkel b relativ zum Standbrett, die dort eine Folge der unterschiedlich langen Hilfslenker ist). Falls das Drehgelenk dagegen in die entgegengesetzte Richtung geschwenkt werden würde, wäre der Querträger relativ zur Fahrbahn etwas weniger geneigt als bei einer vertikalen Drehachse, der Sturzwinkel g würde sich entsprechend verringern und die Federwegdifferenz zwischen beiden Längslenkern vermindern. (Mit solch einer Auslegung wird zwar etwas Seitenführungsvermögen eingebüßt, sie könnte aber z.B. dann angewandt werden, wenn die Reifen bauartbedingt keine sehr großen Sturzwinkel vertragen).

[0044] Aufgrund des Verzichts auf die Federung sowie durch die Zusammenlegung zweier verschiedener Funktionen im drehbar aufgehängten Querträger 69 (Realisierung des kinematischen Querverbunds sowie Ersatz von 2 Schubgelenken durch ein einfaches Drehgelenk) ergibt sich eine relativ einfache und kostengünstige Konstruktion. Neben den beiden Querträgern 69 und den 4 Längslenkern 63 werden für die Radaufhängung des Rollbretts lediglich noch 4 Hilfslenker 61 benötigt, die in diesem speziellen Fall jedoch so ausgelegt sind, daß in hoher Stückzahl verfügbare Lenker aus der Kraftfahrzeugindustrie (sog. Pendelstützen für Stabilisatoren) verwendet und damit Kosten eingespart werden können. Sie sind ähnlich aufgebaut wie die Hilfslenker 41 aus Fig. 3-7, verfügen hier aber über ein Aluminiumguß-Gehäuse (anstelle der Stahl-Schweißkonstruktion). Ihre Kugelgelenke 65 sind in den Längslenkern 63 verschraubt und durch die Kontermutter **79** gesichert. Die Kugeln sind in den Kugelpfannen **72** gelagert, dauergeschmiert und durch die Manschetten **73** abgedichtet.

[0045] In dieser vereinfachten Version weist die Radaufhängung - obwohl kinematisch völlig verschieden - eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Sonderform der Starrachs-Radaufhängung auf, die aus der Offenlegungsschrift 28 45 942 bekannt ist. Auch dort sind an einem drehbaren Querträger (16) zwei Längslenker ("Schwingarme" 18, 20) drehbar aufgehängt, an denen die Räder (26, 28) gelagert sind. Diese Längslenker sind allerdings so kurz, daß sie keine nen-nenswerten Einfluß auf das Lenk- und Sturzverhalten der Räder haben. Ihre Funktion besteht lediglich darin, zum Zwecke der Abfederung von Fahrbahnstößen eine Relativbewegung in vertikaler Richtung zwischen dem Querträger und den Rädern zuzulassen; sie sind daher über zusätzliche Federungselemente (30, 82, 84, 116, 118, 176) mit dem Querträger 16 verbunden. Die Lenkfunktion übernimmt allein der Querträger nach dem üblichen Prinzip der Starrachs-Radaufhängungen für Rollbretter: Die Starrachse bzw. der Querträger ist über ein in der Seitenansicht schräg gestelltes Drehlager (Drehzapfen 44 mit Bohrung 36) an der Unterseite des Standbretts aufgehängt und wird somit bei einer Seitenneigung des Standbretts zu einem Lenkeinschlag gezwungen; die Rückstellung in die Geradeausposition erfolgt über ein Feder-element ("Puffer" 48). Die Größe des Lenkeinschlags, d.h. die Zuordnung von Lenkwinkel und Seitenneigung des Standbretts, wird von der Winkelstellung des Drehgelenks 36/44 bestimmt. Die Drehachsen müssen dabei derart schräggestellt sein, daß sich ihre Wirkungslinien unterhalb des Standbretts schneiden (sonst würde der Lenkeinschlag in die falsche Richtung erfolgen).

[0046] Hier handelt es sich also um eine Mischform aus Einzelradaufhängung und Starrachse: Wie bei den üblichen Starrachsaufhängungen ist das Basiselement (hier als "Halterung" 14 bezeichnet) die an dem schräggestellten Drehlager 36/44 aufgehängte Starrachse 16, an der - als kennzeichnendes Merkmal des Hauptanspruchs - zwei Längslenker 18, 20 (bzw. zwei Räder 26/28) unabhängig voneinander drehbar gelagert sind (und unabhängig voneinander gegen den Widerstand von eigenen Federelementen ein- und ausfedern können). Jeder Längslenker bzw. jedes Rad verfügt daher über unabhängige 2 Rotations-Freiheitsgrade relativ zum Aufbau: Die Drehung mitsamt der Starrachse um die schräge Lenkachse sowie die davon unabhängige Drehung jedes Lenkers um die Starrachse. Beide Drehungen erfolgen gegen den Widerstand voneinander unabhängiger Federelemente: Die Lenkbewegung gegen den Puffer 48 (Wankfederung) und die Federbewegung gegen die Federungselemente, z.B. 30 (Hubfederung). Da beide Federelemente in Reihe geschaltet sind und daher unabhängig voneinander federn können, lassen sich die Federungsfunktionen nicht sauber voneinander trennen, d.h. der Puffer 48 kann auch beim Federn ansprechen und das Federungselement beim Lenken und umgekehrt. Die Folge ist ein indifferentes, von vielen Zufälligkeiten beeinflußtes Fahrver-halten (z.B. Schwingungsvorgänge beim Überfahren von Fahrbahnunebenheiten, bei denen der Achskörper 16 zwischen den Federn 48 und 30 hin und her schwingen kann). In der Stammanmeldung wird auf diese Nachteile ausführlich eingegangen.

[0047] Kinematisch könnte diese Radaufhängung als "offene Dreigelenkkette" bezeichnet werden. Im Gegensatz hierzu liegt bei der Ausführungsform in Fig. 10/11 eine geschlossene Viergelenkkette vor, bei der das Rad bzw. der Längslenker nur einen einzigen Freiheitsgrad (Drehung um den Momentanpol) aufweist. Aufgrund der zusätzlichen Kopplung über den kinematischen Querverbund (hier: Querträger 69) verfügen beide Längslenker zusammen nur über einen einzigen Freiheitsgrad; d.h. ein Rad kann nur einfedern, wenn das andere Rad gleichzeitig ausfedert. Hierdurch weist auch die Standfläche gegenüber der Fahrbahn eben-falls nur einen einzigen Freiheitsgrad auf (Seitenneigung bei gleichzeitigem Lenkeinschlag der Längslenker). Das unterschiedliche kinematische Verhalten dieser Ausführungsform im Vergleich mit der DE 28 45 942 A hat also folgende Gründe :

- Während bei der Starrachse die Lenkachse zur Erzielung eines Lenkwinkels schräggestellt werden muß, ist hier die Drehachse des Querträgers vorzugsweise vertikal zur Fahrbahn angeordnet, damit der Querträger stets parallel zur Standfläche bleibt und sich somit mit der Standfläche zur Seite neigt. Dies ist die Voraussetzung dafür, daß sich die Längslenker und damit - als ausschlaggebender Unterschied zur Starrachse - auch die Räder mit zur Seite neigen. Eine weitere Voraussetzung ist, daß die Längslenker ausreichend lang sind, so daß auch die ausgefederten Räder bei voller Seitenneigung des Standbretts am Boden bleiben.
- Während bei der schräg aufgehängten Starrachse

der Lenkeinschlag auf direktem Weg durch die Reaktionskräfte der Fahrbahn erzeugt wird, ist in Fig. 10/11 wegen der vertikalen Drehachse ein Hilfslenker 61 erforderlich, der die (von der Fahrbahn erzwungene) Ein- oder Ausfederbewegung der Längslenker in einen Lenkwinkel des Querträgers umsetzt. Der Hilfslenker 61 ist neben dem Querträger 69 eine zweites Verbindungsglied zum Aufbau und schließt damit die Viergelenkkette. Von seiner Position und Winkelstellung hängt es ab, in welcher Richtung und mit welchem Betrag der Längslenker ausgelenkt wird.

- Durch geschickte Anordnung der Hilfslenker läßt sich erreichen, daß die Ein- und Ausfederwege der Längslenker unterschiedlich groß sind, so daß eine Gewichtsrückstellung nach dem Lenken realisiert und somit die Wankfeder eingespart werden kann. Dies ist bei einer Starrachsaufhängung (an einem einzelnen, schräg angestellten Drehgelenk) prinzipiell nicht möglich.

[0048] Es würde also nicht ausreichen, in DE 28 45 942 A die dortigen Längslenker - bei Verzicht auf die Federungsfunktion - einfach nur mit je einem Hilfslenker zu versehen, um ein ähnliches kinematisches Verhalten zu erreichen. Hierzu müßten zusätzlich die Lenkachse senkrecht gestellt und die Längslenker soweit verlängert werden, daß die kurvenäußeren Räder bei voller Seitenneigung des Standbretts nicht abheben.

[0049] Die Radaufhängung in **Fig. 12** und **13** stellt eine Umkehrung des Kinematikprinzips aus Fig. 10/11 dar: Während dort die "zweiten" Hilfslenker 62 mit dem Querverbund zum sog. Querträger 69 zusammengefaßt wurden, sind dies hier die "ersten" Hilfslenker 81 zum Querträger **89**. Und während dort die Lenker bezüglich ihrer Wirkrichtung ähnlich wie in Fig. 1 ange-ordnet sind - der "erste" (dem Rad zugewandte) Hilfslenker ist stets auf Zug belastet - gilt dies in Fig. 12/13 (wie auch in Fig. 3-7) für den "zweiten" Hilfslenker **82**. Da aber auch er sich seiner Strecklage beim Ausfedern nähert, wird auch hier die Standfläche bei Kurvenfahrten angehoben und nach der Kurve durch das Fahrergewicht wieder zurückgestellt (positive Wank-Kinematik). Trotz der inversen konstruktiven Auslegung sind daher beide Ausführungsformen kinematisch gleichwertig. Sie unterscheiden sich darüberhinaus aber noch durch weitere unterschiedliche konstruktive Details:

- Da der Hilfslenker 82 stets auf Zug belastet ist, kann anstelle einer starren Stange auch eine Kette, ein Seil, ein Draht oder ein ähnlich flexibler zugfester Körper eingesetzt werden. In Fig. 12 ist der Hilfslenker als Stahlseil ausgeführt, das am Längslenker **83** und am Dreh-gelenk **88** (einer am Halter **96** aufgehängte Rolle) jeweils mittels Rillen geführt wird und in diesen verschleißfrei abrollen kann. An einem Ende ist es zylindrisch verdickt und am Längslenker eingehängt, am anderen Ende ist es über eine Klemmvorrichtung **95** am Standbrett **91** befestigt und kann mittels dieser in seiner Länge verstellt werden. (Solch eine Verstellung ist sinnvoll, wenn z.B. die Bodenfreiheit verändert oder bei Einsatz von unterschiedlich großen Rädern die Höhe des Standbretts angepaßt werden soll). Das Seil ist gegenüber einem starren Kugelgelenk-Hilfslenker i.a. kostengünstiger und hat darüber-hinaus den Vorteil, daß es in den Gelenkpunkten - wie aus dem Vergleich der Figuren 10 und 12 ersichtlich - weniger Bauraum benötigt. Da die Relativbewegungen zwischen dem Hilfslenker (Seil) und dem Längslenker bzw. dem Aufbau durch Verformung des (flexiblen) Seils erfolgt, sind keine Gelenke erforderlich; dafür ist das Seil in diesen Gelenkpunkten infolge der ständigen Verformungsarbeit allerdings wesentlich verschleißanfälliger als ein Kugelgelenk.

- Die Flexibilität des Seils wird in Fig. 12 für eine zusätzliche kinematische Variationsmöglichkeit genutzt, die ebenfalls dem vertikalen Bauraum zugute kommt. Die Ablaufkontur der Rille am Längslenker, in der das Seil beim Ein- und Ausfedern abrollt, ist in der Seitenansicht nur zur Hälfte als Kreis ausgebildet; in der anderen (rechten) Hälfte weitet sich der Kreis spiralförmig auf einen größeren Durchmesser, was sich wie folgt auf die Kinematik auswirkt: Wenn das Rad (bzw. die Radbefestigungsbohrung **90** im Längslenker) in die Position **90a** ausfedert, rollt des Seil 82 am Längslenker 83 auf einem kleinen Kreisbogen in die Position **86a** ab und verhält sich dabei ähnlich wie ein starrer Lenker. Dagegen rollt es beim Einfedern (**90e**) auf einer Bahnkurve ab, die sich progressiv aufweitet und das Seil mehr und mehr nach rechts auslenkt, wodurch sich die wirksame Seillänge ver-kürzt und somit den Lenkeinschlag beim Einfedern vergrößert (Verstärkung des Aufstütz-effekts). Dies wird u.a. auch daraus ersichtlich, daß der Anlenkpunkt **86e** des Längslenkers am Seil im eingefederten Zustand deutlich weiter rechts liegt als der fiktive Anlenkpunkt **86e"'",** der sich ohne diese spiralenförmige Ausweitung ergeben würde. Dadurch wandert der Momentanpol Me im eingefederten Zustand auf der Polbahn P wesentlich weiter nach unten als der fiktive Momentanpol Me"" auf der fiktiven Polbahn P"", was die Verstär-kung des Lenkeinschlags bestätigt. Um z.B. mit dem starren Kugelgelenk-Hilfslenker 61 aus Fig. 10 einen solch niedrigen Momentanpol zu realisieren, müßte dieser wesentlich länger ausgeführt und steiler angestellt werden. Er würde dann gerade im eingefederten Zustand (d.h. auf der kurveninneren, bzgl. Bodenfreiheit sensibleren Seite) am steilsten stehen und damit den höchsten vertikalen Bauraumbedarf beanspruchen. Hier würde also der Bauhöhennachteil zu Buche schlagen, auf den bei der Beschreibung des Schubkurbel-triebs (Fig. 8, Vorderachse) bereits

hingewiesen wurde und der jene Auslegungen betrifft, in denen sich die Hilfslenker nicht beim Ein-, sondern beim Ausfedern ihrer Strecklage nähern. In solchen Fällen vergrößert sich nämlich der Winkel zwischen der Hilfslenker- und der Längslenker-Wirkungslinie beim Einfedern, was einen zunehmenden vertikalen Bauraumbedarf zur Folge hat. Dieser Nachteil wurde in Fig. 10/11 (mit ähnlicher kinematischer Auslegung) dadurch vermieden, daß infolge der "umgedrehten" Anordnung des Hilfslenkers der untere Anlenkpunkt 67 aufbaufest ist und somit seine Bodenfreiheit beim Ein- und Ausfedern nicht ändert; darüberhinaus ist das obere Gelenk 65 nicht unter, sondern etwas versetzt vor bzw. hinter der Standfläche angeordnet, wo das Gelenk auch in seiner steilsten Position nicht störend ist.

- In Fig.12/13 ist die Radaufhängung zusätzlich mit einer Federung versehen. Hierzu ist - wie aus der Ausschnittskizze **Y** ersichtlich - das Drehgelenk 87 nicht fest mit dem Stand-brett verschraubt, sondern in längshorizontaler Richtung beweglich gelagert. (Ansonsten ist es analog zu Fig. 10/11 aufgebaut: Das zweireihige Kugellager **98** ist in den Querträger 89 eingepreßt, seine Innenringe werden werden durch das Rohr **97** auf Distanz gehalten). Im Gegensatz zu Fig. 10/11 ist die Aufhängung des Drehgelenks 87 nicht als starrer Blechkörper, sondern als bewegungsfähiges Parallelogramm **81** ausgeführt, welches in ausgefederter Positionen gezeichnet ist (strichpunktiert: Normallage). Der Halter ist hier aus Kunststoff und weist an seinen Ecken 4 Filmscharniere auf, genausogut könnte aber ein Blechhalter mit 4 Klavierschamieren oder sonstigen Drehgelenken eingesetzt werden. Statt der Parallelogramm-Aufhängung (aus kinematischer Sicht eine Viergelenkkette mit 2 parallelen Lenkern) können auch beliebige andere gelenkige Aufhängungen oder Geradführungen Anwendung finden, die dem Drehgelenk 87 einen Freiheitsgrad in Fahrzeug-Längsrichtung einräumen. (Eine Geradführung ließe sich z.B einfach dadurch realisieren, daß der Halter zwar starr ausgebildet, dafür jedoch - ähnlich wie in Fig. 7 - in einer Schiene längsverschieblich geführt ist). Der Federungs-Freiheitsgrad ist durch die Federelemente **92** eingeschränkt, welche die Hub- und die Wankfederung übernehmen; d.h. sie werden sowohl bei synchronen als auch asynchronen Ein- und Ausfederbewegungen ausgelenkt. Die Federelemente 92 sind (druckbelastete) Schraubenfedern, die in den Feder-Haltern **93** und **94** geführt werden. Statt 2 Federelemente pro Achse könnte im vorliegenden Beispiel auch eine zentrale Schraubenfeder Verwendung finden, die an der Mitte des Querträgers 89 angreift und damit nur als Hubfeder wirksam wäre; d.h. bei reiner Kurvenfahrt, wenn das kurveninnere Rad um den gleichen Betrag einfedert wie das äußere ausfedert, ist sie wirkungslos. Da die Lenkungsrückstellung wie in Fig. 10/11 durch Gewichtsrückstellung erfolgt, kann hier nämlich - sofern kinematisch für einen ausreichenden Aufstützeffekt gesorgt wurde - auf die Wankfederung gänzlich verzichtet werden. Aufgrund ihres Federungsfreiheitsgrads ergibt sich für diese Radaufhängung ein weiterer kinematischer Unterschied gegenüber der ähnlich aufgebauten Radaufhängung aus Fig. 10/11: Das Parallelogramm 81, das die Bewegung des Drehgelenks 87 in Längsrichtung ermöglicht, übt die Funktion der beiden "ersten" Hilfslenker aus, dadurch erfüllt der Querträger 89 nicht mehr wie dort die Doppelfunktion eines kinematischen Querverbunds und die eines Hilfslenker-Paares.

- In der Einzelheit **Z** ist eine Alternative zur o.g. Hub- und Wankfederung wiedergegeben, bei der auf die Beweglichkeit des Querträger-Drehlagers 87 in längshorizontaler Richtung (gemäß Einzelheit Y) sowie auf die Federn 92 verzichtet werden kann: Stattdessen wird das Ende des Hilfslenker-Seils nicht am Aufbau festgeklemmt, sondern über einen Ein-schraubstutzen **99** und eine vorgespannte Zugfeder **100** elastisch mit dem Aufbau ver-bunden. Diese ist hier aus Platzgründen liegend unter dem Standbrett angeordnet, wo sie die Bodenfreiheit nicht beeinträchtigt. Sie könnte aber auch beliebigen anderen Stellen untergebracht werden, an denen sie über das Seil erreichbar ist, oder auch gleich anstelle des Seils als Hilfslenker 82 eingesetzt werden. Aus kinematischen Gründen darf an dieser Position - innerhalb der Viergelenkkette - nur eine mit hohen Vorspannkräften ausgelegte Feder eingesetzt werden. (Vorgespannt bedeutet, daß die Federwindungen im un- und teilbelasteten Zustand fest aneinander anliegen und erst ab Überwindung einer bestimmten Vorspannkraft ausfedern; darunter wirkt die Feder praktisch wie ein Seil). Die Federvorspannkraft muß so hoch gewählt werden, daß die Feder im normalen Fahrbetrieb nicht arbeitet und erst bei sehr groben Fahrbahnstößen ausgelenkt wird, wie z. B. bei Überfahren eines Steins oder bei der Landung nach einem Sprung. Eine übliche Feder mit durchgehend linearer Kennlinie würde hier nämlich die Lenkeigenschaften drastisch verschlechtern, da ihre Elastizität die feste Zuordnung zwischen Ein- bzw. Ausfederweg des Längslenkers und seinem Verschiebeweg in horizontaler Richtung (der den Lenkwinkel bestimmt) aufheben würde. Damit wäre auch die feste Zuordnung zwischen der Schräglage des Stand-bretts und dem Lenkwinkel aufgehoben, und die Folge wäre ein ähnlich undefiniertes, nicht kalkulierbares Lenkverhalten wie bei der Radaufhängung der vorher erwähnten Offenlegungsschrift 28 45 942. Daher muß mit Rücksicht auf das Kurvenfahrverhalten die Feder 100 so stark vorgespannt werden, daß sie im

normalen Fahrbetrieb steif bleibt und nur in Ausnahmefällen federt. (Bei Geradeausfahrt wirkt sich die Federung dagegen nicht auf des Lenkverhalten aus; bei Ansprechen der Federung federn die Längslenker ein und aus, ohne einen Lenkwinkel zu erzeugen, und verhalten sich hier analog einer Längslenker-Einzelradaufhängung).

[0050] Bei den zuvor behandelten Federungen in Fig. 1-9 wie auch bei den Schraubendruckfedern 92 in Fig. 12/13 trifft dieser Nachteil nicht zu, da in diesen Fällen die Federelemente nicht innerhalb, sondern jeweils außerhalb der Viergelenkkette angeordnet sind und somit die Zuordnung zwischen Federweg und Lenkeinschlag nicht beeinflussen.

[0051] Schraubendruckfedern wie in Fig. 12/13 könnten in analoger Anordnung auch in Fig. 11/12 eingesetzt werden, um den dortigen Querträger 69 gegen den Aufbau 64 abzufedern. Da dieser Querträger 69 jedoch ohne einen längshorizontalen Freiheitsgrad drehbar am Aufbau befestigt ist, würden solche Federn nur bei Drehbewegungen des Querträgers um seine vertikale Dreh-achse ausgelenkt werden und damit ausschließlich zur Lenkungsrückstellung dienen (Wank-federung). Sie wären in Fig. 10/11 allerdings nur dann sinnvoll, wenn dort der kinematische Gewichtsrückstellungseffekt nicht ausreichend umgesetzt wurde oder eine zusätzliche Lenkungsrückstellung erwünscht wäre, um z.B. während eines Sprungs die Räder bereits in der Flugphase in Geradeausstellung zurückzuführen.

[0052] Gegenstand der **Figuren 14** bis **16** ist eine Radaufhängung in Form einer quasiebenen Vier-gelenkkette, die derart ausgelegt ist, daß sämtliche Hilfslenker stets auf Zug belastet sind und somit wie der Hilfslenker 82 aus Fig. 12/13 als Seil ausgeführt werden können. Die Vierge-lenkkette ist daher kinematisch eine Mischform aus den ersten beiden Ausführungsbeispielen (Fig. 1-2 bzw. 3-7). Sie weist neben den Hilfslenkern **101** und **102** darüberhinaus noch einen dritten Hilfslenker **115** auf, der den zweiten (102) seitlich abstützt und somit den Einsatz eines Drehgelenks in der Viergelenkkette erübrigt. Sämtliche Gelenke sind deshalb kardanisch bewegliche Seilanbindungen wie beim Hilfslenker aus Fig. 12/13. Um die Radaufhängung noch kostengünstiger zu gestalten, bestehen alle 6 Hilfslenker einer Fahrzeugachse aus einem einzigen Stück Seil. Dessen Enden sind zylindrisch verdickt und jeweils im ersten aufbauseitigen Gelenk **107** eingehängt. Von dort führt es in seiner Funktion als "erster" Hilfslenker **101** zum ersten längslenkerseitigen Gelenk **105**, das als feststehende Rolle ausgeführt und mit dem Längslenker103 verschraubt ist. Von dieser Rolle ist es zur Rolle des zweiten längslen-kerseitigen Gelenks **106** gespannt, die zusammen mit dem Verbindungselement **109** am Längslenker 103 verschraubt ist; siehe Ansicht von hinten (Fig. 16). Aus diesem Bild ist ersichtlich, daß die Nut der Rollen zur Führung des Seils in den Gelenkpunkten dient. (Hierzu wäre eigentlich keine rundumlaufende Nut in Form einer Rolle erforderlich; an ihrer Stelle könnte auch ein Rollensegment oder - als zusätzliche kinematische Variationsmöglichkeit - eine spiralförmige Führung wie am Längslenker 83 in Fig. 12 eingesetzt werden. In der Konfiguration von Bild 14 bieten sich jedoch Rollen als Führungselemente an, weil hier die Umschlingungswinkel des Seils jeweils weit über 90° betragen). Damit ein Rutschen des Seils auf den Rollen ausgeschlossen wird, ist es durch das Befestigungselement **118** am Längs-lenker 103 festgeklemmt (nur in Fig. 14 und 15 dargestellt). Durch Lösen dieses Befestigungselements kann das Seil am Längslenker verschoben und somit auf einfache die Länge der Hilfslenker 101 und 102 variiert werden. Vom zweiten längslenkerseitigen Gelenk 106 führt das Seil nun in seiner Funktion als "zweiter" Hilfslenker 102 nach oben zum zweiten aufbauseitigen Gelenk **108'** und ist dort mit Hilfe einer Schelle am Standbrett **111** befestigt. Diese Schelle ist Teil des Aufbaus **104** - einer Blechkonstruktion, die vom zweiten aufbau-seitigen Anlenkpunkt 108 nach unten zum ersten aufbauseitigen Anlenkpunkt 106 und von dort wieder hoch zur vorderen Befestigungsschraube am Standbrett gezogen ist. Das Seil geht in seiner Funktion als "dritter" Hilfslenker **115'** vom zweiten aufbauseitigen Anlenkpunkt **108'** schräg nach unten zur Fahrzeugmitte, ist dort mittels der Schelle **116** und der Rohrschutz-Manschette **117** am Verbindungselement 109 festgeklemmt und führt wieder schräg nach oben (**115"**) zum gegenüberliegenden aufbauseitigen Anlenkpunkt **108"**. Die beiden dritten Hilfslenker 115' und 115" stützen in der Art eines Fachwerks das Verbindungselement 109 seitlich ab und übertragen somit die über die Längslenker eingeleiteten Seitenkräfte auf den Aufbau 104.

[0053] Das Verbindungselement 109 ist in diesem Beispiel nicht als (torsionsfreies) Dreh- oder Drehschubgelenk ausgeführt, sondern als torsionsweiches Rohr, wie es z.B. als Rohr-Stabilisator aus dem Kraftfahrzeugbau bekannt ist. Zur Verringerung der Torsionssteifigkeit kann es teilweise oder auch über die volle Länge geschlitzt werden. Das Rohr 109 verbindet biege-steif, aber torsionsweich die beiden Längslenker 103' und 103" miteinander und erlaubt somit eine Drehbewegung der beiden Längslenker zueinander um die Rohrachse, wenn die Längs-lenker unterschiedlich ein- und ausfedern (Kurvenfahrt). Dieser Drehbewegung wird durch die Torsionssteifigkeit des Rohres ein Federungs-Widerstand entgegengesetzt, womit das Verbindungselement 109 die Funktion der Wankfederung bzw. der Lenkungsrückstellung übernimmt. Die Torsionsfederrate kann über die Rohr-Wandstärke und die Länge des Schlitzes derart variiert werden, daß die gesamte Wankfederung vom Rohr 109 allein aufgebracht wird. Daher ist hier pro Fahrzeugachse nur eine Schraubenfeder **112** eingesetzt, die mittig am Rohr angreift und deshalb ausschließlich als Hubfeder arbeitet; sie wird nämlich bei asynchronen Ein- und Ausfederbewegun-

gen gleichen Betrages (reine Kurvenfahrt) nicht ausgelenkt. Der Federteller der Schraubenfeder (Federelement-Halter **113**) ist mittels der Befestigungsschelle 116 am Rohr 109 verschraubt, und der "aufbauseitige" Federteller 114 direkt an der Standbrett-Unterseite befestigt. Die Aufteilung der Hub- und der Wankfederung auf zwei verschiedene Federelemente (Schraubenfeder 112 und Rohr-Stabilisator 109) hat den Vorteil, daß Hub- und Wankfederrate unabhängig voneinander abgestimmt und nachträglich unabhängig voneinander geändert werden können; z.B. Austausch der Schraubenfeder zur Anpassung an unterschiedliche Fahrergewichte oder Bodenfreiheitswünsche.

[0054] Wenn das Rohr 109 beim asynchronen Ein- und Ausfedern tordiert wird, verdrehen sich die Längslenker relativ zueinander - ohne axiale Verschiebung. Im Gegensatz zu den Drehschubgelenk-Verbindungselementen 9 und 29 der ersten beiden Ausführungsbeispiele läßt das Rohr 109 also keinen Längenausgleich zu, weshalb hier strenggenommen auch keine kinematisch exakte Radaufhängung vorliegt. Dies wirkt sich im vorliegenden Fall jedoch nicht negativ auf das Fahrverhalten aus, da bei Kurvenfahrt (wenn sich in Fig. 16 das Verbindungs-element 109 aus der Zeichenebene herausdreht und sich dabei in der Projektion auf die Zeichenebene verkürzt) nur einer der beiden "dritten" Hilfslenker 115' bzw. 115" durch Seitenkräfte auf Zug belastet ist und der andere infolge Ausbauchung des Seils - bei gleichzeitiger Anhebung des Verbindungselements - für den notwendigen Längenausgleich sorgt.

[0055] In Fig. 14 und 15 sind schließlich noch 2 Zubehörumfänge dargestellt, die zwar nicht unter den Hauptanspruch dieser Patentanmeldung fallen, die in Verbindung mit den hier beanspruchten Radaufhängungen jedoch besonders vorteilhafte Kombinationen ergeben:

- Spritzschutz **119** für die Räder 110 (nur an der Vorderachse in Fig. 14/15 strichpunktiert dargestellt). Dieser ist direkt an den Längslenkern 103 angebracht und schützt insbesondere bei Rollbrettern, die auf feuchten Untergründen eingesetzt werden (z.B. Strandsurfer auf Stränden, die erst kurz zuvor von der Ebbe freigegeben wurden oder teilweise noch überflutet sind) den Fahrer und das Brett vor dem Bewurf von Wasser, Schlamm oder Schlick. Prinzipiell kann ein solcher Spritzschutz selbstverständlich auch bei anderen Rollbrett-Radaufhängungen beliebiger Bauart angebracht werden, doch wäre dort ein wesentlich höherer konstruktiver Aufwand erforderlich. Bei Starrachsen z.B. müßten am eigentlichen Spritzschutz (am Radumfang) noch seitliche Halterungselemente angeformt werden, die den Spritzschutz mit dem zentralen Achskörper verbinden; etwa in Form gewölbter Kotflügel bei Vorkriegs-Automobilen. Bei Verbundlenkerachsen auf Längslenker-Basis kann der Spritzschutz dagegen ohne zusätzliche Halterungen an den direkt am Rad vorbeiführenden Längslenkern angebracht werden. Im speziellen Anwendungsfall in Fig. 14/15 sogar noch mit der zusätzlichen Vereinfachung, daß die Schrauben des Seil-Befestigungselements 118 zur Verschraubung des Spritzschutzes 119 mitverwendet werden können.
- Kufen **120** anstelle der Räder 110 (nur an der Hinterachse in Fig. 14/15 dargestellt). Wie die Räder sind sie mit Drehgelenken an den Längslenkern befestigt; allerdings müssen solche Längslenker, die - wie im vorliegenden Ausführungsbeispiel - auf große Raddurch-messer ausgelegt sind, geometrisch modifiziert oder mit einem Adapter versehen werden, um gleiche Bodenfreiheit zu erreichen. Derartige Kufen (z.B. in Form von Eiskufen oder Schneeskiern) sind für die Stammanmeldung bereits aus der Zusatzanmeldung 196 02 447.1-15 bekannt und ausführlich mitsamt ihren konstruktiven Merkmalen und ihren Vorteilen beschrieben. Ihr Einsatz wird im Zuge dieser Patentanmeldung lediglich auf Radaufhängungen auf Basis von Viergelenkketten erweitert. Kufen für rollbrettähnliche Eis- oder Schneefahrzeuge (u.a. Eissurfer) sind zwar auch aus zahlreichen anderen Patent- oder Offenlegungsschriften vorbekannt, doch können sie dort bei Kurvenfahrt nicht so wirkungsvoll wie bei den Verbundlenkerachsen eingesetzt werden, da sie nur bei diesen (infolge der Schrägstellung der Kufen wie z.B. bei einem Schlittschuhläufer in der Kurve) ihr volles Seitenführungspotential entfalten können.

[0056] Bei sämtlichen bisher behandelten Ausführungsformen wird die erfindungsgemäße Radaufhängung ausschließlich bei vierrädrigen (bzw. vierkufigen), zweiachsigen und zweispurigen Fahrzeugen eingesetzt, die mit beiden Beinen mittels Schrägstellen des Standbretts gesteuert werden. Ihre Hauptmerkmale - insbesondere die mit dem Aufbau mitgeneigten Räder bzw. Kufen bei Kurvenfahrt - legen es jedoch nahe, die Verbundlenkerachsen auch mit bekannten Achskonstruktionen einspuriger Fahrzeuge (wie Motor- oder Fahrräder) zu paaren, deren Räder ebenfalls in die Kurve gelegt werden. Mit einem solchen dreirädrigen Fahrzeug lassen sich Vorteile von Einspurfahrzeugen (i.a. dynamischeres Kurvenfahrverhalten) mit denen des Zweispurfahrzeugs (u.a. Standsicherheit) miteinander verknüpfen. In den **Figuren 17** bis **19** sind zwei derartige Ausführungsbeispiele dargestellt.

[0057] Im ersten Beispiel (Fig. 17/18) wird eine beliebige erfindungsgemäße Verbundlenker-Vorderachse **121**, die hier nicht näher ausgeführt ist, mit einer einspurigen Hinterachse **123** kombiniert. Als Hinterachs-Radaufhängung wurde ein aus dem Motorradbau bekannter einarmiger Längslenker (sog. Einarmschwinge) gewählt, der mittels eines quer-horizontalen Drehgelenks am Standbrett **122** gelagert ist und gegen den Widerstand einer Schrauben-(druck)feder relativ zum

Standbrett einfedern kann. Außer diesem Federungsfreiheitsgrad verfügt das Hinterrad **124"'** über keinen weiteren Freiheitsgrad und ist somit nicht lenkbar. Daher müssen die Vorderräder **124'** und **124"** doppelt so stark eingeschlagen werden wie bei einem vierrädrigen Rollbrett mit symmetrischen Vorder- und Hinterachsen, um auf demselben Kreisradius zu fahren. Die Vorteile eines solchen Dreirades:

- An der Hinterachse stehen seitlich keine Räder hervor, die den Fahrer stören könnten, wenn er sein Rollbrett mit dem hinteren Fuß von der Fahrbahn abstößt und antreibt (Anwendung als Skateboard).
- Das einzelne Hinterrad läßt sich auf einfachere Weise als bei einer zweispurigen Achse zusätzlich mit einem Fremdkraft-Antrieb versehen. In Fig. 17/18 wird das Hinterrad 124"' beispielhaft durch einen Elektromotor **129** angetrieben, der sein Drehmoment über den Keilriemen **128"'** und die Riemenscheibe **126"'** zum Hinterrad überträgt. Der Keilriemen wird über die (nur in der Seitenansicht dargestellte) Spannrolle **127** vorgespannt, die durch eine Schrauben(zug)feder am Standbrett 122 abgestützt ist. Die Batterie **130** dient als Stromquelle für den Motor 129. Auf weitere Details, wie Kabelverlegung oder Motoran-steuerung, wird hier nicht näher eingegangen.

[0058] Wie es sich bei einem motorgetriebenen Fahrzeug empfiehlt, ist das Ausführungsbeispiel aus Fig. 17/18 an der Vorderachse zudem mit einer Fahrzeugbremse versehen. Analog zum Antriebsmoment wird hier auch das Bremsmoment über einen Keilriementrieb auf die Vorderräder 124' und 124" übertragen. Die Keilriemen **126'** und **126"**, die mit ihren vorderen Enden am Bremspedalhebel **128** befestigt und hinten am Verbindungselement der Verbund-lenkerachse eingehängt sind, hängen im normalen Fahrbetrieb etwas nach unten durch. Zum Bremsen tritt der Fahrer auf den Bremspedalhebel 128, spannt dadurch beide Keilriemen 126' und 126" gegen die Riemenscheiben **125'** und **125"** und erzeugt somit eine Reibkraft zwischen Keilriemen und Riemenscheibe bzw. ein Bremsmoment an den Vorderrädern. Statt der Fußbetätigung könnte die Bremse über Bowdenzüge auch per Hand betätigt werden, und statt der Keilriemenscheiben ließen sich auch beliebige andere Bremssysteme aus dem Fahrrad-, Motorrad- oder Kraftfahrzeugbau einsetzen; wie Scheiben-, Trommel-, Felgen- oder Reifenbremsen.

[0059] Im zweiten Ausführungsbeispiel wird die erfindungsgemäße Verbundlenkerachse **131** an der Hinterachse eingesetzt und mit einer einspurigen Vorderachse **133** kombiniert. Im Gegensatz zu Fig. 17/18 ist die einspurige Achse 133 lenkbar und demgemäß ähnlich einer Fahrrad-, Motorrad- oder Roller- Vorderachse ausgeführt: Das Vorderrad **134** ist in einer Gabel **513** gelagert, die ihrerseits über ein in etwa vertikales Drehgelenk **136** mit dem Standbrett **132** verbunden ist und vom Fahrer mit Hilfe der Lenkstange **137** gesteuert werden kann. Ähnlich wie bei einem Roller (Scooter) steht der Fahrer auf dem Standbrett 132 und hält sich an der Lenkstange 137 fest. Neben dem Lenkeinschlag an der Vorderachse kann er durch Schrägstellen des Standbretts auch das Eigenlenkverhalten der Verbundlenker-Hinterachse aktiv nutzen, so daß ihm eine variantenreiche Kurvenfahrtechnik zur Verfügung steht. Im Vergleich zu den bekannten Rollern (mit ungelenkter Hinterachse) ist das Fahrverhalten damit wesent-lich agiler. Dasselbe gilt, wenn die Vorderachse nicht am Standbrett, sondern an einem Fahrrad- oder Motorradrahmen angelenkt wird, an dem die Hinterachse 131 sowie ein Fahrer-sitz angebracht ist; eine derartige Konstruktion ist z.B. in Bild 16/17 der Stammanmeldung P 44 26 337.6-09 näher ausgeführt.

[0060] Eine weitere Anwendung der erfindungsgemäßen Radaufhängung in Kombination mit einem gelenkigen Fahrzeugaufbau zeigt **Fig. 20**. Hier ist die Standfläche nach der Art eines sog. Snakeboards zweigeteilt, wobei die beiden Segmente **142'** und **142"** über einen Verbindungslenker **143** gelenkig miteinander verbunden sind. Wie beim Original-Snakeboard, das unter den Standbrett-Segmenten jeweils eine ungelenkte Starrachse aufweist, erlauben die Dreh-gelenke **144** ein Verdrehen der beiden Segmente zueinander, um das Fahrzeug in die gewünschte Fahrtrichtung lenken und durch rhytmisches Wechselkurvenfahren fortbewegen zu können. Im Gegensatz zum Original-Snakeboard, bei dem die ungelenkten Starrachsen keine Seitenneigung der Standflächen zulassen und den Fahrer zu einer aufrechten Fußstellung zwingen, kann er sich bei Einsatz einer Verbundlenker-Radaufhängung voll in die Kurve legen und dabei deren Eigenlenkverhalten aktiv nutzen. So könnte z.B. das Fahrzeug durch die Snakeboard-typischen Schlängelbewegungen in Fahrt gesetzt und anschließend wie ein Snowboard durch Schrägstellen des Standbretts weiterbewegt werden, genausogut lassen sich aber auch beide Kurventechniken beliebig miteinander variieren.

Vorteile der Erfindung

[0061] Die Vorteile der Verbundlenker-Radaufhängung auf Basis der Längslenker-Einzelradauf-hängung gegenüber den üblichen Rollbrettern sind bereits in der DE 44 26 337 C ausführlich beschrieben. Nachfolgend eine kurze Zusammenfassung:

- Bei Geradeausfahrt verhält sich die Verbundlenkerachse wie eine Längslenker-Einzelradaufhängung und ermöglicht dadurch in Verbindung mit einer Federung das Schlucken von Bodenwellen, Schlaglöchern oder Steinen ohne Rückwirkungen auf Sturz, Vorspur und Spurweite (damit ohne Rückwirkungen auf das Fahrverhalten). Auch bei Kurvenfahrt bleibt der Radsturz relativ zum Aufbau konstant und gewährleistet damit ein optimales Sturzverhalten (ma-

ximales Seitenführungsvermögen durch "Kurvenlegen" mit dem Aufbau). Der kinematische Querverbund sorgt für einen definierten, dem Neigungswinkel des Aufbaus proportionalen Lenkwinkel der Räder. Die Starrachs-Radaufhängungen herkömmlicher Rollbretter sind demgegenüber zwar einfacher aufgebaut, dafür muß jedoch insbesondere aufgrund ihres schlechteren Sturzverhaltens auf ein erhebliches Seitenfüh-rungspotential verzichtet werden, weshalb dort auch nur relativ geringe Querbeschleunigungen erreicht werden können. Die Starrachse ist auch der Grund dafür, daß bei Kurvenfahrt nicht die inneren, sondern die äußeren Räder stärker belastet werden: Die auf den Fahrer einwirkende Zentrifugalkraft wird zusammen mit dessen Gewichtskraft über die Drehgelenke in die Starrachse eingeleitet und erzeugt dort ein Moment, das die äußeren Räder be- und die inneren entlastet. Bei der Verbundlenkerachse werden dagegen, wie bei allen Einzelradaufhängungen, die kurveninneren, eingefederten Räder stärker belastet als die äußeren und weisen daher aufgrund der höheren Federkräfte auch höhere Radlasten als außen auf (die Radlastdifferenz ist proportional zur Federwegdifferenz bzw. zur Brettneigung). Damit ist das Fahrgefühl Snowboard- und Surfbrett-ähnlicher, da dort ebenfalls mit zunehmender Querbeschleunigung die kurveninnere Kante stärker belastet wird.

- Die relativ weiche Federung mit großen Federwegen sorgt dafür, daß bei Fahrbahnunebenheiten jeglicher Art die unvermeidlichen Radlaständerungen so gering wie möglich aus-fallen, so daß das Seitenführungsvermögen der Räder, das Gleichgewicht des Fahrers und auch der Fahrkomfort nur wenig beeinträchtigt werden. Je nach Wahl der Reifen (Durch-messer, Breite, Profil, Luftdruck) sowie der Feder-Kenndaten (Federwege, Feder- und Dämpferrate) wird - bei guter Kontrollierbarkeit des Bretts - ein nahezu unbegrenzter Geländeeinsatz ermöglicht, solange der Untergrund trägfähig ist.
- Die Federung eröffnet darüberhinaus vielfältige Einflußmöglichkeiten zur individuellen - auch nachträglichen - Beeinflussung des Fahrverhaltens und der Komforteigenschaften. So können z.B. kürzere Federn zur Aufbautieferlegung, härtere Federn für eine Sportfederungen oder weichere Federn für eine Komfortfederungen eingesetzt werden. Neben der Hubfederung lassen sich durch Veränderung der Wank-Federrate auch die Lenkungseigenschaften und das Eigenlenkverhalten des Rollbretts variieren. (Üblicherweise sind bei Rollbrettern Vorder- und Hinterachse symmetrisch zueinander ausgelegt und auch bezüglich ihrer Federungseigenschaften identisch, so daß sie ein neutrales Eigenlenkverhalten aufweisen. In gewissen Ausnahmefällen ist es jedoch vorteilhaft, wenn insbesondere die Wankfederraten vorne und hinten unterschiedlich abgestimmt sind; so könnte z.B. bei Strandsurfern das Rollbrett - ähnlich wie bei Kraftfahrzeugen - durch eine stärkere Vorderachs-Wankfederung untersteuernder ausgelegt werden, um die bei hohen Geschwindigkeiten auftretende Übersteuertendenz zu kompensieren, die sich meist durch ein Wegdriften der Hinterachse äußert. Das Übersteuern ist eine Folge der Segeldruckpunkt-Verlagerung nach hinten, wenn das Segel mit zunehmender Geschwindigkeit stärker nach hinten geneigt wird und der Fahrer dementsprechend auch sein Gewicht nach hinten verlagert). Einen wesentlichen Einfluß auf das Fahr- und Komfortverhalten haben auch die Dämpfungseigenschaften der Federn, für die insbesondere bei Elastomere-Federn (u.a. Formfeder in Fig. 3-7) ein weiter Abstimmspielraum zur Verfügung steht. Die Dämpfung sorgt vor allem dafür, daß nach Beendigung der Kurvenfahrt oder nach Überfahren von Bodenun-ebenheiten die Fahrzeugschwingungen schnellstmöglich abgebaut werden. Falls die Eigendämpfung der Federn nicht ausreicht, können auch separate Stoßdämpfer, wie an der Hinterachse in Fig. 8, verwendet werden.

[0062] Zusätzlich zu diesen Eigenschaften verfügen die Radaufhängungen der vorliegenden Erfindung (auf Basis der Viergelenkkette) noch über weitere Vorteile gegenüber den herkömmlichen Radaufhängungen, aber auch gegenüber der Stammanmeldung:

- Der Hauptvorteil gegenüber der Stammanmeldung ist der geringe Bauhöhenbedarf aufgrund der Substitution des realen (körperlichen) Längslenker-Kardangelenks durch ein virtuelles Gelenk, den Momentanpol M. Dieser kann durch geschickte Anordnung der Hilfslenker in nahezu jeder beliebigen Lage positioniert werden (i.a. allerdings unter Inkaufnahme eines höheren konstruktiven Aufwands wegen der größeren Anzahl an Gelenken). Je weniger Bauhöhe die Radaufhängung beansprucht, desto niedriger kann die Standfäche gelegt werden, und desto besser läßt sich das Fahrgefühl von Snowboards oder Surfbrettern nachbilden.
- Darüberhinaus kann - ebenfalls durch geschickte Anordnung der Hilfslenker - der Verlauf der Polbahn P des Momentanpols M derart ausgelegt werden, daß diese beim Einfedern eine andere Charakteristik aufweist als beim Ausfedern. Mit einer solchen asymmetrischen Polbahn läßt sich u.a. eine progressive Wank-Kinematik realisieren, mit der sich das Roll-brett während der Kurvenfahrt anhebt und anschließend durch das Fahrergewicht wieder in seine Geradeausstellung zurückgestellt wird (Gewichtsrückstellung). Hierdurch erübrigt sich der Einsatz von Federungselementen für die Lenkungsrückstellung - ein Vorteil, der auch gegenüber allen anderen bekannten Rollbrett-Radaufhängun-

gen gilt. Die Gewichtsrückstellung ist für Rollbretter eine völlig neuartige und besonders effiziente (weil verlustfreie) Form der Lenkungsrückstellung, die sich vor allem bei der Fortbewegung eines Skateboards durch "Pumpen" (schnell aufeinanderfolgende Gewichtsverlagerungen des Fahrers) sehr positiv auswirkt.

- Die progressive Wank-Kinematik bzw. die Gewichtsrückstellung zieht einen weiteren Vorteil nach sich: Die Aufbauanhebung bei Kurvenfahrt entspricht hinsichtlich des Bewegungsablaufs in etwa dem ,,Aufkanten" eines Snowboards in der Kurve und vermittelt daher ein Snowboard- oder Surfbrettähnliches Fahrgefühl. In Verbindung mit der o.g. "Kurvenleger-Kinematik" der Verbundlenkerachse können damit sowohl enge Wechselkurven als auch langgezogene Bögen mit extremer Schräglage des Fahrers, also mit extrem hoher Querbeschleunigung, durchfahren werden.

[0063] Sämtliche aufgeführten Vorteile lassen sich auch auf Kufenfahrzeuge übertragen, wenn, wie in Fig. 14 an der Hinterachse dargestellt, die Räder mit Kufen vertauscht werden. In der am Ende des 3. Abschnitts erwähnten Zusatzanmeldung196 02 447.1-15 ist ausführlich beschrieben, wie vorteilhaft sich der Einsatz von Verbundlenkeraufhängungen auch bei Kufenfahrzeugen auswirkt. Hierbei ist vor allem das "Kurvenlegerverhalten" der Verbundlenkerachsen hervorzuheben, da in der Kurve die Kufen erst durch die Schrägstellung ihr volles Seitenführungsvermögen entfalten können; dies gilt vor allem für hohlgeschliffene Kufen, wie sie z.B. von Eisschnelläufern oder Eishockeyspielern bevorzugt verwendet werden. Dieser kinematische Vorteil zeigt sich nicht nur auf glattem Eis, sondern auch auf weniger tragfähigen (aber gleitfähigen) Untergründen, wie Schnee oder Tiefschnee. Hier kommen dementsprechend breitere Kufen zum Einsatz, z.B. in Form von Skiern, die ja zur Übertragung von Seitenkräften ebenfalls aufgekantet werden. Bei solch breiten Kufen läßt sich das Seitenführungs-vermögen noch weiter erhöhen, indem sie wie Race-Snowboards oder Carving-Skier in der Mitte stark tailliert werden und sich dadurch beim Aufkanten wie ein Snowboard oder Carving-Ski verhalten: Diese durchfahren - ohne seitlich wegzudriften - die Kurven in ihrer eigenen Kantenspur (wobei der Kurvenradius durch die Taillierung und die Schrägstellung des Bretts bestimmt wird), erzeugen dadurch einen Formschluß mit der Unterlage und sind deshalb für höchste Querbeschleunigungen geeignet.

[0064] Allerdings ist es problematisch, dieses sog. Carving-Verhalten auch bei mehrkufigen Fahrzeugen umzusetzen. da jede Kufe ihre eigene Kurve fahren möchte. Zwar sind die Kurvenradien an allen Kufen gleich (sofern diese geometrisch identisch sind), doch fallen i.a. die Kurvenmittelpunkte nicht zusammen, was zu einem Verlust an Seitenführungsvermögen und zu einem indifferenten Fahrverhalten führt. Der tatsächliche Kurvenmittelpunkt wird davon bestimmt, welche Kufe momentan am stärksten belastet ist. Dieses Fehlverhalten tritt nicht auf, wenn die Kurvenmittelpunkte aller Kufen in einem Punkt zusammenfallen; was der Fall ist, wenn die Senkrechten auf die Laufrichtung jeder Kufe sich in diesem Punkt schneiden (gemeinsamer Kurvenmittelpunkt). Dann liegt die im Kraftfahrzeugbau so benannte "Ackermann"-Lenkgeometrie vor.

[0065] In der Zusatzanmeldung 196 02 447.1-15 ist eine konstruktive Möglichkeit beschrieben, wie sich bei Kufenfahrzeugen eine solche Ackermann-Geometrie realisieren läßt: Im Gegensatz zu den Rädern, die beim Abrollen eine "freie" Rotation ausüben, führen die Kufen nur eine eng begrenzte Rotation aus, wenn sie sich beim Ein- und Ausfedern relativ zum Längslenker in ihren Lagern drehen. Die Kufen-Drehachse muß daher nicht wie Raddrehachsen zumindest annäherungsweise quer-horizontal zur Fahrtrichtung angeordnet werden, sondern kann einen beliebigem Winkel einnehmen. Dieser zusätzliche Freiheitsgrad der Kufenaufhängung gegenüber der Radaufhängung wird in vorteilhafter Weise für die Erzeugung eines zusätzlichen Lenkeffekts genutzt, der sich dem Lenkwinkel der Verbundlenkerachse überlagert. Bei der Kurvenfahrt, wenn der kurveninnere Längslenker ein- und die kurvenäußere ausfedert, drehen sich beide Lenker um ihren jeweiligen Momentanpol und schlagen dabei einen Lenkwinkel ein; gleichzeitig drehen sich die Kufen gegensinnig zur Lenkerdrehung in ihre horizontale Position zurück und erzeugen dabei einen zusätzlichen Lenkwinkel, sofern die Kufendreh-achsen nicht parallel zum kinematischen Querverbund liegen. Die Kufendrehachsen sind derart schräg anzustellen, daß durch den zusätzlichen Lenkeffekt der kurveninnere Lenk-winkel etwas verstärkt und der kurvenäußere etwas zurückgenommen wird, so daß entspre-chend dem längeren Weg, den die kurvenäußeren gegenüber den -inneren Kufen zurücklegen, die Kurvenradien korrigiert werden und sich im Kurvenmittelpunkt schneiden.

[0066] Eine solche Lenkwinkelkorrektur zur Realisierung der Ackermann-Geometrie wirkt sich prinzipiell auch bei Räder-Fahrzeugen positiv aus, ist aber aufgrund des Schräglaufverhaltens luftbereifter Reifen dort nicht erforderlich. Die Seitenkraft bei Kurvenfahrt bewirkt nämlich am Reifen aufgrund der Reifenelastizität einen sog. Schräglaufwinkel (Differenz zwischen dem kinematischen Lenkwinkel und der tatsächlichen Rollrichtung des Reifens), der die Abweichungen des kinematischen Lenkwinkels vom "idealen" (Ackermann-) Lenkwinkel ausgleicht; d.h. die Ackermann-Geometrie stellt sich hier automatisch ein. Kufenfahrzeuge dagegen - und hier vor allem die mit scharfen, schmalen und relativ langen Kufen ausgestatten Eissurfer - reagieren dagegen wesentlich empfindlicher auf falsche Vorspurwinkel; z.B. lassen sich Eissurfer gar nicht starten, wenn (bei Geradeausfahrt) die Kufen nicht einigermaßen parallel zueinander stehen. Hier besteht zwar auch die Möglichkeit, den Kufen durch Elastizi-täten oder Spiel

in ihrer Aufhängung einen gewissen Freiheitsgrad zur Selbstkorrektur einzuräumen, doch leidet hierunter erheblich die Fahrstabilität. Daher liefert nur eine exakt auf die Ackermann-Geometrie abgestimmte Lenkkinematik die Voraussetzung, das vorhandene Seitenführungspotential voll auszuschöpfen.

[0067] Diese Vorteile, die allgemein für Kufenfahrzeuge mit Verbundlenkeraufhängung gelten, werden auch hier ergänzt durch die spezifischen geometrischen und kinematischen Vorteile der Verbundlenkeraufhängung auf Basis der Viergelenkkette; sie gelten sowohl für Fahrzeuge mit Federung als auch ohne. So läßt sich z. B. mit der Aufhängung aus Fig. 10/11, bei der auf die Federung verzichtet wird, ein Eissurfer mit extrem niedrigem Standbrett realisieren, mit dem auf ebenem Eis maximale Querbeschleunigungen gefahren werden können. (Die üblichen Eissurfer sind zwar noch etwas flacher gebaut, verfügen dafür aber über keinerlei Lenkmechanismen für eine Fußsteuerung; die Kufen sind entweder direkt an die Standbrett-Unterseite angeschraubt oder allenfalls mit einer (sehr harten) elastischen Lagerung versehen, um eventuelle Nicht-Parallelitäten der Kufen auszugleichen. Solche Bretter können nur durch Riggsteuerung gelenkt werden, indem das Segel nach vorne oder hinten geneigt wird. Da hierbei das Standbrett wie auch die Kufen ihren Neigungswinkel zur Eisfläche nicht verändern, lassen sich so gut wie keine Querbeschleunigungen aufbauen). Sofern das Eis nicht nach jedem Schneefall geräumt wird, sind optimale Eisverhältnisse - mit einer blanken und ebenen Eisfläche - recht selten. Daher empfiehlt sich auch bei Eissurfern für universelle Anwen-dungen der Einsatz einer Federung, die aufgrund ihres Federwegbedarfs zwar etwas Bauhöhe kostet, dafür aber auch bei holprigem oder schneebedecktem Eis für herausragende Fahreigenschaften sorgt.

[0068] Sowohl bei Räder- als auch bei Kufenfahrzeugen kommen die genannten Vorteile teilweise auch dann noch zum Tragen, wenn die Verbundlenkerachsen nicht, wie üblich, in spiegelverkehrter Weise an beiden Fahrzeugachsen verwendet, sondern mit beliebigen anderen Achskonstruktionen kombiniert werden. Besonders vorteilhaft wirken sich derartige Kombinationen mit einspurigen Roller-, Fahrrad oder Motorrad-Vorderachsen aus, bei denen sich der Fahrer ebenfalls mit seinem Fahrzeug in die Kurve neigt ("Kurvenleger"). Im Vergleich zu vorbekannten Dreirad-Fahrzeugen, die aufgrund ihrer starren Hinterachse (Sturz und Spur relativ zur Fahrbahn stets konstant) auch das Vorderrad zwingen, aufrecht durch die Kurve zu fahren und somit keine nennenswerten Querbeschleunigungen zulassen, wird hier durch die Schräglage des Fahrzeugs das Seitenführungspotential der mit nach innen geneigten Räder voll ausgenutzt. Da zudem die Hinterräder infolge des schräggestellten Aufbaus mit in die Kurve lenken, muß das Vorderrad dementsprechend weniger eingeschlagen werden, woraus ein sehr agiles und ein variantenreicheres Lenk- und Fahrverhalten resultiert. (Hinzu kommen noch die übrigen spezifischen Vorteile der vorliegenden Erfindung gegenüber der Stamman-meldung; u.a. geringer Bauhöhenbedarf der Viergelenkkette).

[0069] Ähnliches gilt, wenn die erfindungsgemäße Verbundlenkerachsen bei den bekannten Snakeboards anstelle deren ungelenkten Starrachsen eingesetzt werden. Auch dort kann die Snakeboard-typische Lenk- und Fortbewegung (Verdrehen beider Beine zueinander) durch die wesentlich elegantere Snowboard-Kurventechnik (Körper oder Hüften mit der Standfläche nach innen neigen) ergänzt werden.

Bezugszeichenliste

[0070]

1, 21, 41, 61, 81, 101 erster Hilfslenker
2, 22, 42, 62, 82, 102 zweiter Hilfslenker
3, 23, 43, 63, 83, 103 Längslenker
4, 24, 44, 64, 84, 104 Aufbau
5, 25, 45, 65, 85, 105 erstes längslenkerseitiges Gelenk
6, 26, 46, 66, 86, 106 zweites längslenkerseitiges Gelenk
7, 27, 47, 67, 87, 107 erstes aufbauseitiges Gelenk
8, 28, 48, 68, 88, 108 zweites aufbauseitiges Gelenk
9, 29, 49, 69, 89, 109 Verbindungselement bzw. Querträger
10, 30, 50, 70, 90, 110 Rad
11, 31, 51, 71, 91, 111 Standbrett
12, 32, 52, 92, 112 Federelement
13, 53, 93, 113 Federelement-Halter (lenkerseitig)
14, 34, 54, 94, 114 Federelement-Halter (aufbauseitig)
15, 35 Welle bzw. Rohr
16, 36 Gleitlager
17 Fußschlaufen
18 Mastfuß
19 Kardangelenk
20 Surf-Rigg
37 Gleitlager
38 Welle
39 Konterschraube
40 Schiene
55 Ventil
56 Hilfslenker
57 Kugelgelenk
58 Drehgelenk
59 Drehgelenk
60 Kardangelenk
72 Kugelpfanne
73 Dichtmanschette
74 Welle
75, 77 Distanzrohre
76, 78 Kugellager
79 Konterschraube

80 Welle
95 Klemmvorrichtung
96 Halter
97 Distanzrohr
98 Kugellager
99 Einschraubstutzen
100 Zugfeder
115 dritter Hilfslenker
116 Schelle
117 Manschette
118 Befestigungselement
119 Spritzschutz
120 Kufe
121, 131, 141 Verbundlenker-Radaufhängung
122, 132, 142 Standbrett
123, 133 Einspur- Radaufhängung
124,134 Rad
125 Riemenscheibe
126 Keilriemen
127 Spannrolle
128 Bremspedalhebel
129 Elektromotor
130 Batterie
135 Gabel
136 Drehgelenk
137 Lenkstange
143 Verbindungs-Lenker
144 Drehgelenk
145 Fußschlaufe

Patentansprüche

1. Rad- oder Kufenaufhängung für ein durch Gewichtsverlagerung bzw. Schrägstellung des Aufbaus lenkbares Fahrzeug, insbesondere Rollbrett, wobei Räder bzw. Kufen vorzugsweise mittels Radlager drehbar an jeweils einem Lenker befestigt sind, **dadurch gekennzeichnet**,

   - daß die Lenker (3, 23, 43, 63, 83, 103), an denen die Räder (10, 30, 50, 70, 90, 110) oder Kufen (120) drehbar befestigt sind, sich im wesentlichen in Fahrzeug-Längsrichtung erstrekken (sog. Längslenker),
   - daß die Längslenker (3, 23, 43, 63, 83, 103) über jeweils mindestens zwei Hilfslenker (1, 21, 41, 61, 81, 101) bzw. (2, 22, 42, 62, 82, 102) kardanisch beweglich mit dem Aufbau (4, 24, 44, 64, 84, 104) ver-bunden sind.

2. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfslenker (1, 21, 41, 61, 81, 101 bzw. 2, 22, 42, 62, 82, 102) jeweils über Gelenke (5, 25, ... bzw. 6, 26...) mit den Längslenkern (3, 23, 43, 63, 83, 103) einerseits und über Gelenke (7, 27, ... bzw. 8, 28...) mit dem Aufbau (4, 24, 44, 64, 84, 104) andererseits verbunden sind.

3. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Gelenke (5, 25, ... 6, 26, ... 7, 27, ... 8, 28...) als Drehgelenke und/oder Kardan- oder Kugelgelenke und/oder sonstige kardanisch bewegliche Gelenke ausgeführt sind.

4. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Gelenke (5, 25, ... 6, 26, ... 7, 27, ... 8, 28...) als Schubgelenk (46"', 48') ausgeführt ist.

5. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß sich die Hilfslenker (1, 21, 41, 61, 81, 101 bzw. 2, 22, 42, 62, 82, 102) jeweils um in etwa quer-horizontale Drehachsen relativ zum Aufbau (4, 24, 44, 64, 84, 104) drehen.

6. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß sich einer der Hilfslenker (1, 21, 41, 61, 81, 101 bzw. 2, 22, 42, 62, 82, 102) um eine in etwa quer-horizontale Drehachse und der andere dieser Hilfslenker (56) um eine in etwa eine vertikale Drehachse relativ zum Aufbau (4, 24, 44, 64, 84, 104) dreht.

7. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet, daß zwei gegenüberliegende Hilfslenker (z.B. 56) einer Achse, die sich um eine in etwa vertikale Drehachse drehen, zusammen ein Bauteil (Querträger 69, 89) bilden.

8. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Längslenker (3, 23, 43, 63, 83, 103) einer Achse über quer-horizontale Verbindungselemente (9, 29, 49, 109) bzw. Querträger (69, 89) torsionsfrei oder torsionsarm, aber biegesteif miteinander verbunden sind.

9. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß die quer-horizontalen Verbindungselemente (9, 29, 49) als Dreh- oder Drehschubgelenk ausgeführt sind.

10. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, daß die quer-horizontalen Verbindungselemente (9, 29, 49) als Rohr/Welle-Dreh- oder -Drehschubgelenk ausgeführt sind, wobei ein Rohr (15", 29, 49) eine Welle (15', 35', 35") konzentrisch umfaßt.

11. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß die quer-horizontalen Verbindungselemente (9, 29, 49) als Rohr/Welle-Dreh- oder -Drehschubgelenk ausgeführt sind, wobei ein Rohr (15", 29, 49) eine Welle (15', 35', 35") konzentrisch umfaßt, und daß zwischen

Rohr und Welle ein Kugel- oder Gleitlager (16, 36) angeordnet ist.

12. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß das quer-horizontale Verbindungselement (29) als Dreh- oder Drehschubgelenk ausgeführt ist und das Drehgelenk (26) eines Hilfslenkers konzentrisch umfaßt.

13. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 12 dadurch gekennzeichnet, daß das quer-horizontale Verbindungselement (109) als torsionsweiche Drehstabfeder ausgeführt ist, die an ihren Enden mit den beiden gegenüberliegenden Längslenkern (103', 103") drehsteif verbunden ist.

14. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 13 dadurch gekennzeichnet, daß an den Längslenkern (3, 33, 53, 73) oder Verbindungselementen (29, 89, 109) ein oder mehrere Federelemente (12, 32, 52, 92, 112) angreifen und diese am Aufbau abfedern.

15. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 14 dadurch gekennzeichnet, daß die Federelemente (12, 32, 52, 92, 112) aus beliebigen elastischen Materialien, wie Federstahl, Gummi oder Polyurethan-Schaum bestehen und beliebig gestaltet sein können.

16. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 15 dadurch gekennzeichnet, daß an den Längslenkern (3, 33, 53, 73) oder Verbindungselementen (29, 89, 109) Dämpferelemente (55) angreifen.

17. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 16 dadurch gekennzeichnet, daß die Längslenker (3, 23, 43, 63, 83, 103) mit einem Spritzschutz (119) für die Räder (10, 30, 50, 70, 90, 110) versehen sind.

18. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 17 dadurch gekennzeichnet, daß die Räder (10, 30, 50, 70, 90, 110, 124, 134) mit einer beliebigen Bremsvorrichtung (125', 126') abgebremst werden können.

19. Rad- oder Kufenaufhängung nach Anspruch 1 bis 18 dadurch gekennzeichnet, daß die Räder (10, 30, 50, 70, 90, 110, 124, 134) mit einer beliebigen Antriebsvorrichtung (129) angetrieben werden können.

20. Durch Gewichtsverlagerung bzw. Schrägstellung des Aufbaus lenkbares Fahrzeug, insbesondere Rollbrett, mit zwei Rad- oder Kufenaufhängungen nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Aufhängungen identisch ausgeführt, aber entgegengerichtet am Aufbau (1, 21, 41, 61) angeordnet sind.

21. Durch Gewichtsverlagerung bzw. Schrägstellung des Aufbaus lenkbares Fahrzeug, insbesondere Rollbrett, mit einer Rad- oder Kufenaufhängung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß diese Aufhängung mit einer beliebigen Einspur-Aufhängung an der anderen Achse kombiniert ist.

22. Durch Gewichtsverlagerung bzw. Schrägstellung des Aufbaus lenkbares Fahrzeug, insbesondere Rollbrett, mit einer Rad- oder Kufenaufhängung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß das Standbrett auf 2 Segmente (142', 142") aufgeteilt ist, die gelenkig miteinander verbunden sind.

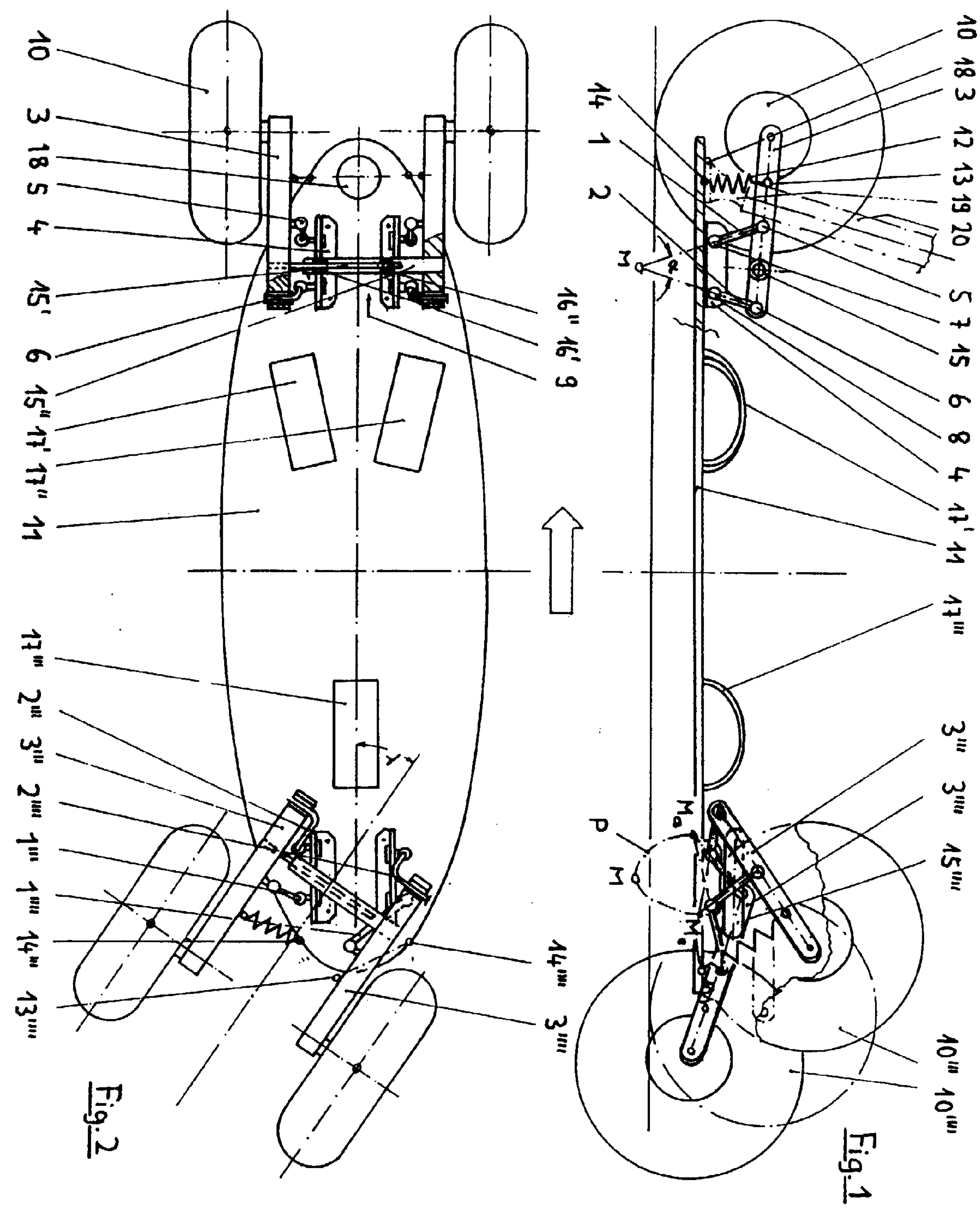


Fig. 1

Fig. 2

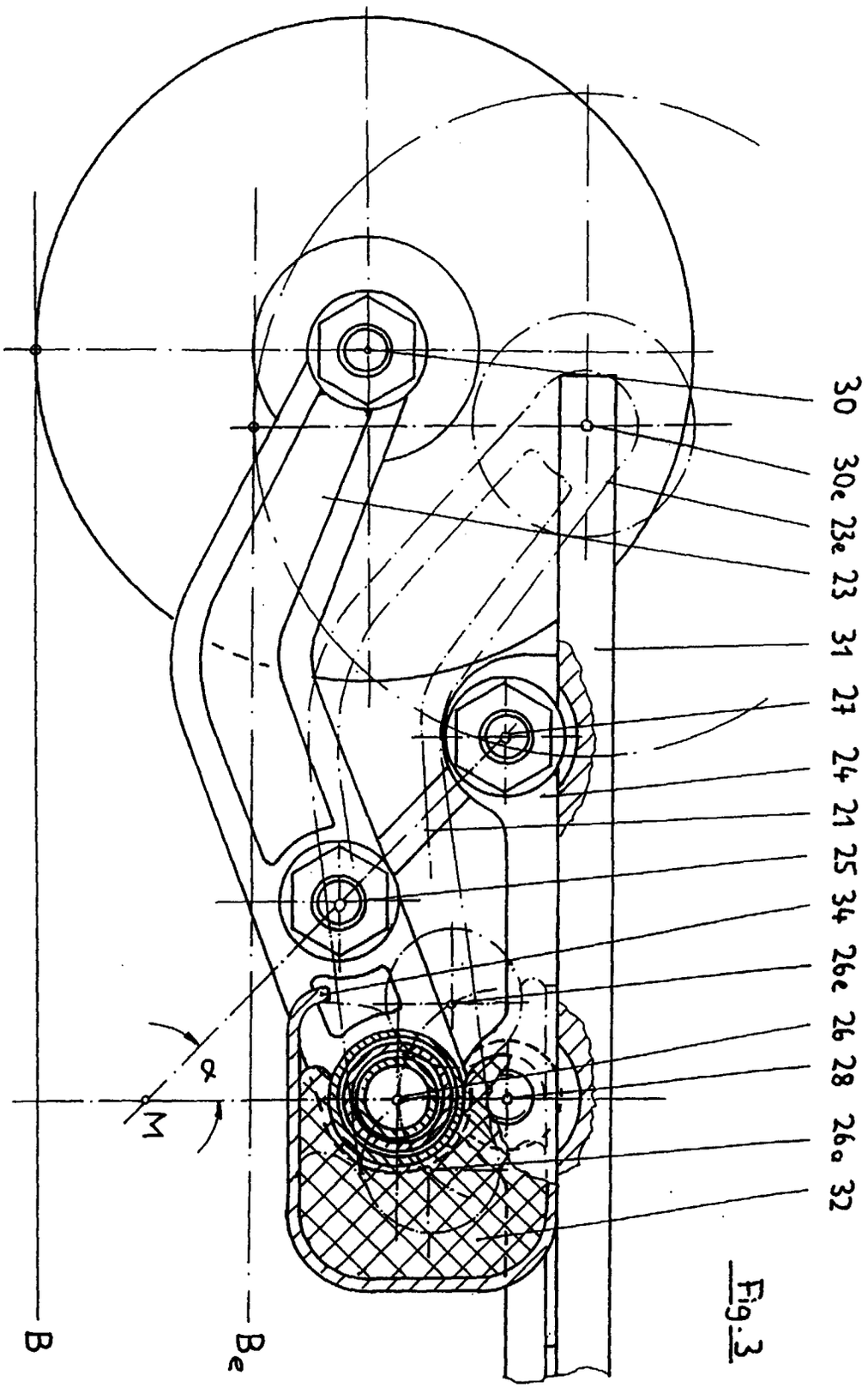


Fig.3

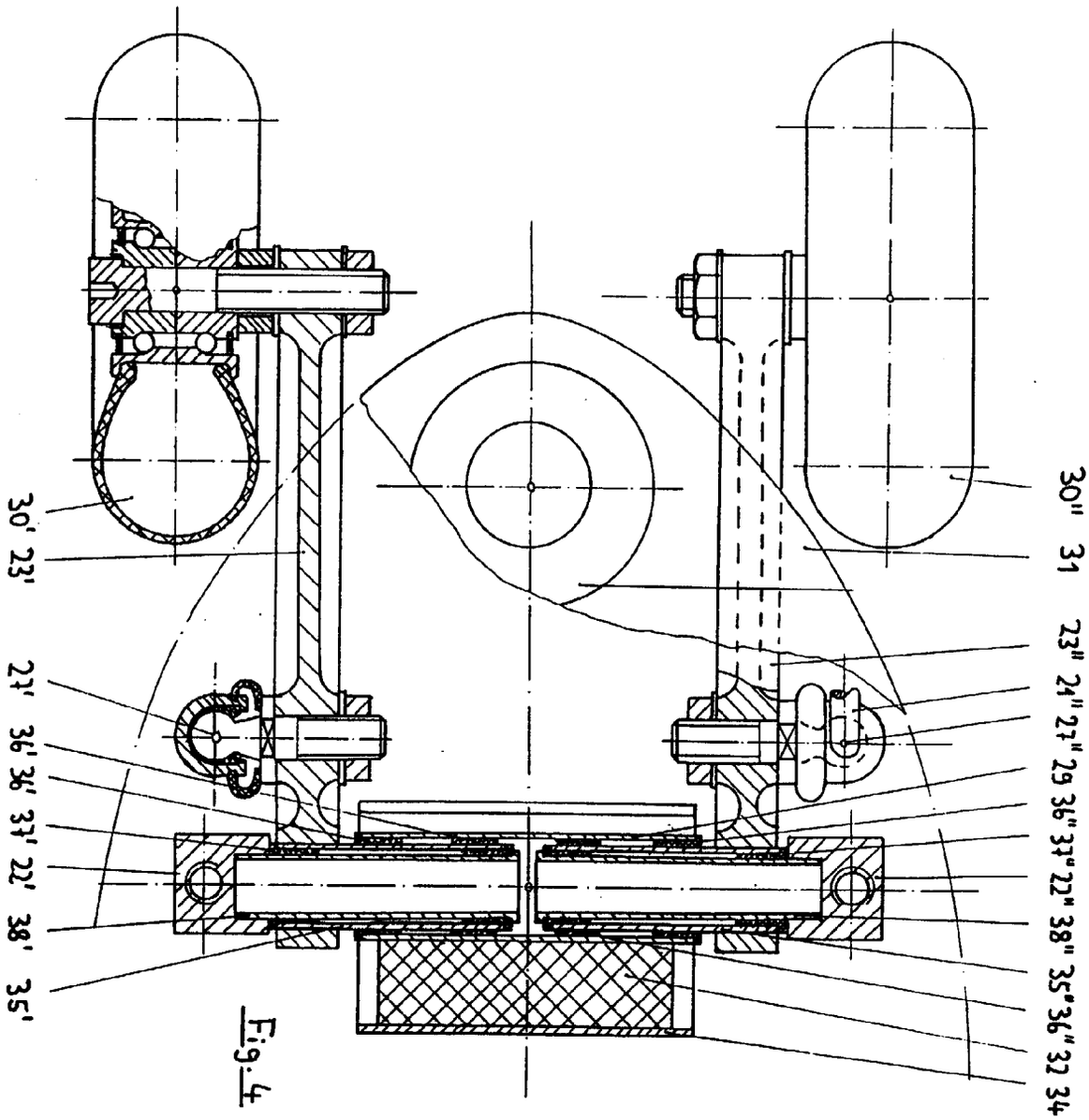


Fig. 4

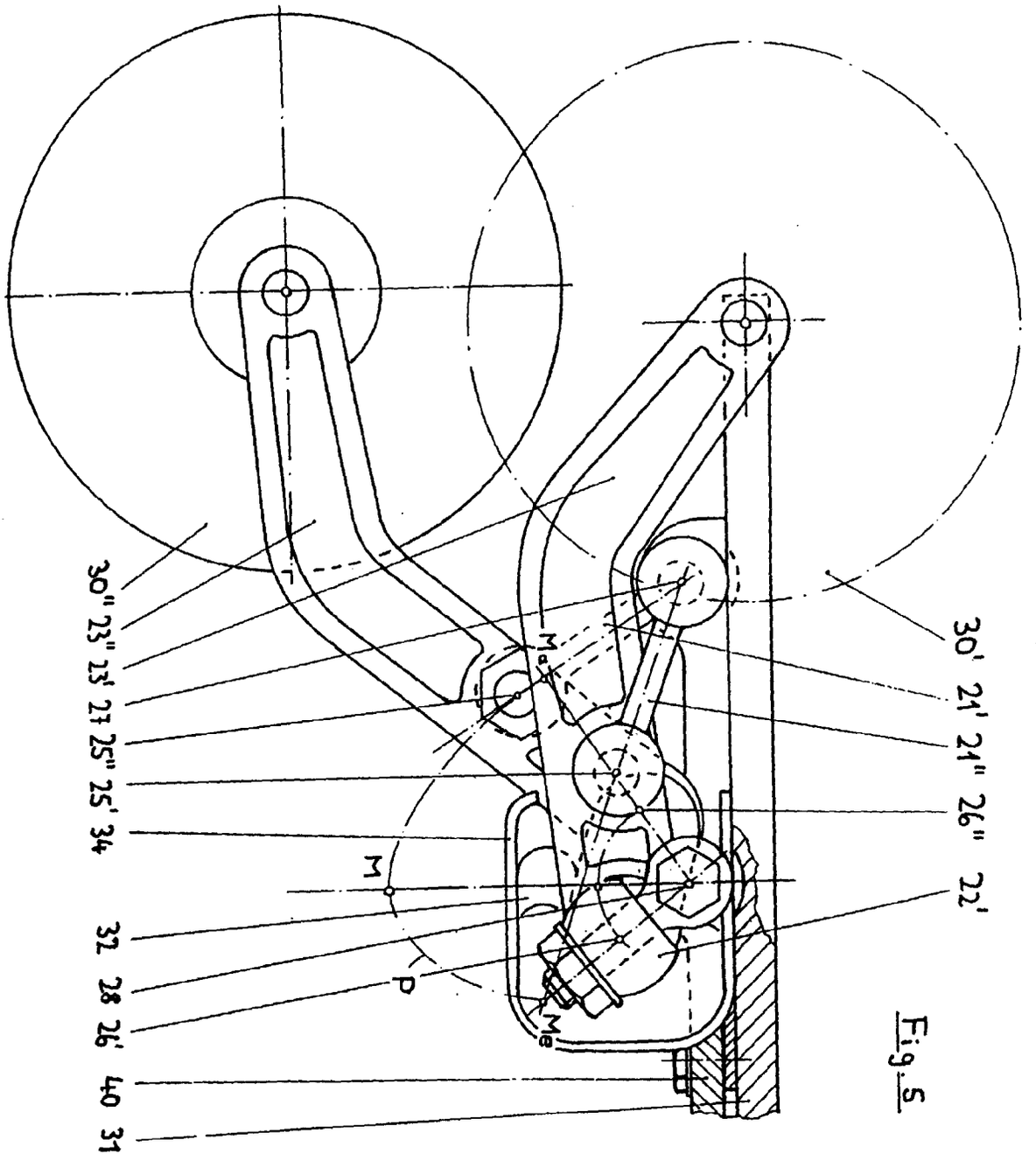


Fig. 5

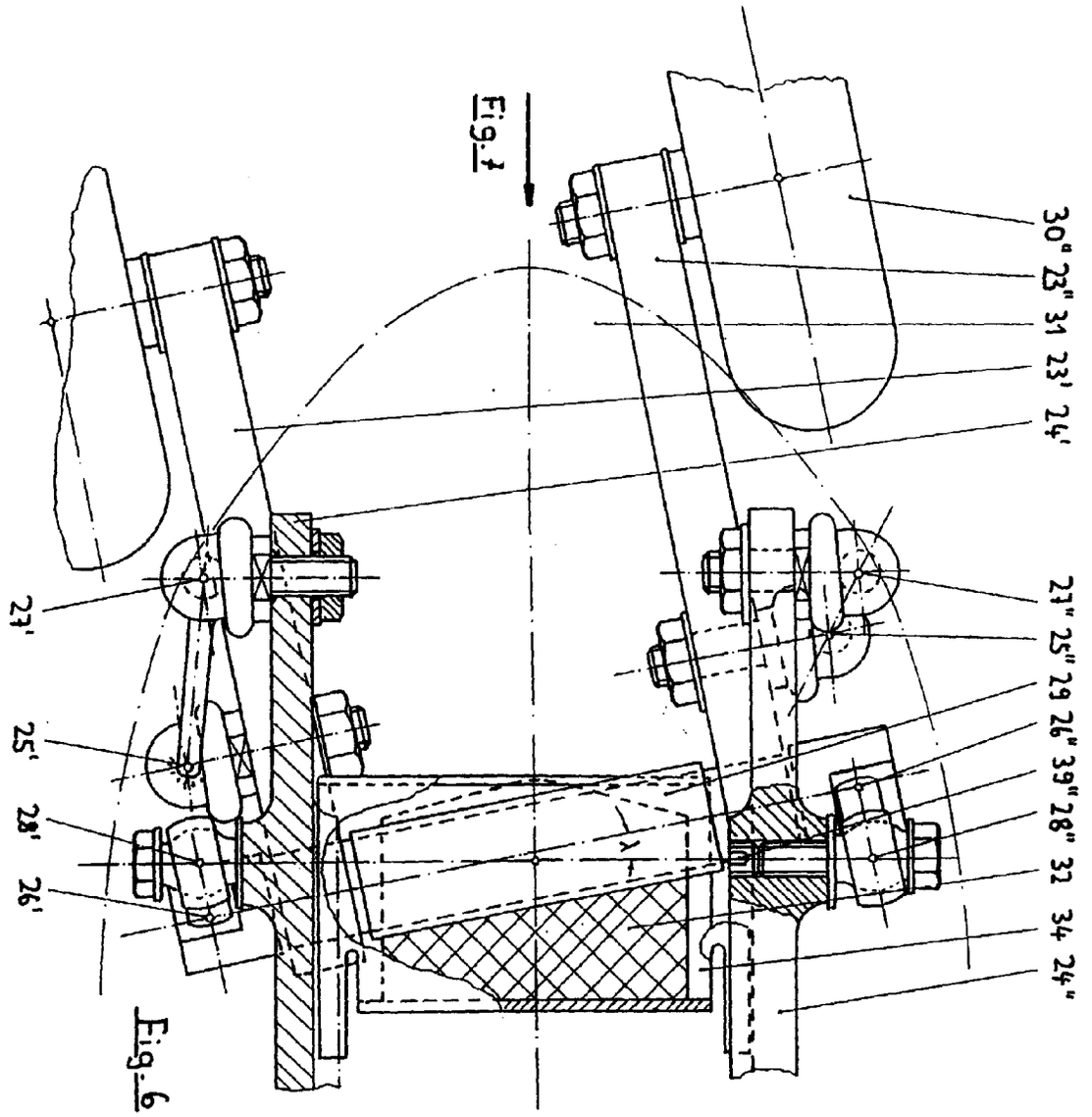


Fig.6

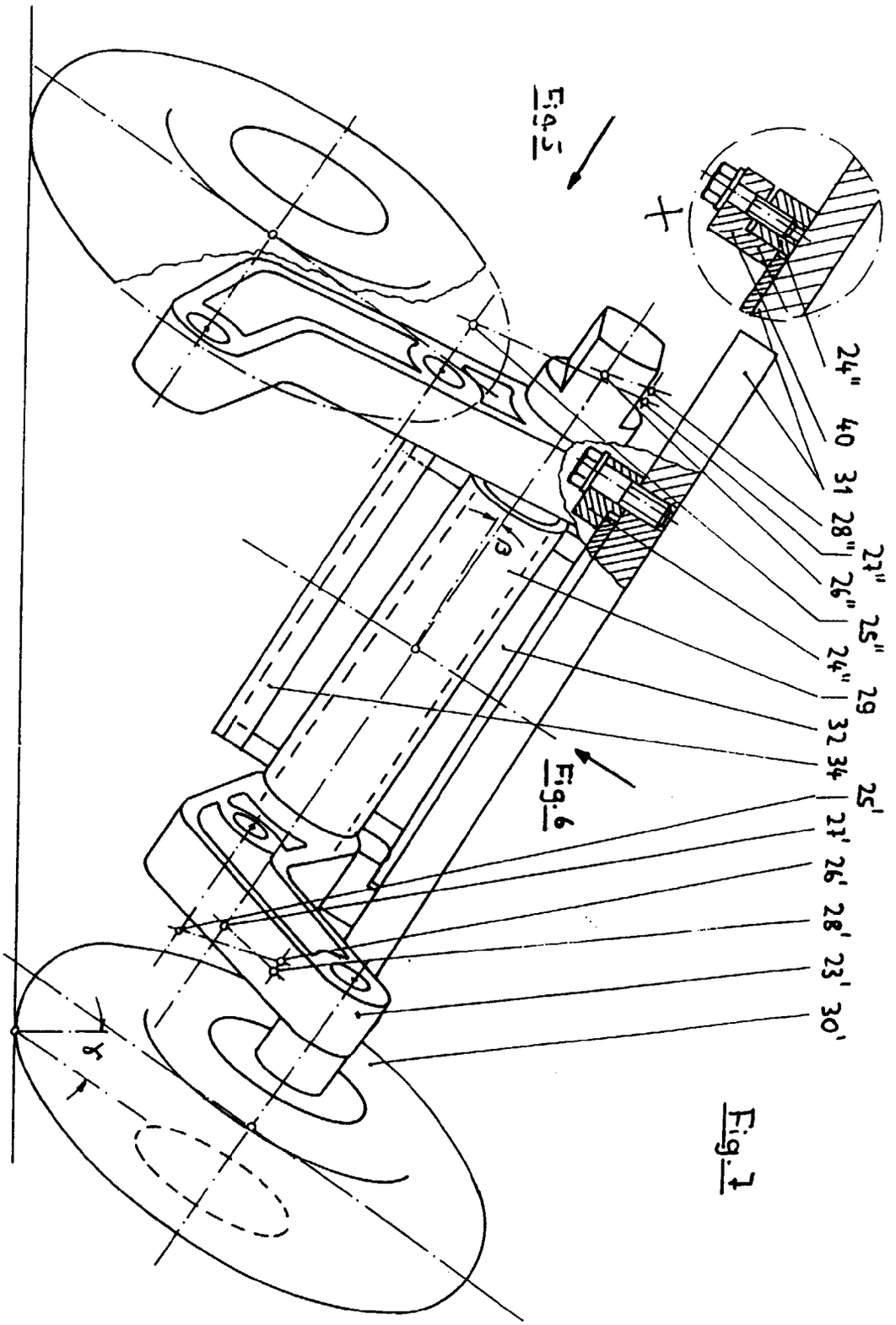


Fig.5
Fig.6
Fig.7
X
24"
40
31
28"
27"
26"
25"
24"
29
32
34
25'
27'
26'
28'
23'
30'
γ

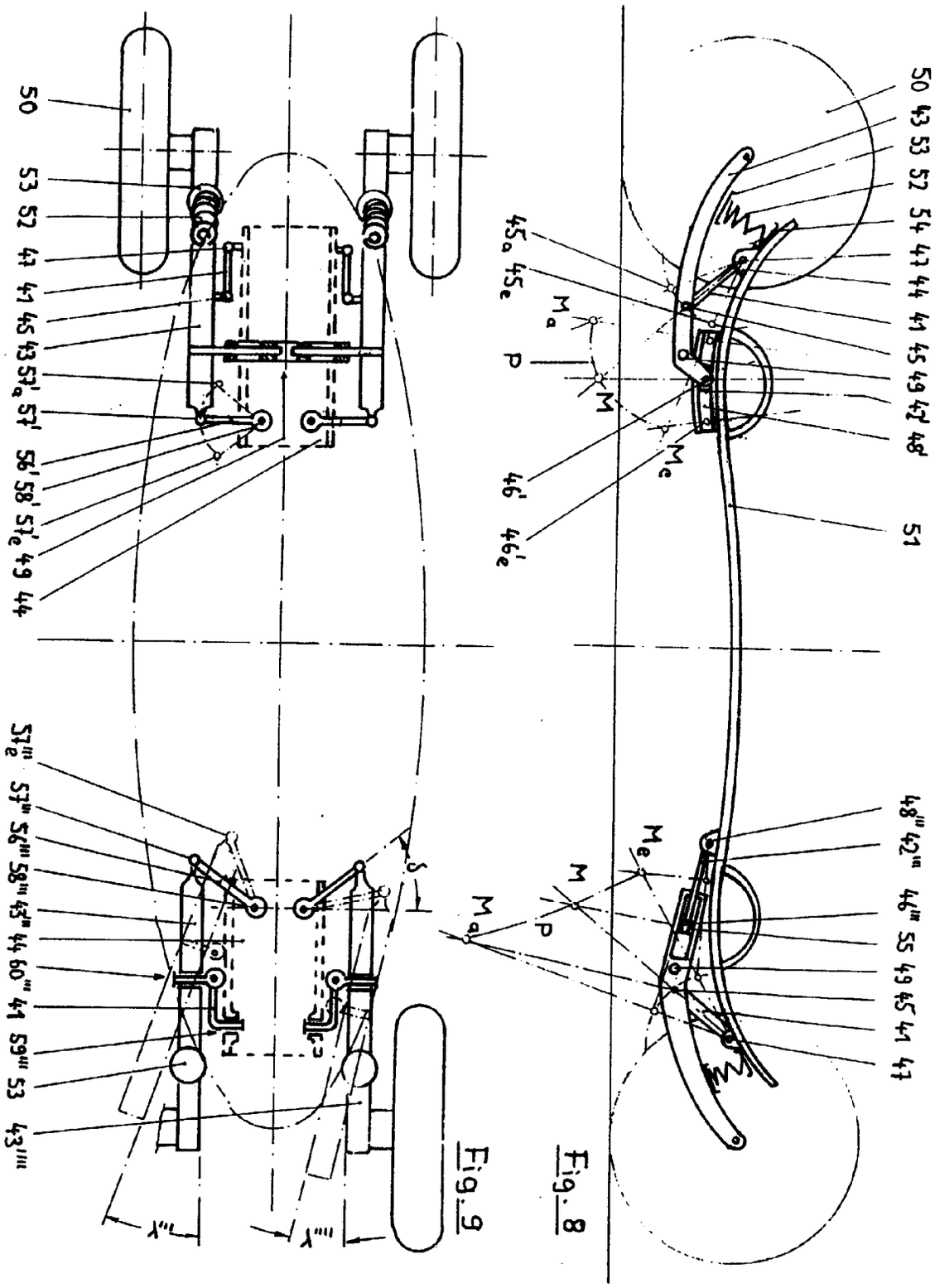

50
53
52
47
41
45
43
57'a
57'
56'
58'
57'e
49
44
57'''e
57'''
56'''
58'''
43'''
44
60'''
41
59'''
53
43''''
δ
λ'''
λ''''
45a
45e
Ma
P
M
Me
46'
46'e
50
43
53
52
54
47
44
41
45
49
42'
48'
51
48'''
42'''
46'''
55
49
45
41
47

Fig. 9

Fig. 8

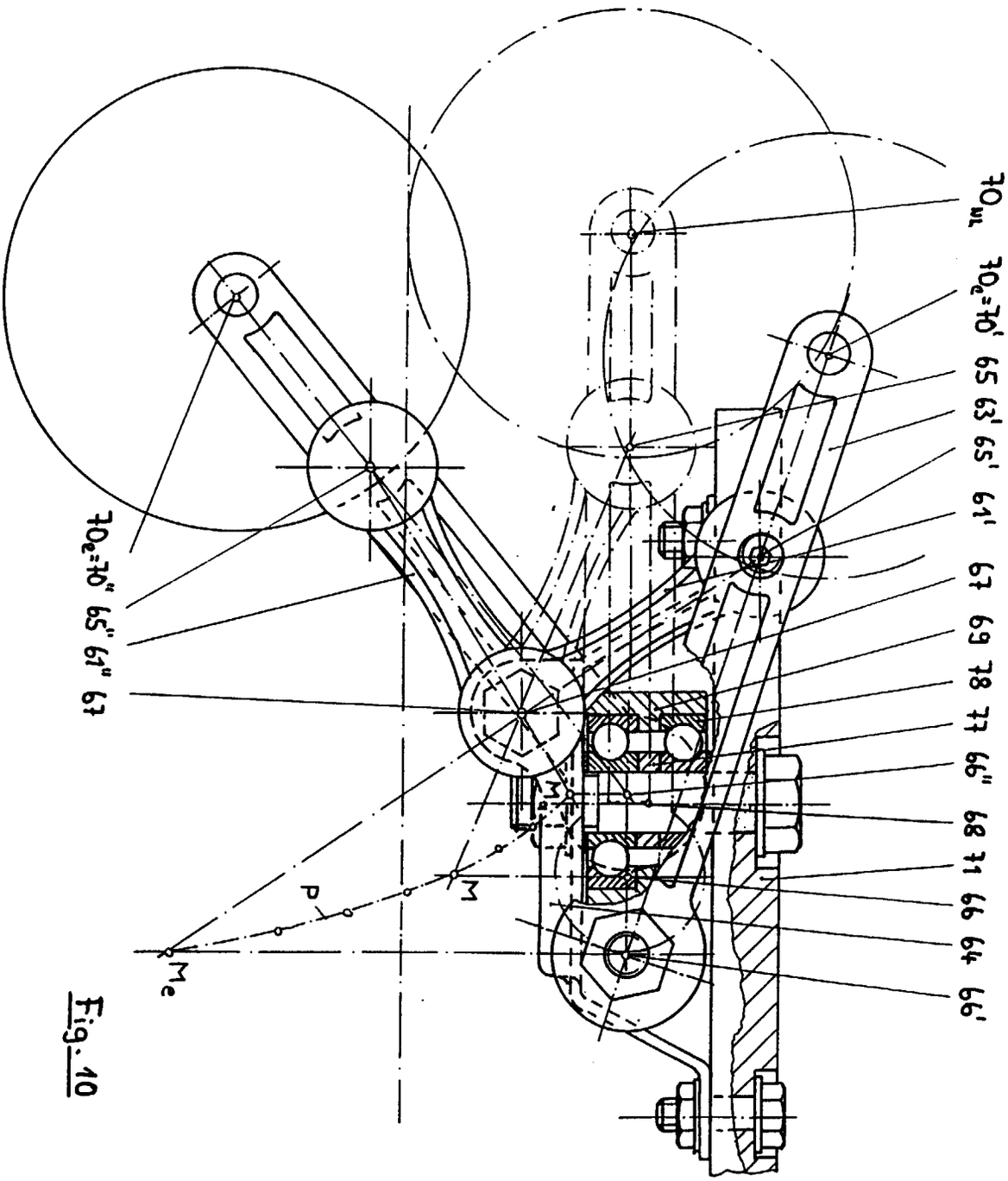

70"
70e=70' 65 63' 65' 61'
67 69 78 77 66" 68 71 66 64 66'
70e=70" 65" 61" 67
Me
P
M
MB

Fig. 10

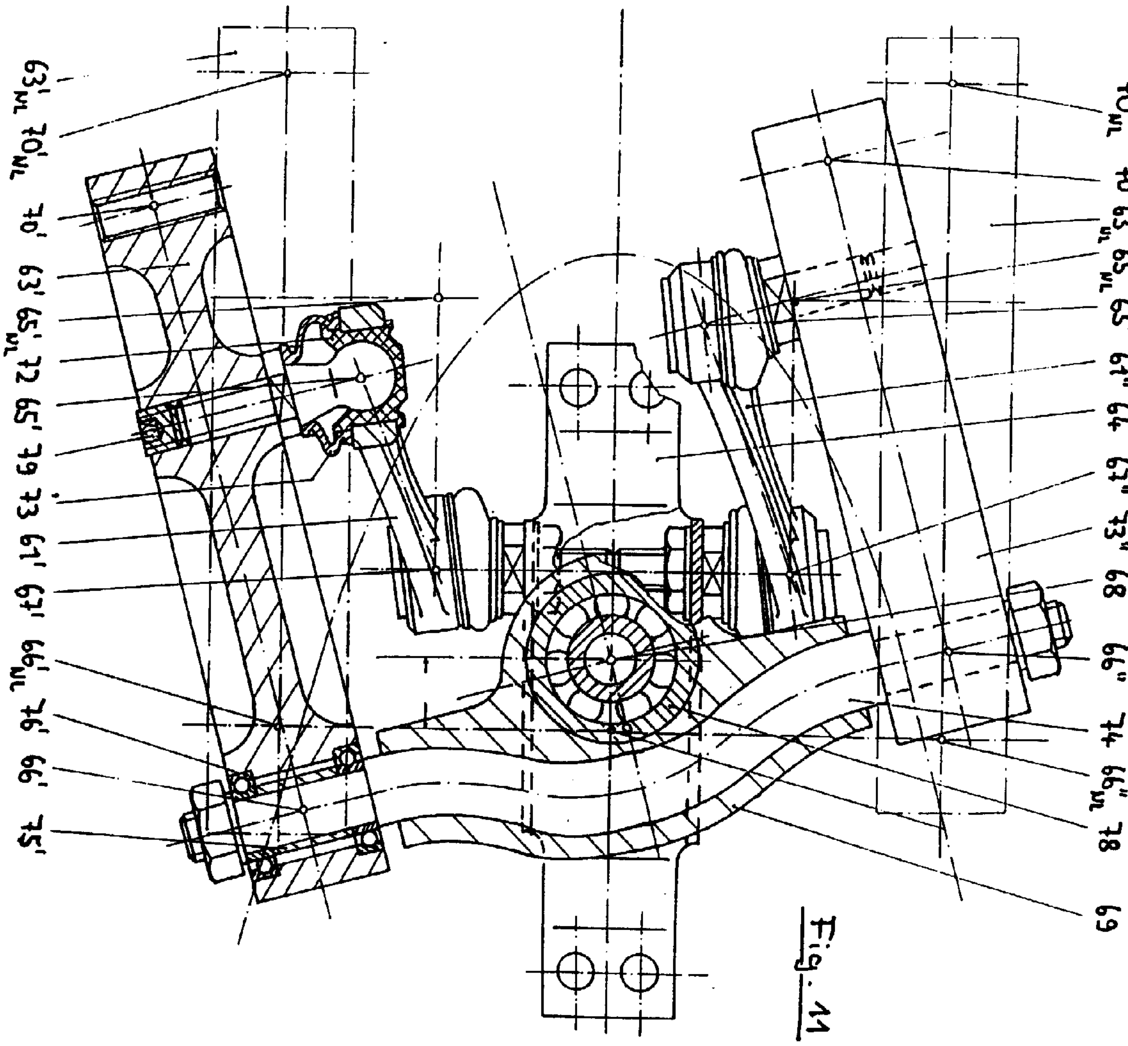
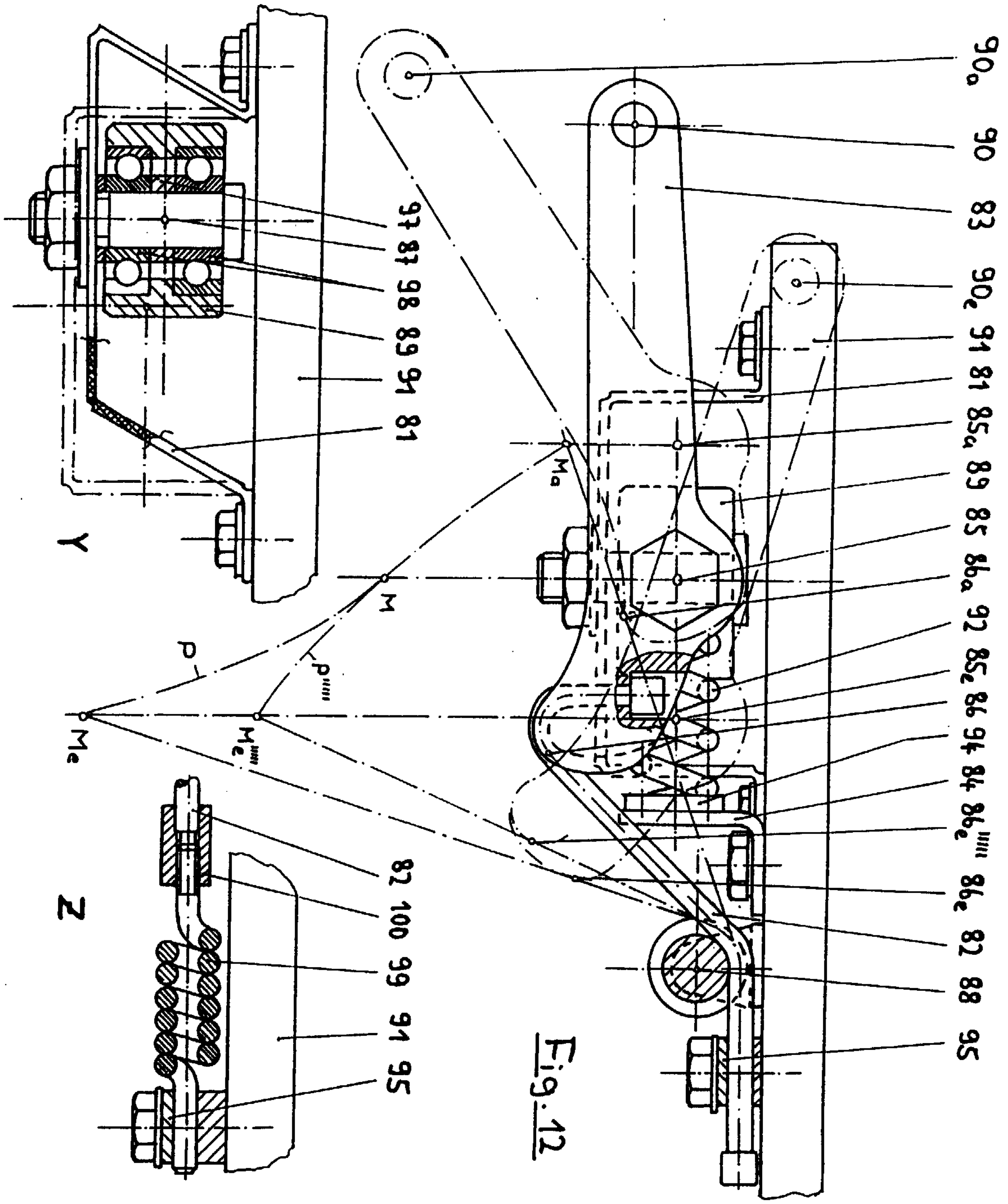


Fig. 11



90a 90 83 90e 91 81 85a 89 85 86a 92 85e 86 94 84 86e''''' 86e 82 88 95
97 87 98 89 91 81
Y
82 100 99 91 95
Z
Ma
M
Me

Fig. 12

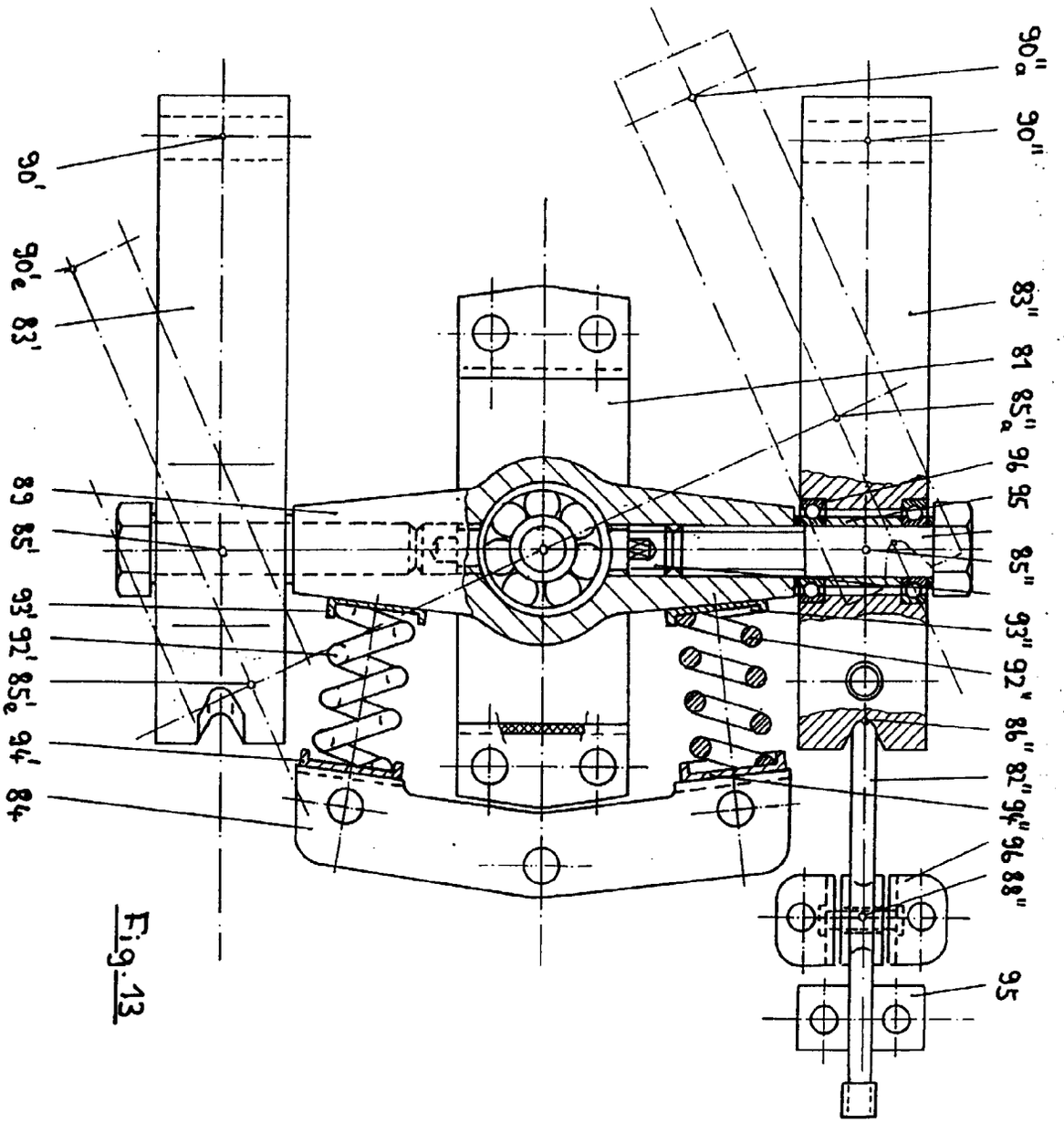

90'
90'e
83'
89
85'
93'
92'
85'e
94'
84
90"a
90"
83"
81
85"a
96
95
85"
93"
92"
86"
82"
94"
96
88"
95

Fig.13

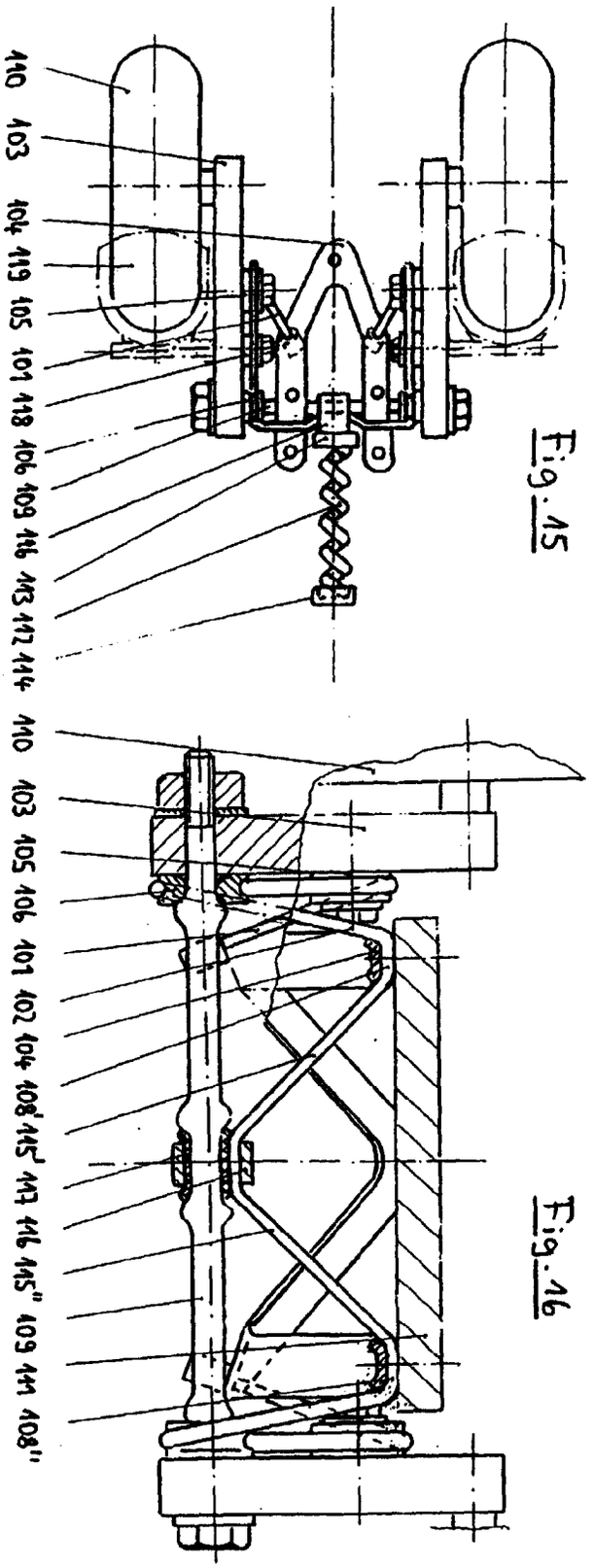


Fig. 15

Fig. 16

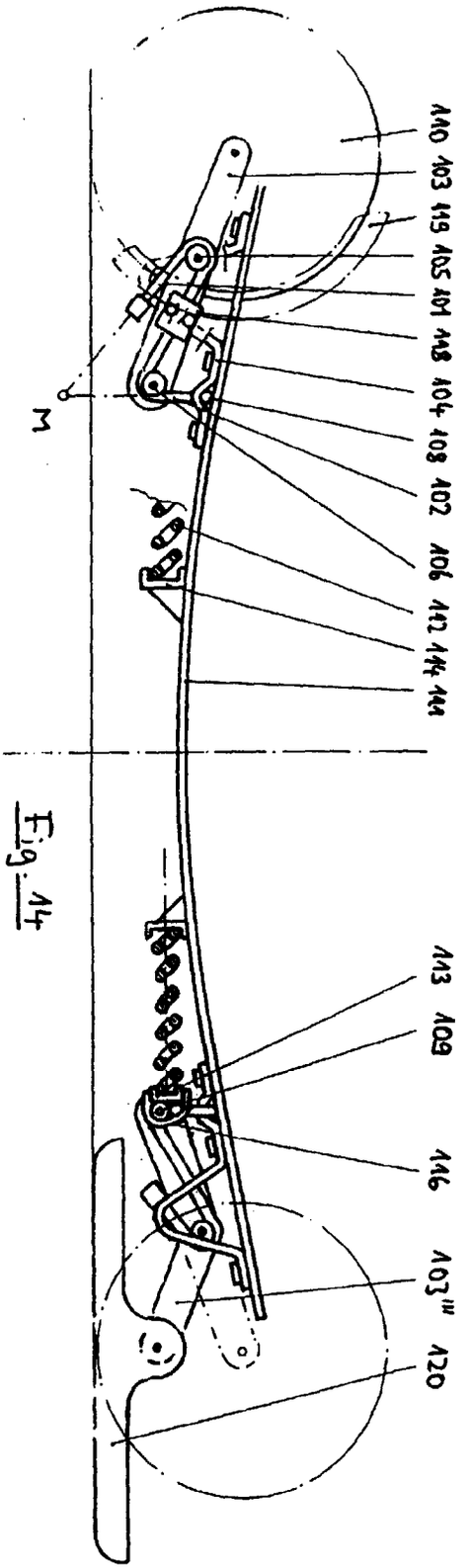


Fig. 14

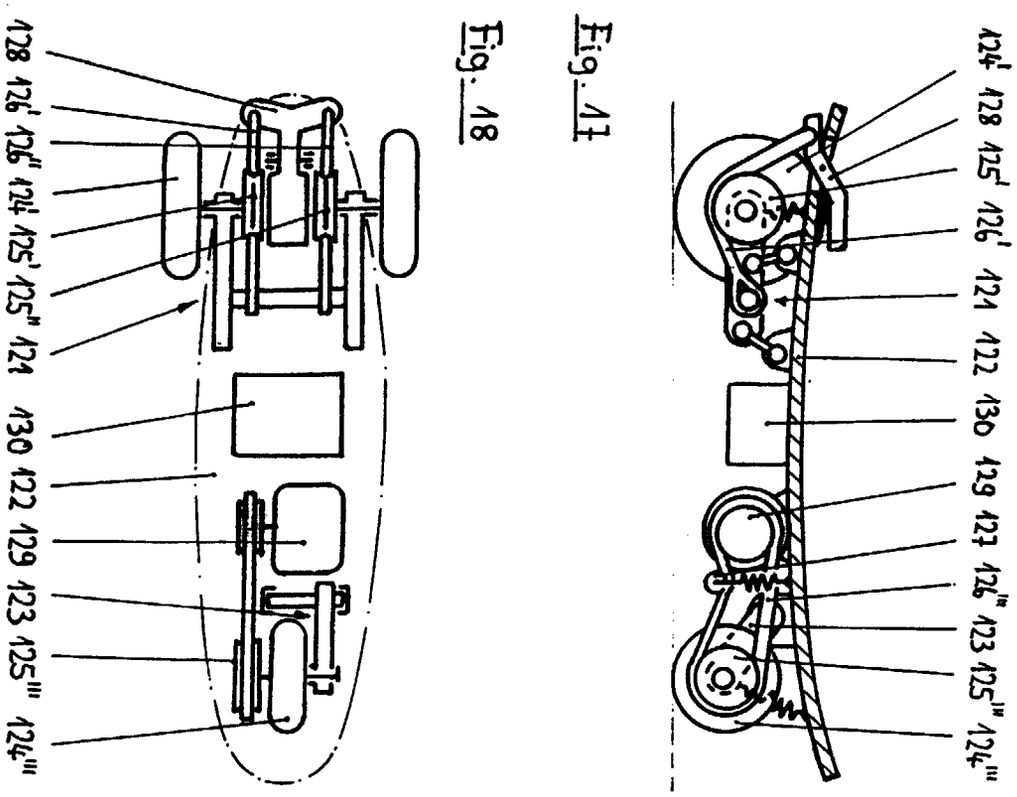


Fig. 41

Fig. 18

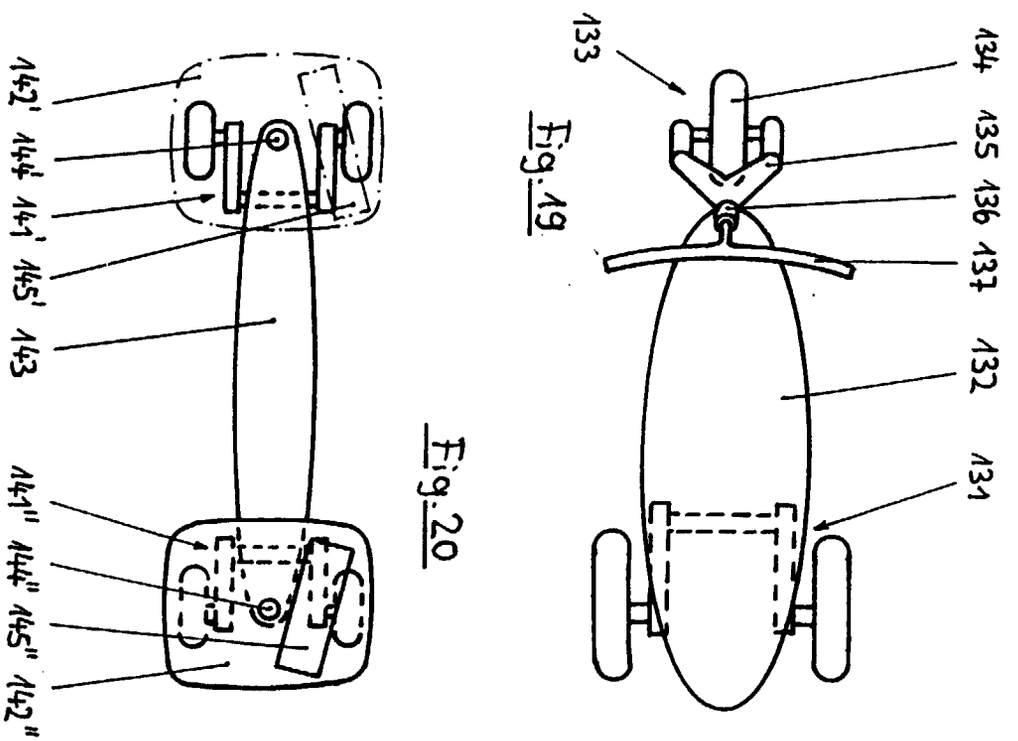


Fig. 19

Fig. 20