



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 602 21 949 T2 2008.05.15

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 314 628 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 602 21 949.3

(96) Europäisches Aktenzeichen: 02 025 478.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 15.11.2002

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 28.05.2003

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 22.08.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 15.05.2008

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: B62D 5/04 (2006.01)

F16H 25/20 (2006.01)

H02K 7/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
0115221 23.11.2001 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR

(73) Patentinhaber:  
Michelin Recherche et Technique S.A.,  
Granges-Paccot, CH

(72) Erfinder:  
Laurent, Daniel, 1723 Marly, CH; Charaudeau,  
Jean-Jacques, 1741 Cottens, CH; Varenne, Pierre,  
1740 Neyruz, CH

(74) Vertreter:  
derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: Elektrische Lenkung für ein Fahrzeug mit dreifacher Redundanz

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft die Lenkung von Straßenkraftfahrzeugen. Genauer bezieht sie sich auf ein elektrisches Lenksystem ohne mechanische Verbindung zwischen den gelenkten Rädern und dem Lenkrad, nachfolgend einfacher "elektrische Lenkung" genannt. Diese Art Lenkung wird für gewöhnlich als "Steer by Wire" bezeichnet.

**[0002]** Die traditionelle mechanische Steuerung, ob Servolenkung oder nicht, die zwischen dem Lenkrad und den gelenkten Rädern existiert, wird bei einer elektrischen Lenkung durch die folgende Kette ersetzt. In Höhe der Räder gibt es einen Stellantrieb, vorzugsweise einzeln Rad für Rad, dessen Aufgabe es ist, dem Rad oder den betreffenden Rädern den geeigneten Einschlagwinkel aufzuzwingen. Die dem Fahrer des Fahrzeugs zur Verfügung stehende Lenksteuerung kann ein traditionelles Lenkrad oder ein Steuerhebel vom Typ Joystick oder jede andere geeignete Vorrichtung sein. Die vom Fahrer des Fahrzeugs seiner Steuervorrichtung erteilten Befehle werden über eine elektrische Verbindung an die Stellantriebe gesendet, wobei das Ganze sich unter der Kontrolle eines Rechners befindet, der mit entsprechenden Programmen geladen ist, um den oder die Stellantriebe in geeigneter Weise steuern zu können.

**[0003]** Einer der Vorteile dieser Technologie ist es, dass sie sich ideal mit der Elektronik verbindet, deren Fortschritte immer anspruchsvollere Regelungen erlauben, wodurch es möglich ist, das Einschlagen der Räder nicht nur unter die Kontrolle der manuellen Steuerung, sondern auch unter die Kontrolle eines Sicherheitssystems zu bringen. So kann man zum Beispiel den gelenkten Rädern einen Winkel verleihen, der nicht nur die Steuerung durch den Fahrer des Fahrzeugs, sondern auch dynamische Parameter berücksichtigt, die am Fahrzeug beobachtet werden.

**[0004]** Durch die elektrische Lenkung öffnet sich also ein viel weiteres Feld, um auf die Spurstabilität eines Fahrzeugs einzuwirken. Während zum Beispiel heute ein automatisches Spurkorrektursystem des Fahrzeugs ausgleichende Giermomente mittels der Bremsen eines einzigen Rads verleiht, würde der Übergang auf elektrische Steuerungen der verschiedenen Funktionen in einem Fahrzeug es ermöglichen, auf den Einschlagwinkel der verschiedenen gelenkten Räder des Fahrzeugs einzuwirken, um ihre Spur zu korrigieren.

**[0005]** Die Lenkung eines Fahrzeugs ist aber eine wesentliche und lebenswichtige Funktion für die Sicherheit, wie die Bremsen. Um mechanische Lenkungen, ob Servolenkungen oder nicht, die heute praktisch universal bei allen Straßenfahrzeugen verwendet werden, ersetzen zu können, ist es notwen-

dig, dass ein elektrisches Lenksystem äußerst sicher ist. Daher werden allgemein redundante elektrische Systeme konzipiert, um bei einer Störung kritische Konsequenzen vermeiden zu können. Die größere Komplexität der redundanten Systeme darf allerdings letztlich nicht zu einer derartigen Störungswahrscheinlichkeit führen, dass die Sicherheit dadurch nicht erhöht würde.

**[0006]** Die vorliegende Erfindung schlägt ein einfaches elektrisch gesteuertes Lenksystem vor, dessen Betrieb sehr sicher ist. Seine Architektur ist für die Gesamtheit der verwendeten elektrischen Einrichtungen redundant. Um das Einschlagen eines gelenkten Fahrzeugrads zu steuern, schlägt die Erfindung auch einen besonderen elektrischen Stellantrieb vor, der gut für dieses elektrische Lenksystem geeignet ist, bei dem der Stellantrieb ein Bezugsendstück und ein Steuerendstück aufweist, das bezüglich des Bezugsendstücks von mindestens drei parallel wirkenden Elektromotoren verschoben wird, wobei jeder Elektromotor seinen eigenen elektrischen Anschluss aufweist, der von denjenigen der anderen Elektromotoren unabhängig ist.

**[0007]** Das Prinzip der Redundanz beruht auf einer Verdreifachung bestimmter Einrichtungen, nämlich der Lagesensoren, der Elektromotoren, und der notwendigen Steuergeräte, sowie der elektrischen Leitungen, die verschiedenen betroffenen Einrichtungen verbinden. Dadurch können drei parallel arbeitende Steuerpfade erzeugt werden. Genauer gesagt, arbeiten die drei Steuerpfade gleichzeitig (wenn auch im Fall der Verwendung unterschiedlicher Softwareprogramme ggf. nicht identisch) und führen zu identischen Aktionen, so lange es keine Anomalie gibt. Diese so genannte aktive Redundanz ermöglicht es, mit einem hohen Zuverlässigkeitgrad zu erfassen, welcher der drei Pfade ausgefallen ist, und ermöglicht es, mit zwei Steuerpfaden unter kaum verschlechterten Bedingungen weiter zu arbeiten, zumindest, bis das Fahrzeug eine Zone erreicht hat, in der das Fahrzeug und insbesondere seine Insassen in Sicherheit sind.

**[0008]** Das erfindungsgemäße Lenksystem für Fahrzeuge weist auf:

- mindestens ein gelenktes Rad, das eingeschlagen werden kann;
- Steuermittel, um eine Spuränderung zu fordern, die drei elektrische Signale liefern, die alle die gleiche Information bezüglich der geforderten Spuränderung enthalten;
- für jedes der gelenkten Räder einen elektrischen Stellantrieb, um auf den Einschlagwinkel des gelenkten Rads einzuwirken, wobei der elektrische Stellantrieb ein Bezugsendstück und ein Steuerendstück aufweist, das bezüglich des Bezugsendstücks verschiebbar ist, wobei der elektrische Stellantrieb mit dem gelenkten Rad in geeigneter

Weise verbunden ist, wobei der Stellantrieb drei Elektromotoren aufweist, die parallel wirken, um das Steuerendstück bezüglich des Bezugsendstücks zu verschieben;

- für jeden elektrischen Stellantrieb drei Lagesensoren, um die relative Position des Steuerendstücks bezüglich des Bezugsendstücks zu erfassen;
- drei parallel arbeitende Steuergeräte, die je Teil eines elektrischen Steuerpfads des Einschlagwinkels sind, wobei das Steuergerät jedes elektrischen Pfads, das eines der drei elektrischen Signale empfängt, mit einem der Lagesensoren verbunden ist und einen der Elektromotoren steuert, um den Einschlagwinkel einzustellen, wobei die von jedem der Motoren gelieferten Momente sich im Normalbetrieb addieren;
- mindestens einen Verbindungsbus der drei elektrischen Steuerpfade;
- Mittel zur Erfassung einer Abweichung des Zustands eines elektrischen Pfads bezüglich der beiden anderen, um im Fall einer Abweichung in den Notbetrieb überzugehen.

**[0009]** Die Erfindung wird mittels der beiliegenden Figuren veranschaulicht. Es zeigen:

**[0010]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung des Lenksystems für Fahrzeuge gemäß der Erfindung;

**[0011]** [Fig. 2](#) einen Schnitt gemäß DD in [Fig. 3](#), der einen elektrischen Stellantrieb gemäß der Erfindung zeigt;

**[0012]** [Fig. 3](#) einen Schnitt gemäß AA in [Fig. 2](#);

**[0013]** [Fig. 4](#) einen Schnitt gemäß BB in [Fig. 2](#);

**[0014]** [Fig. 5](#) einen Schnitt gemäß CC in [Fig. 3](#):

**[0015]** [Fig. 6](#) ein Schema, das eine mögliche Anwendung des erfindungsgemäßen Lenksystems an ein Personenfahrzeug mit vier gelenkten Rädern zeigt;

**[0016]** [Fig. 7](#) das gleiche Fahrzeug mit einer anderen Fortbewegungsgeschwindigkeit als in [Fig. 6](#).

**[0017]** In [Fig. 1](#) sind Steuermittel 2, um einem Fahrzeug einen Lenkeinschlag aufzuzwingen, dargestellt. Die dem Fahrer des Fahrzeugs zur Verfügung stehende Steuerung kann, wie bereits gesagt, jede geeignete Form annehmen. Es kann ein Lenkrad 20 sein, aber es könnte auch jeder andere Steuerhebel sein, wie ein Joystick, oder ein Hebel wie derjenige, der in der Patentanmeldung GB 2 314 910 beschrieben ist. Es gibt keine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkrad 20 und dem (oder den) gelenkten Rad (Rädern). Drei Sensoren 21, 22 und 23 messen den vom Fahrer aufgezwungenen Winkel am

Lenkrad 20. Jeder der Sensoren 21, 22, 23 gehört zu einem anderen elektrischen Pfad, und sie liefern eines der elektrischen Signale, die Informationen bezüglich der geforderten Spuränderung enthalten.

**[0018]** Man sieht ein gelenktes Rad 1A und einen elektrischen Stellantrieb 3A, der einerseits mit dem Wagenkasten oder dem Fahrgestell des Fahrzeugs 11 und andererseits mit einem Schaltgestänge 10AvG verbunden ist, das selbst mit einem Hebel 12AvG verbunden ist, der Teil eines Radträgers (nicht sichtbar) ist, um den Einschlagwinkel des Rads 1AvG zu steuern. Der speziell konzipierte elektrische Stellantrieb 3A, der andere Anwendungen haben könnte (er könnte zum Beispiel in einem anderen elektrischen Lenksystem verwendet werden), weist also mindestens drei Elektromotoren auf, die parallel wirken (für die Motoren siehe die Bezugszeichen 31, 32 und 33 und die nachfolgende Beschreibung der [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#)), wobei jeder Elektromotor seinen eigenen elektrischen Anschluss 661 (bzw. 662, 663) unabhängig von denjenigen der anderen Elektromotoren aufweist, der dazu bestimmt ist, den Motor mit einem spezifischen Steuergerät zu verbinden, das sich von dem Steuergerät unterscheidet, das die anderen Motoren des gleichen Stellantriebs steuert, wie sich nachfolgend herausstellen wird.

**[0019]** Eine Zentraleinheit 6 ermöglicht es, den Lenkeinschlag des oder der gelenkten Räder zu steuern. Die Anzahl von gelenkten Rädern ist beliebig. Man sieht einen Kabelbaum 65AvG, der die Zentraleinheit 6 mit der Gruppe verbindet, die das gelenkte Rad 1AvG und den Stellantrieb 3AvG umfasst. Um das Schaltbild nicht zu überladen, wurden die Kabelbäume nicht dargestellt, die die Zentraleinheit 6 mit anderen Gruppen verbinden, die auch nicht dargestellt sind und ein gelenktes Rad und seinen Stellantrieb umfassen. Es gibt drei Steuerpfade. In der Praxis, um die Wahrscheinlichkeit einer Störung noch weiter zu verringern, ist jeder Stellantrieb 3 elektrisch mit der Zentraleinheit 6 über drei vollständig unabhängige Kabelbäume oder Kabel (einer pro Steuerpfad) verbunden, deren Wege so weit wie möglich getrennt sind.

**[0020]** Wenn auf eine Einrichtung jeder Gruppe ohne Bezug auf ihre besondere Lokalisierung Bezug genommen wird, wird üblicherweise ein rein numerisches Bezugszeichen verwendet, und wenn auf eine Einrichtung in ihrer Anwendung an ein bestimmtes Rad Bezug genommen wird, wird das das gleiche numerische Bezugszeichen gefolgt von Buchstaben verwendet, die angeben, um welche Lokalisierung es sich in dem Fahrzeug handelt. In der vorliegenden Beschreibung sowie in den Zeichnungen betreffen die Buchstaben AvG die Lokalisierung vorne links, die Buchstaben AvD die Lokalisierung vorne rechts, die Buchstaben ArG die Lokalisierung hinten links und die Buchstaben ArD die Lokalisierung hinten

rechts.

**[0021]** Für ein Fahrzeug mit mehreren gelenkten Rädern ist vorteilhafterweise das erfindungsgemäße Lenksystem so, dass jedes Steuergerät einen der Elektromotoren des Stellantriebs jedes der gelenkten Räder steuert, wobei jedes Steuergerät es erlaubt, jedem der gelenkten Räder in Abhängigkeit mindestens von der Lokalisierung des gelenkten Rads am Fahrzeug, von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und von der geforderten Spuränderung oder Spurkorrektur selektiv einen geeigneten Einschlagwinkel zu verleihen.

**[0022]** Man hat gesehen, dass die Anzahl von gelenkten Rädern beliebig ist. Man kann zum Beispiel zwei gelenkte Räder einer einzigen Lenkachse steuern. Die Lenkachse weist zwei Gruppen von Einrichtungen auf, wobei jede der Gruppen ein gelenktes Rad und einen Stellantrieb aufweist. In einer Variante kann die Lenkachse eine mechanische Verbindung zwischen gelenkten Rädern, von der Art Lenkzahnstange, aufweisen, und deren Gleiten wird von einem einzigen Stellantrieb **3** gesteuert. Allgemeiner kann man eine beliebige Anzahl solcher Gruppen von Einrichtungen einsetzen. Man kann zum Beispiel ein Personenfahrzeug mit vier Rädern konstruieren, die alle gelenkte Räder sind und je von ihrem eigenen Stellantrieb eingeschlagen werden. Dies ist das für die ausführliche Darstellung der vorliegenden Erfindung gewählte Beispiel.

**[0023]** Nun unter Bezug auf die [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) sieht man, dass jeder Stellantrieb **3** ein Gehäuse **40**, das als mechanischer Bezug verwendet wird, und eine Stange **41** aufweist, die bezüglich des Bezugsendstücks linear verschoben ist. In der beschriebenen Ausführungsform ist die Stange **41** bezüglich des Gehäuses **40** beweglich. Man sieht drei drehende Elektromotoren **31**, **32** und **33**, die die Bewegung des Stellantriebs gewährleisten. Die drei Elektromotoren **31**, **32** und **33** wirken parallel auf eine drehende Schraube **53**. Die Drehbewegung der Schraube **53** wird in eine lineare Verschiebung der Stange **41** umgewandelt, wie man nachfolgend im Einzelnen sehen wird. Jeder der Motoren ist so dimensioniert, dass er aus Gründen der Betriebssicherheit alleine das notwendige Moment übertragen kann. Während des Betriebs im normalen Modus verteilt sich aber das notwendige Moment auf jeden der drei Elektromotoren, was für die Langlebigkeit durch Verringerung der Belastungen und der Erwärmung jedes Elektromotors bürgt. Dies trägt zur Zuverlässigkeit des elektrischen Stellantriebs bei.

**[0024]** Die Drehbewegung der Elektromotoren wird durch ein Schraube/Mutter-System in eine lineare Bewegung umgewandelt. Jede der Abtriebswellen **310**, **320** und **330** der Elektromotoren **31**, **32** und **33** weist ein Ritzel **311**, **321** und **331** auf, das auf ein

Zahnrad **52** eingreift. Eine Manschette **56** umgibt die Stange **41**. Das Ende der Manschette **56** bildet ein Lager, das die Gleitbewegung der Stange **41** führt. Das Zahnrad **52** ist auf einer Welle verkeilt. Die Welle weist auf einer Seite eine Schraube **53** auf. Die Welle ist auf einer Seite auf ein Radlager **51** und auf der anderen Seite auf ein in die Stange **41** integriertes Lager montiert. Der Außenkäfig des Radlagers **51** ist fest mit dem Gehäuse **40** des elektrischen Stellantriebs verbunden. Eine Mutter **54** steht mit der Schraube **53** in Eingriff. Die Manschette **56** ist fest mit dem Gehäuse **40** verbunden. Ein Schutzbalg **30** ist auf der einen Seite auf das Gehäuse **40** des Motors und auf der anderen Seite auf die Stange **41** montiert.

**[0025]** In [Fig. 4](#) sieht man, dass die Ritzel **311**, **321** und **331** sternförmig um das Zahnrad **52** montiert sind, mit einem gleichmäßigen Abstand von  $120^\circ$  zueinander. Dies ist natürlich nur eine nicht einschränkende konstruktive Anordnung. Man könnte insbesondere auch drei Motoren nebeneinander und konzentrisch zur Stange anordnen, mit einem Antrieb der Stange durch Schraube/Mutter.

**[0026]** In den [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) sieht man, dass die Stange **41** einen Vorsprung **410** aufweist, der selbst in ein Schlitzloch **560** eingeführt ist, das in die Manschette **56** eingearbeitet ist. Auf diese Weise wird die Stange **41** in Drehung um ihre Achse blockiert. So wird die Drehbewegung der Schraube **53** in eine lineare Bewegung durch die Mutter **54** umgewandelt, die sich entlang der ganzen Schraube **53** bewegt.

**[0027]** Man sieht ebenso gut in [Fig. 2](#) wie in [Fig. 3](#) Lagesensoren **71**, **72** und **73**, die verwendet werden, um die Verschiebung des Steuerendstücks, d.h. der Stange **41**, bezüglich des Bezugsendstücks zu erfassen. Der Körper **710** des Lagesensors **71** ist fest mit der Manschette **56** und somit mit dem Gehäuse **40** des Stellantriebs **3** verbunden. Ein Läufer **711** ist fest mit der Stange **41** verbunden und somit mit dieser beweglich. Zwei Lagesensoren gleich dem Lagesensor **71**, d.h. die Lagesensoren **72** und **73**, sind in das gleiche Bauteil **74** integriert. Jeder der Lagesensoren **71**, **72**, **73** ist Teil eines anderen elektrischen Pfads.

**[0028]** Die Zentraleinheit **6** weist drei Steuergeräte **61**, **62** und **63** (siehe [Fig. 1](#)) auf, die im normalen Betriebsmodus parallel und gleichzeitig arbeiten, und im Notbetrieb (d.h. wenn eine Störung auftritt, was das System natürlich zum Beispiel durch Aktivieren eines Fehlfunktionsalarms anzeigen kann) in einer Weise arbeiten, die nachfolgend klar wird. Jedes der Steuergeräte **61**, **62** und **63** ist Teil eines elektrischen Steuerpfads des Einschlagwinkels eines gelenkten Rads. Jedes gelenkte Rad wird von drei elektrischen Steuerpfaden gesteuert. Wenn es mehrere gelenkte Räder gibt, steuert jedes Steuergerät **61** (oder **62** bzw. **63**) die Einschlagwinkel aller gelenkten Räder. Jedes Steuergerät **61** (oder **62** bzw. **63**) erfasst die

von einem der Lenkradwinkel-Sensoren **21** (oder **22** bzw. **23**) kommende Information über die elektrische Leitung S1 (oder S2 bzw. S3). Außerdem steuert jedes Steuergerät **61** (oder **62** bzw. **63**) einen Motor **31** (oder **32** bzw. **33**) jedes elektrischen Stellantriebs **3** für jedes gelenkte Rad über die Leitung L1 (bzw. L2 oder L3) und empfängt eine Information über die Position des elektrischen Stellantriebs **3** (d.h. in der Praxis eine Information über den Lenkeinschlag des Rads), die von einem Lagesensor **71** (oder **72** bzw. **73**) für jedes der gelenkten Räder **1** kommt, über die elektrische Leitung C1 (oder C2 bzw. C3). Außerdem erfasst jedes Steuergerät **61** (oder **62** bzw. **63**) für jedes der gelenkten Räder die Information, die von einem Stromsensor des Elektromotors, dem es zugeordnet ist, in jedem der elektrischen Stellantriebe kommt.

**[0029]** Zusammengefasst gewährleistet jedes Steuergerät **61** (oder **62** bzw. **63**) die Steuerung aller gelenkten Räder, und jedes der gelenkten Räder befindet sich selbst unter der Steuerung von drei autonomen Steuergeräten, die parallel wirken. Vorzugsweise sind die Steuergeräte selbst unterschiedlich, zum Beispiel von unterschiedlichem Typ und/oder unterschiedlichen Marken, um die Redundanz zu perfektionieren. Ebenfalls, um die Redundanz zu perfektionieren, sind die Steuergeräte (unabhängig davon, ob sie von der gleichen Marke/Typ oder unterschiedlichen Marken/Typen sind) vorzugsweise mit unterschiedlichen Softwareprogrammen geladen (Serien von unterschiedlichen Anweisungen, unterschiedliche Skriptsprachen, unterschiedliche Programmierer), selbst wenn diese unterschiedlichen Softwareprogramme alle die gleiche Zweckbestimmung haben. Anders gesagt, ermöglicht jedes dieser Softwareprogramme, das sein eigenes Skript hat, trotzdem, zu gleichen Aktionen bei den Motoren zu gelangen. Eine solche Redundanz von Softwareprogrammen begrenzt die Gefahren des Auftretens einer Fehlfunktion (bug) in einer nicht getesteten Kombination von Parametern.

**[0030]** Die drei Steuergeräte **61**, **62** et **63** sind über mindestens einen Bus **8** verbunden und tauschen in Echtzeit alle Nutzdaten aus, um den elektrischen und mechanischen Zustand jedes Steuerpfads zu beschreiben. Der Betrieb des elektrischen Lenksystems bleibt im Normalmodus, so lange alle gleichen Parameter jedes der Steuerpfade bis auf die Toleranzen gleiche Werte haben. So lange zum Beispiel die Lenkradwinkel-Sensoren **21**, **22** und **23** (bis auf die Toleranzen) gleiche Signale auf den Leitungen S1, S2 und S3 liefern, kann man daraus schließen, dass sie alle drei korrekt arbeiten. So lange die elektrischen Ströme auf jeder der Leitungen L1, L2 und L3, die die drei Steuergeräte **61**, bzw. **62** und **63**, mit den drei Elektromotoren **31**, bzw. **32** und **33**, jedes Stellantriebs **3** verbinden, (bis auf die Toleranzen) gleiche Werte haben, kann man daraus schließen, dass alle

Elektromotoren korrekt arbeiten. So lange die Lenkradwinkel-Sensoren **71**, **72** und **73** (bis auf die Toleranzen) gleiche Signale auf den elektrischen Leitungen C1, C2 und C3 liefern, kann man daraus schließen, dass sie alle drei korrekt arbeiten. Zusammenfassend wird dann gefolgt, dass die drei elektrischen Steuerpfade korrekt arbeiten. Der Betrieb ist also im Normalmodus.

**[0031]** Man kann verschiedene Möglichkeiten konzipieren, um im Notbetrieb zu arbeiten. Unter einem ersten Aspekt kann man aufgrund der Existenz von drei Steuerpfaden annehmen, dass, wenn einer der Parameter eines Pfads einen Wert aufweist, der sich von dem des gleichen Parameters in den zwei anderen elektrischen Pfaden unterscheidet, es der Parameter mit unterschiedlichem Wert ist, der Teil eines ausgefallenen elektrischen Pfads ist. In diesem Fall muss der Einschlagwinkel jedes gelenkten Rads, für das ein Ausfall in einem Steuerpfad identifiziert wurde, von den zwei Pfaden gesteuert werden, die den gleichen Zustand haben, d.h. die Parameterwerte beibehalten haben, die bis auf die Toleranzen alle gleich sind. Konkret wird der Elektromotor des Steuerpfads, in dem eine Anomalie erfasst wurde, in Freilauf versetzt. Für die anderen möglichen gelenkten Räder ändert sich nichts.

**[0032]** Es ist anzumerken dass es, wenn die elektrischen Pfade nur doppelt und nicht dreifach sind, bei einer Abweichung von Werten nicht möglich ist, direkt zu wissen, welches der elektrische Pfad ist, der sich im normalen Betriebszustand befindet. Man kann in diesem Fall aber Likelihood-Analysen durchführen, zum Beispiel, indem die verschiedenen Parameter miteinander verglichen werden, und indem der Entwicklungsverlauf dieser Parameter im Lauf der Zeit analysiert wird. Es ist auf diese Weise, wie das Auftreten eines eventuellen zweiten Notbetriebs bei einem erfindungsgemäßen elektrischen Lenksystem verwaltet werden muss. Diese Art Analyse kann sich global auf das ganze Fahrzeug beziehen. Man kann die Parameter mit jedem der gleichen Parameter der anderen Räder vergleichen und auf diese Weise bestimmen, was der Notbetriebmodus sein soll. Man sieht so, dass es bei einer zusätzlichen Anomalie, während das elektrische Lenksystem nur mit zwei elektrischen Pfaden arbeitet, noch möglich ist, das von der Erfindung vorgeschlagene elektrische Lenksystem gemäß einem zweiten Notbetrieb arbeiten zu lassen. Auch hier wird der Elektromotor des Steuerpfads in Freilauf versetzt, in dem eine Anomalie festgestellt wurde.

**[0033]** Außerdem muss das elektrische Lenksystem bei einem Ausfall der Versorgung mit elektrischer Energie noch arbeiten können. Daher weist die Zentraleinheit **6** eine Notstrombatterie **91** auf, die automatisch die Hauptbatterie **90** des Fahrzeugs bei deren Ausfall oder beim Ausfall der Versorgungsleitung **92**

zwischen der Hauptbatterie **90** und der Steuereinheit **6** ablöst, um eine Notversorgung des elektrischen Lenksystems bei einem Ausfall der normalen Versorgung zu gewährleisten und gleichzeitig einen geeigneten Alarm auszusenden. Im Normalbetrieb wird die Hilfsbatterie wieder aufgeladen oder in ihrem maximalen Ladezustand gehalten, indem Energie von der Hauptbatterie **90** abgezogen wird. Die Notstrombatterie **91** ist so bemessen, dass sie eine ausreichende Menge Energie speichern kann, um den Betrieb der Lenkung des Fahrzeugs während einer vorbestimmten Mindestsicherheitszeit zu erlauben, die dem Fahrzeug zumindest ermöglichen muss, unter zufriedenstellenden Sicherheitsbedingungen anzuhalten und gleichzeitig einen besonders gefährlichen Ort zu verlassen. Jedes der Steuergeräte **61**, **62** und **63** weist eine Notversorgung auf, die von der Notstrombatterie kommt, mit einzelnen getrennten und geschützten Schaltungen.

**[0034]** Dieses Prinzip eines elektrischen Lenksystems kann unabhängig vom Typ der Lenksteuerung angewendet werden. Die Lenksteuerung (Steuervorrichtung der Spuränderung) kann ein Lenkrad oder ein Joystick oder eine beliebige andere geeignete Vorrichtung sein. Außerdem passt dieses elektrische Lenksystem sich sehr gut an Systeme der automatischen Überwachung der Spurstabilität des Fahrzeugs an. In diesem Fall wird der jedem der gelenkten Räder aufgezwungene Einschlagwinkel nicht nur durch die Steuermittel bestimmt, auf die der Fahrer des Fahrzeugs einwirkt, sondern berücksichtigt zusätzlich Korrektursollwerte, die von einem Stabilitätskontrollsystem des Fahrzeugs kommen, das entscheidet, einen Einschlagwinkel im Vergleich mit dem Wunsch des Fahrers hinzuzufügen oder abzuziehen, um die Spur des Fahrzeugs unter Sicherheitsbedingungen zu halten.

**[0035]** Die [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) stellen eine Anwendung an ein System mit vier gelenkten Rädern dar. Eine elektrische Lenkung kann sehr leicht an die Längsbewegungsgeschwindigkeit des Fahrzeugs angepasst werden. Bei einem Manöver mit sehr niedriger Geschwindigkeit ist es zur Begünstigung der Beweglichkeit des Fahrzeugs nützlich, die Hinterräder in Gegenrichtung zu den Vorderrädern einzuschlagen, wie es [Fig. 6](#) zeigt. Das Fahrzeug dreht nach links, und es ist insbesondere der Einschlagwinkel des linken Hinterrads  $\alpha_{\text{ArG(v1)}}$  bei der Geschwindigkeit  $v1$  bezeichnet. Bei einer sehr viel höheren Geschwindigkeit weiß man, dass es zur Aufrechterhaltung einer guten Stabilität des Fahrzeugs nützlich ist, die Hinterräder in gleicher Richtung wie die Vorderräder, aber um einen geringeren Winkel, einschlagen zu lassen. Dies ist in [Fig. 7](#) dargestellt, in der das Fahrzeug immer noch nach links dreht, und es ist insbesondere der Einschlagwinkel des linken Hinterrads  $\alpha_{\text{ArG(v2)}}$  mit der Geschwindigkeit  $v2$  bezeichnet (Winkelwerte, die nicht für eine reale Situation repräsentieren).

tativ sind).

**[0036]** Allgemein kann die Steuerung des Einschlagwinkels selektiv Rad für Rad ausgehend von dem vom Fahrer des Fahrzeugs vorgegebenen Lenkradwinkel und von der Längsbewegungsgeschwindigkeit des Fahrzeugs bestimmen, welches das augenblickliche ideale Drehzentrum für das Fahrzeug ist. Dieses augenblickliche Drehzentrum wird durch den Punkt  $\Omega$  in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) identifiziert. Ausgehend von dem Moment, in dem dieses augenblickliche Drehzentrum gewählt ist, kann man, indem man es mit dem Zentrum jedes der gelenkten Räder verbindet, den Einschlagwinkel jedes der Räder so berechnen, dass die Ebene des Rads sich lotrecht zu der Linie präsentiert, die das Zentrum des betrachteten Rads mit dem augenblicklichen Drehzentrum  $\Omega$  des Fahrzeugs verbindet. Abgesehen von der Drift der Reifen dreht das Fahrzeug um das augenblickliche Drehzentrum  $\Omega$  des Fahrzeugs. Das augenblickliche Drehzentrum  $\Omega$  des Fahrzeugs wird permanent dynamisch in Abhängigkeit von den Fahrbedingungen (Geschwindigkeit des Fahrzeugs, Giergeschwindigkeit, ...) berechnet.

## Patentansprüche

1. Fahrzeug-Lenksystem, das aufweist:
  - mindestens ein gelenktes Rad (**1**), das eingeschlagen werden kann;
  - Steuermittel (**2**), um eine Spuränderung zu fordern, die drei elektrische Signale liefern, die alle die gleiche Information bezüglich der geforderten Spuränderung enthalten;
  - für jedes der gelenkten Räder einen elektrischen Stellantrieb (**3**), um auf den Einschlagwinkel des gelenkten Rads einzuwirken, wobei der elektrische Stellantrieb ein Bezugsendstück und ein Steuerendstück aufweist, das bezüglich des Bezugsendstücks verschoben ist, wobei der elektrische Stellantrieb mit dem gelenkten Rad (**1**) in geeigneter Weise verbunden ist, wobei der Stellantrieb (**3**) drei Elektromotoren (**31**, **32**, **33**) aufweist, die parallel wirken, um das Steuerendstück bezüglich des Bezugsendstücks zu verschieben;
  - für jeden elektrischen Stellantrieb (**3**) drei Lagesensoren (**71**, **72**, **73**), um die relative Position des Steuerendstücks bezüglich des Bezugsendstücks zu erfassen;
  - drei parallel arbeitende Steuergeräte (**61**, **62**, **63**), die je Teil eines elektrischen Steuerpfads des Einschlagwinkels sind, wobei das Steuergerät jedes elektrischen Pfads, das eines der drei elektrischen Signale empfängt, mit einem der Lagesensoren verbunden ist und einen der Elektromotoren steuert, um den Einschlagwinkel aufzuzwingen, wobei die von jedem der Motoren gelieferten Momente sich im Normalbetrieb addieren;
  - mindestens einen Verbindungsbus (**8**) der drei elektrischen Steuerpfade,

- Mittel zur Erfassung einer Abweichung des Zustands eines elektrischen Pfads bezüglich der beiden anderen, um im Fall einer Abweichung in den Notbetrieb überzugehen.

2. Lenksystem nach Anspruch 1, bei dem im Notbetrieb ein Fehlfunktionsalarm aktiviert wird.

3. Lenksystem nach Anspruch 1, bei dem im Notbetrieb die Lenkeinschlagsteuerung von den zwei elektrischen Pfaden aufgezwungen wird, die den gleichen Zustand haben.

4. Lenksystem nach Anspruch 1, bei dem die Steuermittel (2) eine Steuervorrichtung aufweisen, auf die der Fahrer des Fahrzeugs einwirkt, mit drei Sensoren (21, 22, 23), um die Position der Steuermittel (2) festzustellen, wobei jeder der Sensoren Teil eines elektrischen Pfads ist und eines der elektrischen Signale liefert.

5. Lenksystem nach Anspruch 1 für ein Fahrzeug, das eine Hauptakkumulatorenbatterie (90) aufweist, bei dem die normale Versorgung mit elektrischer Energie von der Hauptbatterie kommt, und das eine Notstrombatterie (91) aufweist, die im Normalbetrieb automatisch von der Hauptbatterie geladen wird und automatisch eine Notversorgung des Lenksystems gewährleistet, wenn die normale Versorgung ausfällt, und gleichzeitig einen Alarm aussendet.

6. Lenksystem nach Anspruch 1 für ein Fahrzeug mit mehreren gelenkten Rädern, bei dem jedes Steuengerät einen der Elektromotoren des Stellantriebs jedes der gelenkten Räder steuert, wobei jedes Steuengerät es ermöglicht, jedem der gelenkten Räder in Abhängigkeit mindestens von der Lokalisierung des gelenkten Rads am Fahrzeug, von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und von der geforderten Spuränderung selektiv einen geeigneten Einschlagwinkel aufzuzwingen.

7. Elektrischer Stellantrieb (3) mit einem Gehäuse (40), das ein Bezugsendstück (40A) aufweist, wobei der Stellantrieb eine Stange (41) aufweist, die linear bezüglich des Bezugsendstücks (40A) verschiebbar ist, wobei die Stange von einem Steuerendstück (41B) verlängert wird und bezüglich des Bezugsendstücks durch mindestens drei parallel wirkende Elektromotoren (31, 32, 33) verschoben wird, wobei jeder Elektromotor im Gehäuse (40) enthalten ist und seinen eigenen elektrischen Anschluss unabhängig von dem der anderen Elektromotoren aufweist.

8. Elektrischer Stellantrieb nach Anspruch 7, bei dem die Elektromotoren drehend sind, wobei die Drehbewegung der Elektromotoren von einer Schraube/Mutter-Vorrichtung in eine lineare Ver-

schiebung umgewandelt wird.

9. Elektrischer Stellantrieb nach Anspruch 7, der mindestens drei Lagesensoren aufweist, die die Verschiebung des Steuerendstücks bezüglich des Bezugsendstücks messen.

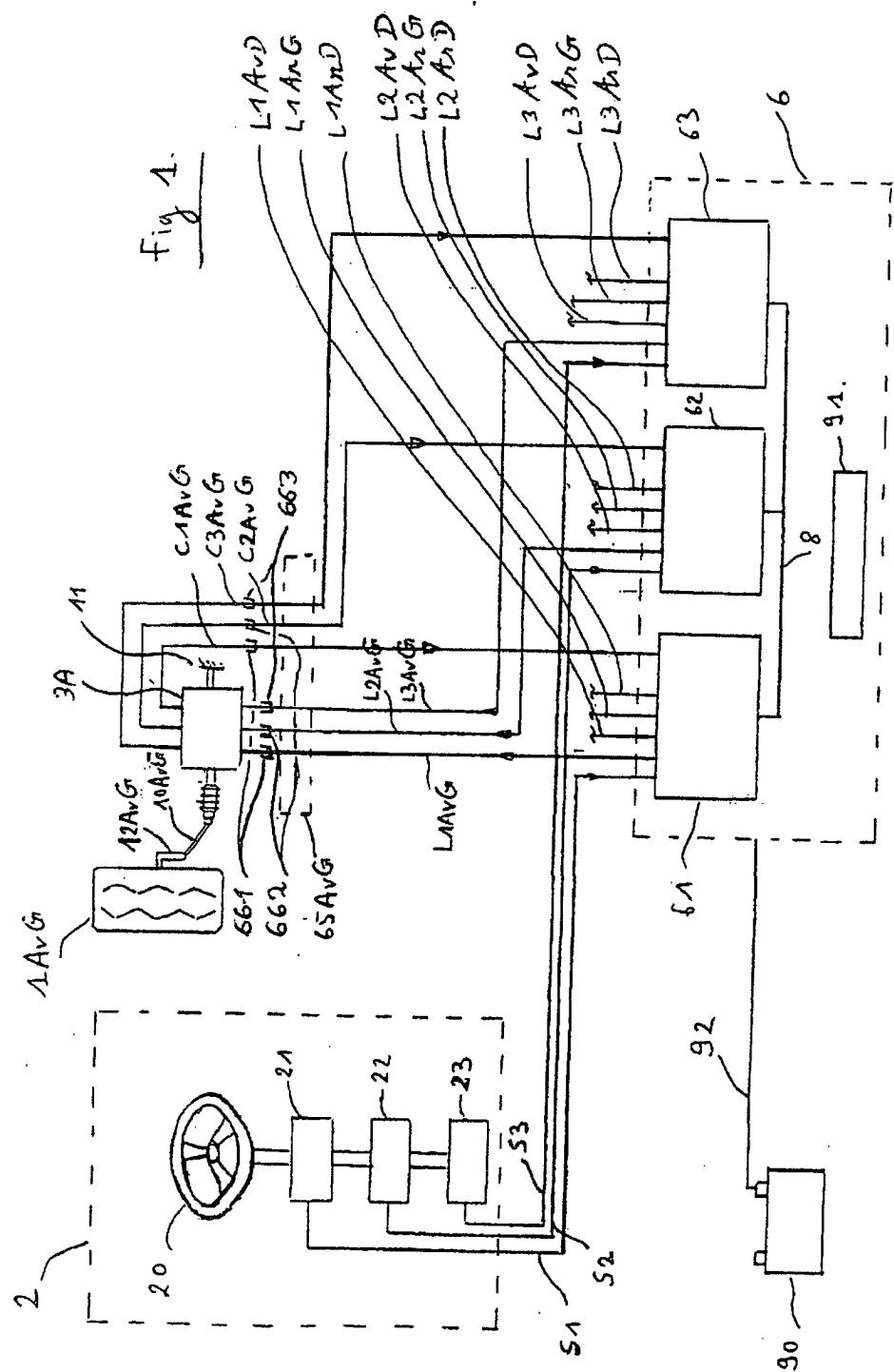
10. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, das einen elektrischen Stellantrieb nach einem der Ansprüche 7 bis 9 aufweist.

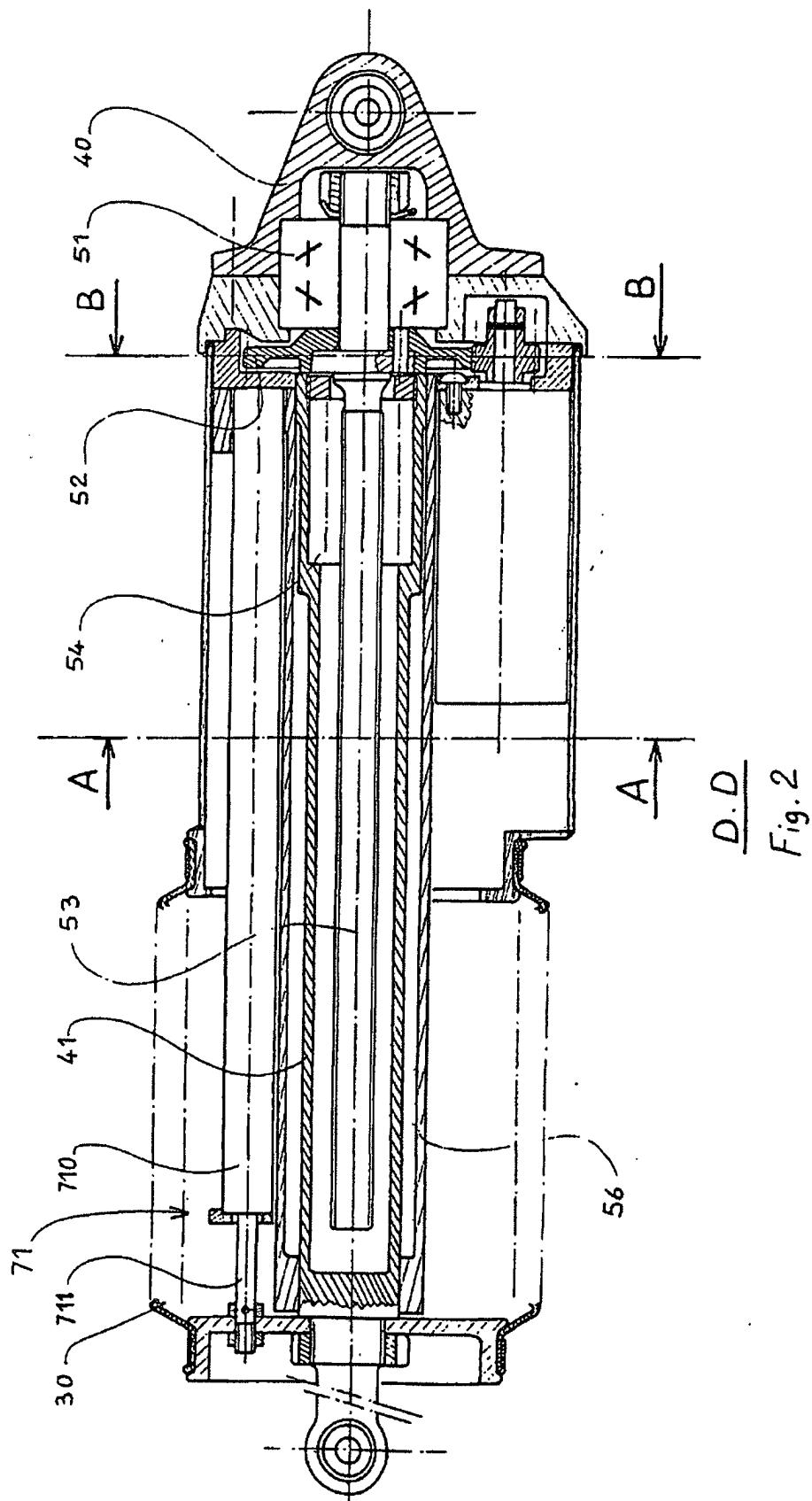
11. Elektrischer Stellantrieb nach Anspruch 7, der einen Schutzfaltenbalg (30) aufweist, der mit einer Seite auf das Gehäuse (40) des Motors und mit der anderen Seite auf die Stange (41) montiert ist.

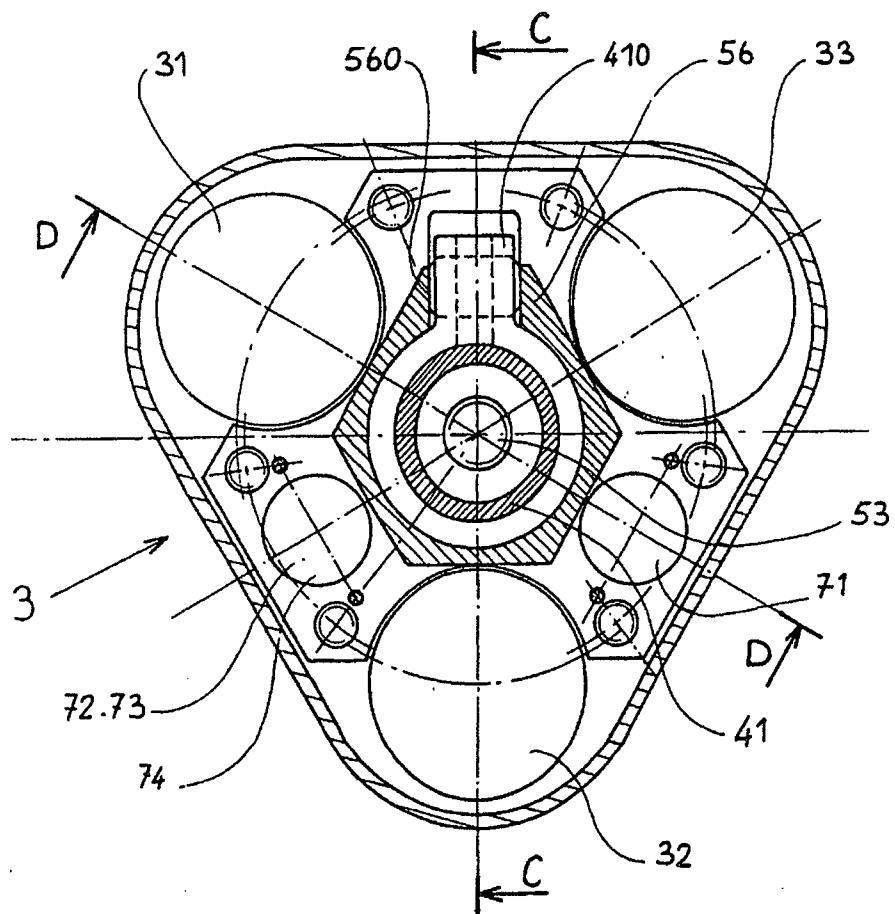
12. Elektrischer Stellantrieb nach Anspruch 8, der ein auf eine Welle montiertes Zahnrad (52) aufweist, wobei die Welle auf einer Seite eine Schraube 53 aufweist, wobei die Welle auf ein Radlager (51) auf einer Seite des Gehäuses (40) und auf ein in die Stange (41) integriertes Lager auf der anderen Seite des Gehäuses (40) montiert ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

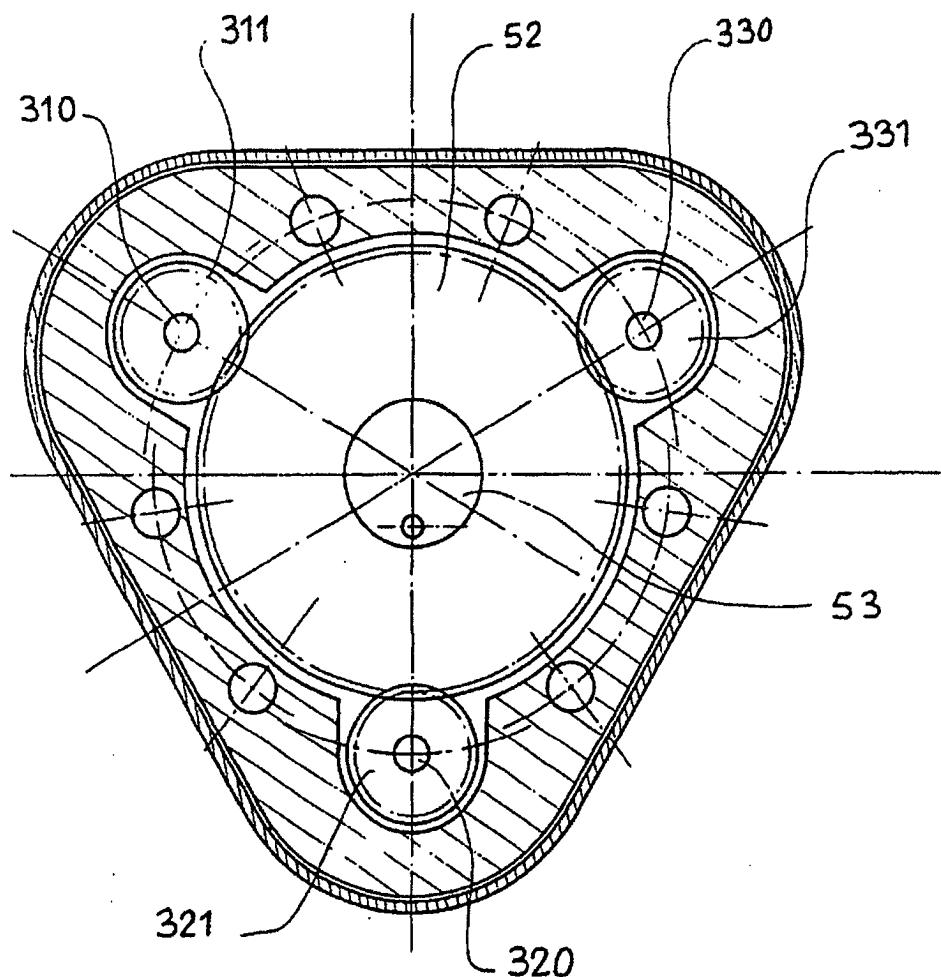






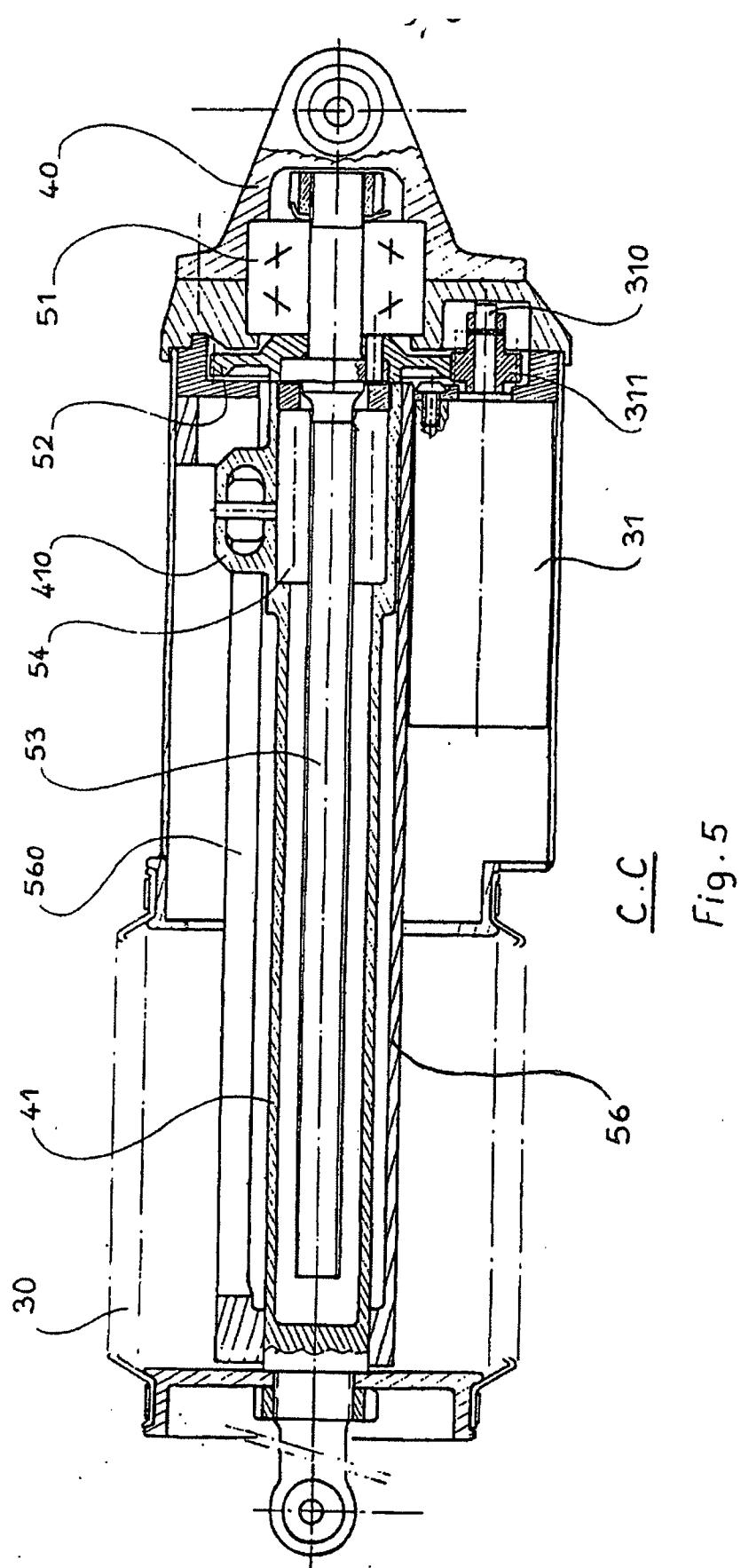
A.A

Fig. 3



B.B

Fig. 4



*Fig. 5*

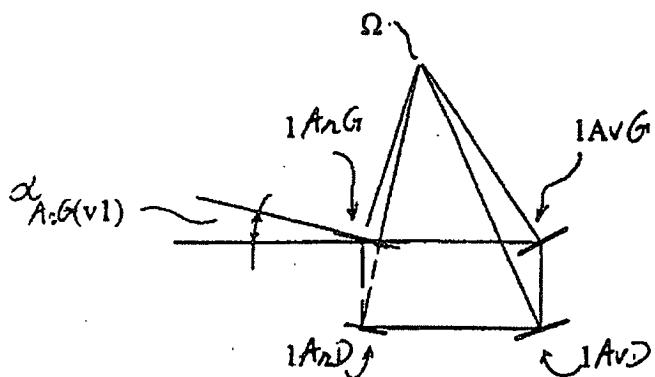


Fig 6

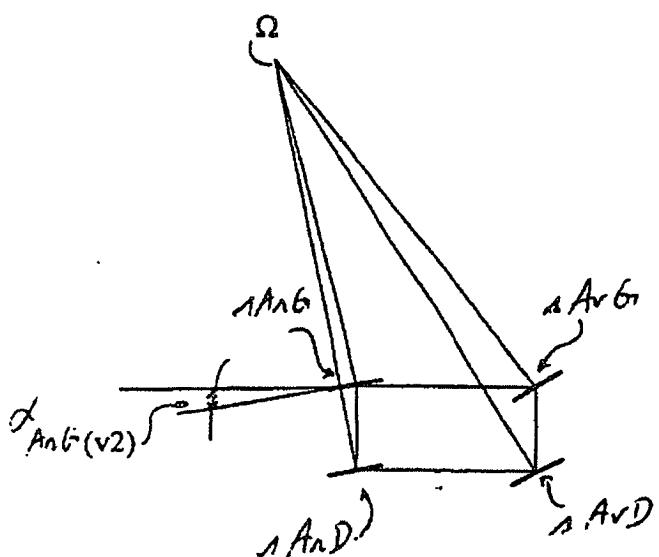


Fig 7