



12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **92101033.6**

51 Int. Cl.⁵: **B66D 3/18**

22 Anmeldetag: **23.01.92**

30 Priorität: **19.02.91 DE 4104985**
09.04.91 DE 4111520

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.08.92 Patentblatt 92/35

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

71 Anmelder: **R. Stahl Fördertechnik GmbH**
Daimlerstrasse 6
W-7118 Künzelsau(DE)

72 Erfinder: **Lanfer, Hermann, Dr.**

Ernst-Schmid-Str. 18
7118 Künzelsau(DE)
 Erfinder: **Finzel, Manfred**
Morsbacher Strasse 40D
7118 Künzelsau(DE)
 Erfinder: **Volker, Dietrich**
Am Wehrsteg 10
7113 Neuenstein-Obersöllbach(DE)

74 Vertreter: **Rüger, Rudolf, Dr.-Ing. et al**
Webergasse 3 Postfach 348
W-7300 Esslingen/Neckar(DE)

54 **Schwingarmer Elektrokettenzug.**

57 Ein Elektrokettenzug (1) weist ein längs einer Schiene laufendes Katzfahrwerk (2) auf, an dem ein Hubwerk (16) angeordnet ist. Das Hubwerk (16) arbeitet mit zwei Ketten (17, 18), die beidseits der durch die Schiene definierten Vertikalebene angeordnet sind. Beide Ketten (17, 18) sind durch eine eigene Kettenuß synchron angetrieben, wobei zwischen beiden Kettennüssen eine getriebliche Verbindung (42) besteht.

Um die Ungleichförmigkeiten bei der Bewegung der am Haken hängenden Last zu vermindern, sind die beiden angetriebenen Kettennüsse winkelmäßig gegeneinander versetzt.

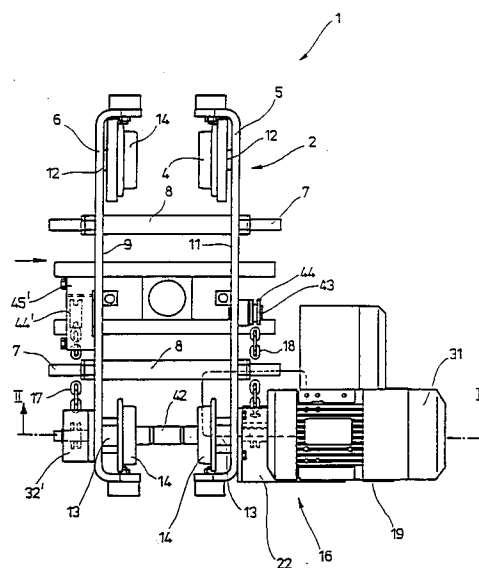


Fig. 1

Die Erfindung betrifft einen Elektrokettenzug mit den Merkmalen des Anspruches 1.

Aus der Praxis ist ein handbetriebener Kettenzug bekannt, der beidseits des Katzfahrwerkes zwei synchron angetriebene Kettennüsse aufweist, über die jeweils eine eigene zugehörige Hubkette läuft. Jede Hubkette geht von der angetriebenen Kettennuß über eine lose laufende Kettennuß, die auf größerer Höhe an dem Fahrwerk sitzt, zu dem Hakengeschrir, um eine möglichst große Hubhöhe zu erreichen. Die beiden Kettennüsse werden gemeinsam über eine handbetätigte Antriebseinrichtung in Umdrehungen versetzt.

Da an jeder Kettenumlenkstelle, an der die Kette unter Last ihre Richtung ändert, Reibung zwischen den benachbarten Kettengliedern auftritt, ist der bekannte Kettenzug sehr vorteilhaft, weil er je Kette mit nur zwei Umlenkstellen auskommt. Die Anordnung ist deswegen günstiger als bei bekannten anderen Kettenzügen, bei denen lediglich eine einzige durchgehende Kette verwendet wird, um das Hakengeschrir mit zwei Lasttrumen an dem Katzfahrwerk anzuhängen.

Die Kettennüsse, über die die Ketten laufen, haben eine polygonale Gestalt, was dazu führt, daß die Kettengeschwindigkeit selbst dann nicht gleichförmig ist, wenn die Kettennuß mit konstanter Winkelgeschwindigkeit angetrieben wird. Die Folge der ungleichförmigen Kettengeschwindigkeit sind Longitudinalschwingungen in der Kette, die bei angehängter Last als Federelement angesehen werden kann. Die ungleichförmige Geschwindigkeit der Kette führt auch zu Transversalschwingungen in der Fahrschiene, auf der das Katzfahrwerk läuft. Wenn die Frequenz der ungleichförmigen Kettengeschwindigkeit auf eine Resonanzfrequenz des Kettenzugs trifft, können die Schwingungen gefährliche Werte erreichen. Bei dem bekannten handbetriebenen Kettenzug sind allerdings die Laufgeschwindigkeiten für die Lastkette so gering, daß die der Kettenbewegung überlagerten Ungleichförmigkeiten Frequenzen aufweisen, die weit außerhalb von Resonanzfrequenzen des Systems liegen. Bei höheren Geschwindigkeiten können jedoch die Ungleichförmigkeiten der Bewegung Frequenzanteile bekommen, die mit Resonanzen des Systems zusammenfallen.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, einen Kettenzug zu schaffen, bei dem das Hakengeschrir bis unmittelbar an die Fahrschiene herangebracht werden kann und bei dem die Schwingungsamplitude auch unter ungünstigen Betriebsbedingungen klein bleibt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Hebezeug mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst.

Infolge des Winkelversatzes zwischen den beiden angetriebenen Kettennüssen sind auch die Geschwindigkeitsmaxima und -minima der beiden Ketten zeitlich gegeneinander versetzt. Die Bewegung des Hakens und der angehängten Last entspricht dem Mittelwert zwischen diesen beiden Werten und ist je nach Versatz zwischen den Kettennüssen entsprechend kleiner. Entsprechend kleiner ist demzufolge auch die Ungleichförmigkeit in der Vertikalbewegung der Last, so daß die Anregungsamplitude, die Schwingungen in der Kette hervorruft, mit vermindert ist. Gleichzeitig erhöht sich die Frequenz der ungleichförmigen Bewegung auf das Doppelte, womit gegebenenfalls bei kritischen Betriebsbedingungen die Anregungsfrequenz weit oberhalb der Resonanzfrequenzen des Systems auftritt. Der jeweils günstigste Winkelversatz zwischen den Kettennüssen läßt sich ohne weiteres experimentell ermitteln und hängt von den Elastizitätseigenschaften des Systems, d.h. der Kette, der Fahrschiene und sonstigen nachgiebigen Teilen ebenso ab wie von der Anzahl der Taschen, die die Kettennuß aufweist.

Sehr einfache konstruktive Verhältnisse ergeben sich, wenn die beiden Kettennüsse miteinander fluchten und über eine Welle miteinander gekuppelt sind. Es braucht in diesem Falle nur eine der Kettennüsse direkt von einem Motor angetrieben zu sein.

Die an den angetriebenen Kettennüssen auftretenden Momente werden besonders klein, wenn die Kettennüsse jeweils nur vier Kettentaschen haben. Die Verdrehung der Kettennüsse gegeneinander ist dabei zweckmäßigerweise 52° .

Eine besonders große Hubhöhe bei gleichzeitig einfacher Antriebseinrichtung für die Kettennüsse läßt sich erreichen, wenn an dem Katzfahrwerk über den angetriebenen Kettennüssen noch weitere als Umlenkrollen dienende Kettennüsse lose drehbar gelagert sind.

Wenn mit dem Hebezeug große Lasten bei kleinem Antriebsdrehmoment angehoben werden sollen, enthält auch das Hakengeschrir für jede Kette eine Umlenkrolle, damit das Lasttrum zum Katzfahrwerk zurück umgelenkt werden kann, an dem es dann endseitig festgelegt ist.

Um eine ungleichmäßige Belastung der Ketten zu vermeiden, wenn das Hakengeschrir an der Schiene anstößt, ist das befestigte Ende wenigstens einer Ketten höhenverstellbar gehalten, um sicherzustellen, daß das Hakengeschrir trotz Versatz in dem Lasttrum der beiden Ketten gleichmäßig an die Fahrschiene anschlägt.

Um das Hakengeschrir universell bei unterschiedlichen Schienenbreiten einsetzen zu können, sind die Anbringungsstellen der Ketten an dem Hakengeschrir längs einem Balken verstellbar. Dabei ergeben sich besonders günstige konstruktive Verhältnisse, wenn der Balken von zwei parallel im Abstand zueinander

verlaufenden Traversen gebildet ist, zwischen denen eine Halterungseinrichtung für den Haken befestigt ist und zwischen denen die Anbringungseinrichtungen für die Ketten vorgesehen sind.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

- Fig. 1 den Kettenzug gemäß der Erfindung in einer Draufsicht,
- 5 Fig. 2 den Kettenzug gemäß der Erfindung in einer Stirnansicht, geschnitten entlang der Linie II-II nach Fig. 1, auf der Höhe der angetriebenen Kettennüsse sowie auf der Höhe der lose laufenden Kettennüsse,
- Fig. 3 schematisiert den Versatz zwischen den angetriebenen Kettennüssen,
- Fig. 4 das Hakengeschirr des Kettenzugs nach Fig. 1 in einer perspektivischen Ansicht,
- 10 Fig. 5 das Hakengeschirr nach Fig. 4, teilweise geschnitten entlang der Linie V-V nach Fig. 4,
- Fig. 6 eine Ausführungsform der Verankerung der Lastkette in dem Hakengeschirr nach Fig. 4 in einem Längsschnitt,
- Fig. 7 die Verankerungseinrichtung aus Fig. 6 in einem Querschnitt,
- Fig. 8 eine andere Ausführungsform des Hakengeschirrs für den Kettenzug nach Fig. 1, wobei die
- 15 Lastkette in dem Hakengeschirr nach Art eines Flaschenzuges umgelenkt ist,
- Fig. 9 die verstellbare Befestigungseinrichtung einer der Lastketten bei einem Kettenverlauf entsprechend Fig. 8,
- Fig. 10 eine Kettenuß mit darum liegender Lastkette zur Veranschaulichung der analytisch-geometrischen Verhältnisse in einer Seitenansicht,
- 20 Fig. 11 das Ersatzpolygon für die in Fig. 10 gezeigte Kettenuß,
- Fig. 12 den qualitativen Verlauf der Abweichung zwischen dem Kettenhub und dem Seilhub, bezogen auf den Drehwinkel und
- Fig. 13 den Betrag der Abweichung der Bewegung des Hakens gegenüber einem Seil mit gleicher mittlerer Hubgeschwindigkeit.

25 In den Fig. 1 und 2 ist ein Kettenzug 1 veranschaulicht, der mittels eines Katzfahrwerkes 2 auf einem Unterflansch 3 einer aus einem I-Profil bestehenden Schiene 4 läuft. Das Fahrwerk 2 umfaßt zwei parallel mit Abstand zueinander angeordnete Fahrwerksschilde 5, 6, die etwa rechteckige Gestalt haben und vertikal bzw. längs der Fahrschiene 4 ausgerichtet sind. Die beiden Fahrwerksschilde 5, 6 sind aneinander mittels Gewindebolzen 7 befestigt, die die beiden Fahrwerksschilde 5, 6 unterhalb des Unterflansches 3 miteinander

30 verbinden. Um die Fahrwerksschilde 5, 6 auf dem richtigen Abstand zu halten, sitzen auf dem Gewindebolzen 7 zwischen den Fahrwerksschilden 5, 6 rohrförmige Distanzstücke 8.

Jedes der beiden Fahrwerksschilde 5, 6 trägt auf seiner dem anderen Fahrwerksschild 5, 6 zugekehrten Innenseite 9, 11 zwei Achsbolzen 12, 13, auf denen Laufräder 14 drehbar gelagert sind. Mit diesen insgesamt vier Laufrädern 14 rollt das Fahrwerk 2 auf der Oberseite des Unterflansches 3 beidseits eines

35 Mittelsteges 15 der Fahrschiene 4. Das Fahrwerk 2 ist auf diese Weise in allen Richtungen kippgesichert.

Der Antrieb der Laufräder 14, die in der üblichen Weise mit Lauffläche und Spurkranz versehen sind, ist bekannt und aus Übersichtlichkeitsgründen nicht mit veranschaulicht, um die Zeichnung nicht mit Einzelheiten zu überladen.

An einem Ende des Fahrwerks 2 befindet sich ein Hubwerk 16 mit zwei an sich voneinander

40 unabhängigen Ketten 17 und 18.

Das Hubwerk weist einen in der üblichen Weise ausgeführten Hubwerksmotor 19 auf, der in der bekannten Weise mit einem Getriebe, einer Überlastkupplung und einer Stillstandsbremse versehen ist. Sein Getriebegehäuse 21 ist an einem Z-förmig abgekröpften Träger 22 mit Hilfe von Befestigungsschrauben 23 befestigt. Das andere Ende des Z-förmig abgekröpften Trägers 22 ist mit Hilfe von Befestigungs-

45 schrauben 25 an der Außenseite des Fahrwerksschildes 5 angebracht. Eine Ausgangswelle 26 des Hubwerksmotors 19 zeigt in Richtung auf das Fahrwerksschild 5.

Auf der Außenseite des Fahrwerksschildes 5 sitzt ferner ein Lagergehäuse 27, das mit einem rohrförmigen Ansatz 28 in einer entsprechenden Bohrung des Fahrwerksschildes 5 steckt. Die Bohrung liegt unterhalb des Unterflansches 3. In dem rohrförmigen Fortsatz 28 befinden sich zwei Wälzlager 29, in denen

50 axial gesichert eine Kettenußwelle 31 drehbar gelagert ist. Auf dem Lagergehäuse 27 ist auf der Außenseite ein Kettenußgehäuse 32 angeordnet. Das Kettenußgehäuse 32 ist mit Hilfe von Gewindeschrauben 33 gehalten, die durch entsprechende Bohrungen in dem Kettenußgehäuse 32 sowie damit fluchtenden Bohrungen in dem Lagergehäuse 27 hindurchführen und in entsprechende Gewindebohrungen in dem Fahrwerksschild 5 eingedreht sind.

55 Das Kettenußgehäuse 32 umgibt eine auf der Kettenußwelle 31 drehfest sitzende Kettenuß 34 um einen Winkel von ca. 150°. Die Kettenuß 34 ist in Fig. 3 schematisiert dargestellt und enthält in ihrem Umfang insgesamt vier Kettentaschen 35 zur Aufnahme derjenigen Glieder der Kette 18, die beim Umlauf um die Kettenuß 34 liegend herumgeführt werden. Dabei hat das Kettenußgehäuse 32 die Aufgabe, ein

Herunterspringen der Kette 18 längs des Umschlingungswinkels von 150° zu verhindern. Das Kettenußgehäuse 32 folgt deswegen mit seiner Innenseite 36 mit einem geringen Abstand über den Umschlingungswinkel von 150° demjenigen Punkt der Kettenuß 34, der den größten radialen Abstand von der Achse der Kettenußwelle 31 hat. Um die stehenden Glieder der Kette 18 aufzunehmen, hat das Kettenußgehäuse in seiner Innenseite 36 eine entsprechende, längs dem Umfang verlaufende Nut 37.

Die Kettenußwelle 31 schaut mit ihrem von dem Fahrwerksschild 5 abliegenden Ende aus dem Kettenußgehäuse 32 bzw. der Kettenuß 34 heraus und ist an diesem Ende mit Hilfe einer rohrförmigen Verbindungswelle 38 drehfest mit der Ausgangswelle 26 des Hubwerksmotors 19 gekuppelt.

Unterhalb des Kettenußgehäuses 32 befindet sich ein abgebrochen veranschaulichter Kettenspeicher 41, in den das Leertrum der Kette 18 läuft.

Das Fahrwerksschild 5 ist hinsichtlich seiner Ausstattung mit Ausnahme des Hubwerksmotors 19 zu dem Fahrwerksschild 5 spiegelbildlich. Es trägt ebenfalls auf seiner Außenseite ein Kettenußgehäuse sowie ein durch eine entsprechende Bohrung hindurchführendes Lagergehäuse, das denselben Aufbau hat wie das Kettenußgehäuse 32 und das Lagergehäuse 27, weshalb die entsprechenden Bauteile an dem Fahrwerksschild 5 dasselbe mit einem Apostroph ergänzte Bezugszeichen tragen wie die homologen Bauteile an dem Fahrwerksschild 5. Eine genaue Beschreibung erübrigt sich damit.

Zur Erhöhung der Leistung ist es jedoch auch möglich, an dem Fahrwerksschild 6 einen Hubwerksmotor vorzusehen, der zusammen mit dem Hubwerksmotor 19 die mechanisch miteinander gekuppelten Kettennüsse 34, 34' antreibt.

Beide Kettenußwellen 31 und 31' schauen an ihrem einander zugekehrten Ende aus dem zugehörigen Lagergehäuse 27, 27' hervor und sind mittels einer rohrförmigen Welle 42 drehfest miteinander gekuppelt. Auf diese Weise wird beim Ingangsetzen des Hubwerksmotors 19 von der Ausgangswelle 26 die rohrförmige Welle 38, die damit drehfest verbundene Kettenußwelle 31, die mit der Kettenußwelle 31 drehfest verbundene rohrförmige Welle 42 und schließlich die am anderen Ende der Welle 42 eingesteckte Kettenußwelle 31' in Umdrehungen versetzt, womit sich beide Kettennüsse 34 und 34' synchron drehen.

Bezogen auf die Längserstreckung des Fahrwerksschildes 5 ist etwa in der Mitte und damit auch in der Mitte zwischen den beiden Laufrädern 14 des Fahrwerksschildes 5 ein starrer Lagerzapfen 43 vorgesehen, der von dem Fahrwerksschild 5 nach außen wegsteht und zu der Kettenußwelle 31 achsparallel ist. Der Lagerbolzen 43 ist gegenüber der Kettenußwelle 31 nach oben versetzt und dient der Lagerung einer Kettenuß 44. Die Kettenuß 44 wirkt als lose laufende Umlenkrolle für die Kette 18.

Um die Kettenuß 44 zu schützen, ist an dem Fahrwerksschild 5 eine Abdeckhaube 45 befestigt, die in Fig. 1 der Übersichtlichkeit halber weggelassen ist.

Das Fahrwerksschild 5 ist in derselben Weise ausgestattet, weshalb die dort befindlichen Teile wiederum mit denselben Bezugszeichen, ergänzt durch einen Apostroph, versehen sind.

An den freien Enden der Lasttrume der beiden Ketten 17 und 18 hängt ein in den Fig. 4 und 5 veranschaulichtes Hakengeschrir 46. Das Hakengeschrir 46 ist etwa balkenförmig und besteht aus zwei parallel im Abstand nebeneinander verlaufenden Traversen oder Streben 47, die endseitig durch eine Verbindungsplatte 48 starr und unlösbar miteinander verbunden sind. Die Endplatte 48 ist mit den Enden der beiden Traversen 47 verschweißt. Etwa in der Mitte, bezogen auf die Länge der Traversen 47, befindet sich ein mit den Traversen 47 verschweißtes quaderförmiges Querstück 49, das mittig eine Bohrung 51 enthält, in der ein zylindrischer Schaft 52 eines Hakens 53 steckt. Der zylindrische Schaft 52 ist mit einer umlaufenden Ringnut 54 versehen, in der ein geteilter Sicherungsring 55 liegt, der gegen eine Schulter 56 der Stufenbohrung 51 anliegt.

Zwischen dem Querstück 49 und den beiden Endplatten 48 enthält das Hakengeschrir 46 zwei rechteckige Öffnungen 57, in denen zwei untereinander gleiche Verankerungseinrichtungen 58 sitzen, in denen die jeweilige Kette 17, 18 festgelegt ist. Jede Verankerungseinrichtung 58 besteht aus einem blockförmigen Grundkörper 61, der an seiner Unterseite mit einer nach außen ragenden Flanschplatte 62 versehen ist. Der blockförmige Grundkörper 61 hat etwa zylindrische Gestalt und paßt gerade zwischen die beiden Traversen 47. Quer dazu ist er abgeflacht und kann in der Öffnung 57 hin- und hergeschoben werden.

An der Oberseite des blockförmigen Grundkörpers 61 ist eine Flanschplatte 63 aufgeschraubt, die etwa dieselben Abmessungen hat wie der Flansch 62 an der Unterseite. Der lichte Abstand zwischen dem Flansch 62 und der Flanschplatte 63 entspricht der Höhe der im Querschnitt rechteckigen Traversen 47, derart, daß beim Anziehen von durch die Flanschplatte 63 reichenden und in den Grundkörper 61 eingedrehten Kopfschrauben 64 zwischen der Flanschplatte 63 und dem Flansch 62 die betreffenden Traversen 47 eingeklemmt werden. Die Verankerungseinrichtung 58 ist auf diese Weise reibschlüssig längs der Traversen 47 festgelegt.

In seinem Inneren enthält der blockförmige Grundkörper 61 eine Stufenbohrung 65, in der ein an seiner

Außenseite zylindrisches Gabelstück 66 steckt, das mit seinem Gewindefortsatz 67 nach unten aus der Stufenbohrung 65 herausschaut. Durch das Gabelstück 66 führt ein Zylinderstift 68, der auch durch das letzte Kettenglied der betreffenden Kette 17 bzw. 18 hindurchgeht. Auf diese Weise ist das letzte Kettenglied in dem Gabelstück 66 verankert.

5 Auf den Gewindefortsatz 67 ist eine Mutter 69 aufgeschraubt, mit deren Hilfe die Höhe des Gabelstücks 66 in der Bohrung 65 einstellbar ist.

Um ein Drehen des Gabelstücks 66 um seine Längsachse zu verhindern, ragt von der dem Haken 53 zugekehrten Seite her ein Gewindebolzen 71 in die Stufenbohrung 65, und zwar zwischen die Schenkel des Gabelstücks 66. Der Gewindebolzen 71 ist in eine entsprechende zu der Stufenbohrung 65 rechtwinklig verlaufende Gewindebohrung 72 eingedreht.

Da Kettennüsse infolge der in ihrem Umfang enthaltenen Kettentaschen polygonal sind, ist die Bewegung einer über sie laufenden Kette nicht gleichförmig, weil sich ständig der wirksame Abstand eines auf die Kettennuß auf- oder von ihr ablaufenden Kettengliedes ändert und trotz konstanter Winkelgeschwindigkeit so eine sich ständig ändernde Umfangsgeschwindigkeit zustandekommt. Eine über eine Kettennuß laufende Kette erfährt also ständig eine Geschwindigkeitsmodulation in dem Sinne, daß während eines Bruchteils der Drehung der Kettennuß die Kette gegenüber einem Seil vorlaufen würde, das über eine Seilrolle mit gleichem effektivem Durchmesser wie die Kettennuß läuft, während nach dem Durchgang durch ein Maximum anschließend während eines entsprechend langen Intervalls die Kette langsamer als das Seil laufen wird. In Falle einer Kettennuß mit vier Taschen werden folglich bei einer vollen Umdrehung vier Geschwindigkeitsmaxima und vier Geschwindigkeitsminima auftreten, die, bezogen auf die Kettennußumdrehung, um 90° gegeneinander versetzt sind. Die Folge der ungleichförmigen Kettenbewegung ist eine ungleichförmige Hub- oder Senkbewegung der an dem Haken hängenden Last, was letztlich zu Longitudinalschwingungen in der Kette und Transversalschwingungen in der Schiene führt. Diese Auswirkungen sind umso stärker, je weniger Taschen eine Kettennuß enthält, weil die Amplitude der Geschwindigkeitsänderung mit abnehmender Taschenzahl zunimmt.

Um bei dem neuen Kettenzug die Geschwindigkeitsmodulation für eine an dem Haken 53 hängende Last so klein wie möglich zu halten, sind, wie Fig. 3 zeigt, die beiden angetriebenen Kettennüsse 34 und 34' gegeneinander verdreht. Hierdurch entsteht in dem Lasttrum der beiden Ketten 17 und 18 eine Phasenverschiebung in der Geschwindigkeitsmodulation bei der Bewegung der beiden Ketten 17 und 18. Da andererseits der Haken 53 mit der daran hängenden Last mit beiden Ketten 17 und 18 verbunden ist, tritt, sobald das Hubwerk 16 in Gang gesetzt wird, zwischen den Lasttrumen der beiden Ketten 17 und 18 ständig eine periodische Relativbewegung auf, die, da beide Ketten über synchron angetriebene Kettennüsse laufen, gleiche Frequenz und gleich Amplitude aufweisen. Der Haken, der zweckmäßigerweise etwa in der Mitte zwischen den beiden Ketten 17 und 18 hängt, wird deswegen weitgehend gleichförmig bewegt, da seine Bewegung dem Augenblicksmittelwert der ungleichförmigen Bewegungen der beiden Ketten 17 und 18 entspricht. Im Idealfall wäre die Ungleichförmigkeit bei der Bewegung des Hakens 53 null, was jedoch tatsächlich nicht erreicht werden kann, weil die Welligkeit bei der Bewegung der Ketten komplizierte gradzahlige Oberwellenanteile aufweist. Gleichwohl wird eine an dem Haken 53 hängende Last sehr viel gleichmäßiger hinsichtlich der Bewegungsgeschwindigkeit angehoben oder abgesenkt, als wenn die beiden Kettennüsse 34 und 34' dieselbe Phasenlage aufweisen würden, d.h. beide Ketten 17 und 18 gleichzeitig, beispielsweise mit den liegenden Gliedern, in die zugehörigen Kettentaschen 35, 35' einlaufen würden. In diesem Falle würde die an dem Haken 53 hängende Last dieselbe Geschwindigkeitsänderung erfahren wie die Ketten 17 und 18.

Beim Betrieb des in den Figuren gezeigten Kettenzugs 1 laufen beim Anheben des Hakengeschrirs 46 die Lasttrume der Ketten 17 und 18 senkrecht nach oben zu den beiden ihnen zugeordneten lose laufenden Kettennüssen 44 und 44', an denen sie aus der Vertikalen um einen Winkel von ca. 120° in Richtung auf die beiden angetriebenen Kettennüsse 34, 34' umgelenkt werden. Von dort führen die beiden Ketten 17 und 18 um die angetriebenen Kettennüsse 34, 34' herum und es treten sodann ihre Leertrume aus den Kettennußgehäusen 32 und 32' mit einer geringen Komponente schräg nach unten aus, um in dem darunter befindlichen Kettenspeicher 41 bzw. 41' aufgefangen zu werden.

Wegen der nach oben versetzten lose laufenden Kettennüsse 44, 44' kann das Hakengeschrir 46 auf ein Niveau angehoben werden, bis es an der Unterseite des Unterflansches 3 anstößt, obwohl die angetriebenen Kettennüsse 34, 34', bezogen auf den Unterflansch 3, tiefer als diese liegen, damit die sie kuppelnde Welle 42 ungehindert unter der Fahrschiene 4 hindurchlaufen kann.

Die lose laufenden, als Umlenkrollen dienenden Kettennüsse 44 und 44' weisen fünf Taschen auf. Bei einem praktischen Ausführungsbeispiel des neuen Kettenzuges 1 hat sich ein Versatz zwischen den beiden angetriebenen Kettennüssen 34, 34' von 52° als zweckmäßig herausgestellt. Der Versatz zwischen den beiden Kettennüssen 34 und 34' ist in Fig. 3 gezeigt, die übereinander gezeichnet die Lage der beiden

Kettennüsse 34 und 34' veranschaulicht. Deutlich erkennbar sind die Kettentaschen 35 bzw. 35' für die liegenden Kettenglieder gegeneinander in Umfangsrichtung versetzt. Dies hat wiederum zur Folge, daß die Lasttrume der beiden Ketten 17 und 18 in dem vertikalen Teil gegeneinander entsprechend dem Versatz zwischen den beiden angetriebenen Kettennüssen 34, 34' höhenversetzt sind. Die letzten Glieder der beiden Ketten 17 und 18 stehen unterschiedlich hoch, womit sich während einer vollen Umdrehung der beiden Kettennußwellen 31, 31' vier Mal im Falle einer Kettennuß mit vier Taschen der Höhenversatz der Kettenenden zwischen einem größten und einem kleinsten Wert ändert. Damit das Hakengeschrir 46 im Mittel horizontal hängt, müssen die Enden der beiden Ketten 17 und 18 entsprechend höhenversetzt an dem Hakengeschrir 46 befestigt werden.

Dies wiederum hat zur Folge, daß die Traversen 47 des Hakengeschrirs 46 während einer vollen Umdrehung der Kettennußwellen 31, 31' eine Taumelbewegung um eine Achse parallel zu der Längserstreckung der Fahrschiene 4 macht, wobei die Mittellage zweckmäßigerweise die Horizontallage der Traversen 47 ist.

Wegen der geringfügigen Taumelbewegung des Hakengeschrirs 46 hängt es von den geometrischen Verhältnissen ab, ob das Hakengeschrir 46, wenn es an der Unterseite des Unterflansches 3 anstößt, gerade horizontal liegt oder aus der Horizontalen geringfügig herausgekippt ist. Eine verkippte Lage des Hakengeschrirs 46 hätte in der betreffenden voreilenden Kette 17 oder 18 eine höhere Zugspannung zur Folge. Um diese Ungleichförmigkeit zu vermeiden und um sicherzustellen, daß bei der Anlage an dem Unterflansch 3 das Hakengeschrir 46 exakt horizontal ausgerichtet ist, sind, wie vorher erläutert, die Enden der Ketten 17 und 18 in den Verankerungseinrichtungen 58 höhenverstellbar. Die Höhenverstellung erfolgt, indem die Mutter 69 mehr oder weniger weit auf den Gewindenschaft 67 aufgeschraubt wird, solange, bis beim Anschlagen an den Unterflansch 3 das Hakengeschrir 46 horizontal liegt. Dabei wird in Kauf genommen, daß durch diese Art der Justierung die horizontale Lage des Hakengeschrirs 46 unter Umständen nicht mehr die Mittellage ist, um die das Hakengeschrir 46 wegen des Drehwinkelversatzes der beiden Kettennüsse 34, 34' taumelt, sondern um eine entsprechende Justierung aus der Horizontalen ausgelenkte Lage.

Der dargestellte Kettenzug 1 gestattet wegen der an beiden Seiten der Fahrschiene 4 befindlichen Lasttrume für das Hakengeschrir 46 eine maximale Hubhöhe, andererseits gehören diese Lasttrume zu unterschiedlichen und voneinander an sich getrennten Ketten, so daß Kettenumlenkungen unterhalb der Fahrschiene 4 entbehrlich sind. Das Fehlen unnötiger Umlenkungen erhöht wiederum die Lebensdauer der beiden Ketten 17 und 18. Durch den Versatz der angetriebenen Kettennüsse 34, 34', bezogen auf ihre Rotation, werden die Ungleichförmigkeiten in der Hub- und Senkbewegung der Last sehr stark vermindert, so daß auch dann keine gefährlichen Schwingungen auftreten können, wenn die Kombination aus Masse der Last, Elastizität der Ketten 17, 18, Elastizität der Fahrschiene 5 und anderer nachgiebiger Glieder eine Resonanz aufweist, die bei einer bestimmten Hub- oder Senkgeschwindigkeit mit einer Frequenz der Ungleichförmigkeit in der Bewegung der Ketten 17, 18 zusammenfällt.

Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem, abweichend von Fig. 5, die Höhenverstellung der Kette in dem Hakengeschrir 46 nicht stufenlos, sondern in einzelnen feinen Stufen erfolgt. Zu diesem Zweck enthält der blockförmige Grundkörper 61 der Verankerungseinrichtung 58 eine sich nach unten zu erweiternde durchgehende Stufenbohrung 74, deren oberliegender Abschnitt 75 gerade einen Durchmesser hat, damit die Kette 17 oder 18 hindurchpaßt. Der Übergang von dem Abschnitt 75 mit dem kleineren Durchmesser in einen darunter liegenden größeren Abschnitt 76 definiert eine ebene Ringschulter 77. In dem zylindrischen Abschnitt 76 steckt eine rohrförmige Hülse 78, die mit einer Querbohrung 79 versehen ist und in der der bereits beschriebene Zylinderstift 68 eingesteckt ist. Die lichte Weite der Hülse 78 entspricht dem Durchmesser des Abschnittes 75 der Stufenbohrung 74, so daß das Kettenende der Kette 17 oder 18 frei in die Hülse 78 hereinreichen kann. Durch das letzte Glied der betreffenden Kette 17 oder 18 führt, wie vorher beschrieben, der Zylinderstift 68, um das Kettenglied in der Hülse 78 formschlüssig festzulegen. Damit die Hülse 78 bei entlastetem Hakengeschrir 46 nicht nach unten aus der Stufenbohrung 74 herausfällt, ist in dem zylindrischen Abschnitt 76 eine Ringnut 81 für einen Innensprengring 82 vorhanden. Der Abstand des Sprengrings 82 von der Ringschulter 77 ist größer als die axiale Erstreckung der Hülse 78, damit noch eine Reihe von Beilagscheiben 83 zwischen der Ringschulter 77 und der Hülse 78 einerseits bzw. der Hülse 78 und dem Sprengring 82 andererseits eingelegt werden können. Je nach Verteilung der Beilagscheiben 83 kann die relative Lage der Hülse 78 in der Stufenbohrung 74 und damit der Abstand von der Schulter 77 variiert werden. Die Zahl der Beilagscheiben 83 bleibt dabei immer konstant.

Um ein Drehen der Hülse 78 in der Stufenbohrung 74 zu verhindern, enthält der blockförmige Grundkörper 61 eine quer zu der Achse der Stufenbohrung 74 verlaufende zylindrische Bohrung 84, in der ein Paßstift 85 sitzt, der in eine Nut 86 in der Außenumfangsfläche der Hülse 78 hineinreicht. Der Paßstift 85 sitzt stramm in der Bohrung 84 und wird so reibschlüssig festgehalten.

Ohne die Vorteile, die mit den drehversetzten Kettennüssen 34, 34' erreicht werden, aufzugeben, kann auch das Hakengeschrir 46, wie die Fig. 8 zeigt, als Flasche ausgebildet sein. In diesem Fall sitzt zwischen den beiden parallel zueinander verlaufenden Traversen 47 für jede der beiden Ketten 17, 18 jeweils ein Block 88, in dem eine als Umlenkrolle dienende Kettennuß 89 drehbar gelagert ist.

Die Außengestalt des Blockes 88 entspricht der Außengestalt der Verankerungseinrichtung 48 mit der einen Einschränkung, daß die Öffnung für die betreffende Kette 17, 18 so groß ist, daß das Lasttrum durch den Block 88 und um die Kettennuß 89 herumführen kann.

Im Falle der Ausbildung des Hakengeschrirs 46 als Flasche kann die endseitige Befestigung der Kette an die Laufkatze 2, wie in Fig. 9 veranschaulicht, ausgeführt sein. Auf der Außenseite des Fahrwerksschildes 6 befindet sich an der entsprechenden Stelle eine Führung 91, deren zylindrische Bohrung 92 mit ihrer Achse senkrecht nach unten in Richtung auf das Hakengeschrir 46 zeigt. In der Führung 91 steckt ein Gewindeschaf 93, der an seinem unteren Ende einstückig mit einem Gabelstück 94 verbunden ist, das einen Schlitz 95 enthält. In diesem Schlitz 95 liegt das letzte Glied der betreffenden Kette 17 oder 18, das mit Hilfe eines Zylinderstiftes 96 festgelegt ist, der in einer Querbohrung 97 zu dem Schlitz 95 steckt und durch das Auge des Kettengliedes hindurchführt.

Auf dem Gewindeschaf 93 sind auf der Oberseite der Führung 91 zwei miteinander gekonterte Muttern 98 aufgeschraubt, wobei durch mehr oder weniger weites Aufschrauben der gekonterten Muttern 98 die Höhe des Gabelstückes 94 und damit die wirksame Länge der betreffenden Kette 17, 18 stufenlos verstellt werden kann.

Um ein versehentliches Herunterschrauben der Muttern 98 zu verhindern, ist ein Kerbstift 99 vorgesehen, der durch das freie Ende des Gewindeschafes 93 quer hindurchgeht.

Fig. 10 zeigt ausschnittsweise eine Kettennuß 100 mit insgesamt fünf Kettentaschen 101, auf die eine Rundstahlkette 102 aufgelegt ist. Die charakteristischen Größen, die für die Ermittlung der Kettenbewegung eine Rolle spielen, sind der Drahtdurchmesser d der Kettenglieder sowie die Weite des Auges der Kettenglieder, bezeichnet mit t . Unter Weite ist im folgenden die in Längsrichtung der Kette liegende lange Achse im Auge des Kettengliedes verstanden, wie sie in Fig. 10 gezeigt ist. Ferner spielt bei der Ermittlung der Kettenbewegung jener Radius eine Rolle, mit dem der Mittelpunkt des Querschnitts eines liegenden Kettengliedes umläuft, wobei dieser Querschnitt in einer Ebene liegt, auf der die Drehachse der Kettennuß 100 senkrecht steht und auf der der Berührungspunkt zwischen einem liegenden und einem stehenden Kettenglied der Kette 102 liegt. Dieser Radius ist in Fig. 10 mit r bezeichnet.

Die Schraffuren an den Schnitt- oder Bruchflächen der Darstellung nach Fig. 10 sind im übrigen aus Übersichtlichkeitsgründen weggelassen, so daß es sich um eine starke Schematisierung handelt, die nur den Zweck hat, die wichtigen geometrischen Größen zu erläutern.

Es wird ferner angenommen, daß das Lasttrum der Kette 102 von der Kettennuß 100 ausgehend senkrecht nach unten hängt. Wenn unter diesen Annahmen sich die Kettennuß um ihre Achse 103 dreht, vollführt das von der Kettennuß 100 ab- oder auf die Kettennuß 100 auflaufende Ende des Lasttrums eine ungleichförmige Bewegung, die sich in zwei Komponenten zerlegen läßt. Eine der beiden Komponenten der ungleichförmigen Bewegung ist horizontal und führt dazu, daß sich das Lasttrum der Kette periodisch an die Drehachse 103 der Kettennuß 100 annähert bzw. von der Drehachse 103 entfernt, während die andere Komponente in Längsrichtung des Lasttrums liegt. Für die Anregung von Schwingungen in dem Elektrokettenzug ist lediglich die in Richtung des Lasttrums liegende Komponente von Bedeutung. Die Komponente senkrecht dazu kann weitgehend vernachlässigt werden, denn sie führt nur zu Transversalschwingungen kleiner Amplitude in dem Lasttrum, die wegen der Reibung zwischen benachbarten Kettengliedern verhältnismäßig stark gedämpft ist. Anders sind die Verhältnisse hinsichtlich der Ungleichförmigkeiten in Längsrichtung des Lasttrums, die zu Longitudinalschwingungen führen. Diese Longitudinalschwingungen sind weit schlechter gedämpft, weil sie in erster Näherung durch Verformung der Kettenglieder zustandekommen und die Verformung der Kettenglieder keiner starken Dämpfung unterliegt.

Mit anderen Worten die Abweichungen der Längsbewegung des Lasttrums der Kette 102 lassen sich als momentane Abweichungen zwischen dem Hub der Kette 102 und einem Seil verstehen, das sich mit derselben mittleren Geschwindigkeit wie die Kette 102 bewegt, mit anderen Worten, einem Seil, das bei gleichem Drehwinke ψ wie die Kettennuß 100 denselben mittleren Weg zurücklegt wie die Kette 102.

Diese Hubdifferenz zwischen einer Last an einem Seil und an der Kette 102 läßt sich durch die nachstehende Gleichung (1) zwischen 0 und $\alpha/2$ und durch die Gleichung (2) für den Drehwinkel zwischen $\alpha/2$ und α beschreiben.

$$y(\psi) = \frac{t+d}{2} + r \cdot \sin(\psi-\beta) - \frac{e \cdot t}{\pi} \cdot \psi ; \quad 0 \leq \psi \leq \frac{\alpha}{2} \quad (1)$$

5

$$y(\psi) = \frac{3 \cdot t - d}{2} + r \cdot \sin(\psi-\alpha+\beta) - \frac{e \cdot t}{\pi} \cdot \psi ; \quad \frac{\alpha}{2} \leq \psi \leq \alpha \quad (2)$$

$$10 \quad \text{Mit } \alpha = 360^\circ/e \quad (3)$$

wobei e die Anzahl der Taschen 101 der Kettenuß 100 ist. β aus der obigen Gleichung (1) und (2) ergibt sich nach Gleichung (4),

15

$$\beta = \arctan\left(\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{t-d}{t+d} + \cos \frac{\alpha}{2}}\right) \quad (4)$$

20

während r gemäß Gleichung (5) definiert ist.

25

$$r = \frac{t+d}{2 \cdot \sin \beta} \quad (5)$$

30

Der Hub der Kette 102 entspricht somit dem Abziehen eines Fadens 104 von einem Polygon 105 mit einer Drehachse 106, das 2e Ecken 107 hat. Die Ecken 107 liegen alle auf einem Kreis mit dem Radius r, der gemäß Fig. 6 definiert ist. Das Polygon 105 ist allerdings kein reguläres Polygon, sondern hat zwei Sätze von Kanten 108, 109 unterschiedlicher Länge. Die Zahl der Kanten in jedem Satz entspricht der Anzahl der Taschen der Kettenuß 100, d.h. im vorliegenden Falle gibt es fünf Kanten 108 und fünf Kanten 109, wobei die Länge der Kanten 108 dem Abstand jener Mittelpunkte der Querschnitte eines liegenden Kettengliedes entspricht, die von der Achse 103 den Abstand r haben. Die Länge der Kante 109 dagegen ist der Abstand benachbarter Mittelpunkte der Querschnitte benachbarter liegender Kettenglieder.

35

40

Fig. 12 zeigt nun in einer Kurve 111 die Hubdifferenz, die sich zwischen einer Last an der Kette 104 und einer Last an einem Seil einstellt, das um eine Seilscheibe läuft, deren Umfang gleich dem Umfang des Polygons nach Fig. 7 ist. Dabei sei zunächst angenommen, daß sich beide Lasten auf derselben Höhe befinden, wenn das Polygon die Position nach Fig. 11 einnimmt. Ausgehend hiervon wird sich bei einer Drehung der Kettenuß 100 bzw. des Polygons 105 im Gegenuhrzeigersinne zunächst einmal die Last an der Kette 104 langsamer anheben als die vergleichbare Last an dem Seil, weil der Wirkradius kleiner ist. Dadurch wird nach einem bestimmten Drehwinkel kleiner als $\beta/2$ die Last an der Kette 104 tiefer hängen als die Last an dem Seil. Der größte Unterschied zwischen der momentanen Hubhöhe der Kette und dem vergleichbaren Seil wird erreicht werden, wenn der Drehwinkel ψ etwa gleich $\beta/2$ geworden ist. Beim weiteren Drehen der Kettenuß 100 im Gegenuhrzeigersinne wird sich der Abstand zwischen der Last an der Kette 104 und an dem vergleichbaren Seil wieder vermindern. Der Abstand zwischen beiden Lasten wird zu 0, wenn der Drehwinkel ψ der Kettenuß 100 gerade gleich $\alpha/2$ geworden ist. Ab dieser Stelle wird die Last an der Kette 104 bei gleichem Drehwinkel ψ schneller angehoben als die Last an dem Seil, wodurch zwischen der Last an dem Seil und der Last an der Kette 104 eine Hubdifferenz entsteht, die nun positiv ist und ihr Maximum bei etwa $\psi = \alpha - \beta/2$ erreicht. Von da an wird die Last an der Kette 104 wieder langsamer angehoben, so daß die Last an dem Seil bei einem Drehwinkel $\psi = \alpha$ wieder eingeholt hat, d.h. die Last an der Kette 102 und die Last an dem vergleichbaren Seil hängen wiederum auf gleicher Höhe, jedoch um den Betrag des äquivalenten Seilscheibenradius multipliziert mit dem entsprechenden Bogen höher. Der äquivalente Seilscheibenradius ergibt nach der folgenden Bedingung

55

$$r_m = \frac{e \cdot t}{\pi} \quad (7)$$

Fig. 12 läßt deutlich erkennen, daß die Extrema der Kurve 111 in Richtung $\psi = 0$ bzw. $\psi = \alpha$ verschoben sind. Außerdem ändert sich die Steigung bei $\alpha/2$ deutlich. Die Kurve 111 läßt sich bereits mit einer sehr guten Näherung mit zwei reinen Sinuskurven 112 und 113 annähern. Dabei hat die Sinuskurve 112 die Periodenlänge α , während die Sinuskurve 113 die Periodenlänge 2α aufweist. Zwischen beiden Sinuskurven 112, 113 besteht keine Phasenverschiebung, d.h. beide sind für $\alpha = 0$ ebenfalls 0.

Einfache Überlegungen zeigen, daß unabhängig von der Taschen, die die Kettenuß aufweist, qualitativ immer derselbe Verlauf der Hubdifferenz, wie er in Fig. 8 gezeigt ist, auftritt und folglich auch unabhängig von der Anzahl der Taschen sich die Hubdifferenz durch die beiden Sinuskurven 112 und 113 approximieren läßt. Der verbleibende Fehler gegenüber der tatsächlichen Kurve 111 ist so gering, daß er für die Anregung von Schwingungen in dem Elektrokettenzug 1 außer Betracht bleiben kann.

Werden nun diese Überlegungen auf den Elektrokettenzug 1 übertragen, so führt jede seiner beiden Ketten 17, 18 eine Bewegung aus, die gegenüber dem gedachten Seil zu einer Hubdifferenz führt, wie sie in Fig. 8 gezeigt ist. Allerdings liegen die Kurven nicht deckungsgleich, sondern sind entsprechend einem Winkel ϑ , um den die beiden Kettennüsse 34 und 34' gegeneinander verdreht sind, gegeneinander versetzt. Das Hakengeschirr 46 führt dagegen eine Bewegung aus, dessen Hubdifferenz gegenüber dem gedachten gleichmäßig laufenden Seil gleich dem Mittelwert der momentanen Hubdifferenzen der beiden Lastketten 17 und 18 ist. Somit gilt für die Hubdifferenz, die das Hakengeschirr 46 gegenüber dem gedachten Seil vollführt, die nachstehende Gleichung, wobei die Indizes angeben, an welchem Teil die Hubdifferenz gegenüber dem gedachten Teil gemessen ist.

$$\gamma_{46}(\Psi) = \frac{\gamma_{17}(\Psi) + \gamma_{18}(\Psi + \theta)}{2} \quad (8)$$

Werden in diese Gleichung die Näherungslösungen entsprechend den beiden Kurven 112 und 113 eingesetzt, die die tatsächliche Kurve 111 ersetzen sollen, ergibt sich folgende Gleichung:

$$\gamma_{46}(\Psi) = -\frac{A}{2}(\sin \Psi + \sin(\Psi + \theta)) - \frac{B}{2}(\sin 2\Psi + \sin 2\Psi + 2\theta) \quad (9)$$

Diese Gleichung enthält zwei Terme X_1 und X_2 :

$$X_1 = -\frac{A}{2}(\sin \Psi + \sin(\Psi + \theta))$$

$$X_2 = -\frac{B}{2}(\sin 2\Psi + \sin(2\Psi + 2\theta))$$

Wenn jeder der beiden Terme für sich betragsmäßig als Funktion von ϑ ausgerechnet wird, wird der in Fig. 13 gezeigte Zusammenhang erhalten. Aus dem Verlauf der Kurven für $|X_1|$ und $|X_2|$ ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

Entsprechend der Länge der Kette und ihrer Elastizitätseigenschaften ergibt sich zusammen mit der angehängten Last ein schwingungsfähiges System, das Resonanzfrequenzen aufweist, die von der Elastizität der Kette und der Masse der Last abhängig sind. Ein anderes schwingungsfähiges System an demselben Elektrokettenzug besteht aus der Masse des Elektrokettenzugs samt angehängter Last und der Elastizität der Schiene, auf der der Elektrokettenzug 1 läuft. Andererseits entstehen, wenn die Last an dem Hakengeschirr 46 bewegt wird, anregende Frequenzen, die durch die Anzahl der Kettentaschen 35, 35' der beiden Kettennüsse 34, 34' sowie der Hubgeschwindigkeit bestimmt sind. Dabei treten, wie sich aus den obigen Darlegungen ergibt, zwei Frequenzen, nämlich die Grundschiwingung infolge der Anzahl der Taschen der Kettenuß sowie eine Oberschiwingung in jeder Kette auf. Fällt eine der anregenden Frequenzen mit einer Resonanzfrequenz des Gesamtsystems zusammen, kann es zu gefährlichen Situationen kommen, wenn die Dämpfung im System nicht ausreichend ist.

Ist nun anzunehmen, daß lediglich Betriebssituationen auftreten können, bei denen die Grundschiwingung als Folge der eckigen Kettenuß mit Resonanzfrequenzen zusammenfallen kann, wird bei dem Elektrokettenzug 1 der Verdrehwinkel ϑ zwischen den beiden Kettennüssen 34, 34' so gewählt, daß der

Term $|X_1|$ 0 wird. Dies ist, wie Fig. 9 zu entnehmen ist, dann der Fall, wenn der Verdrehwinkel ϑ $360^\circ/(2e)$ beträgt. Unter dieser Bedingung heben sich an dem Hakengeschrir 46 die Grundschrwingungen in den beiden Ketten 17, 18 gerade auf, so daß an der Last nun noch die Schwingung infolge der ersten Oberschrwingung, also gemäß dem Term X_2 zu beobachten ist.

5 Ist hingegen davon auszugehen, daß der Kettenzug 1 in gefährliche Betriebssituationen nur dann gelangen kann, wenn die erste Oberwelle der Grundschrwingung gefährliche Resonanzen hervorrufen kann, wird der Term $|X_2|$ zu 0 gemacht, was, wie Fig. 13 zeigt, mit zwei Verdrehwinkeln ϑ erreicht werden kann. Der eine Verdrehwinkel hat die Größe $360^\circ/(4e)$, während der andere Verdrehwinkel die Größe $3.360^\circ/(4e)$ aufweist. Werden die Verdrehwinkel in dieser Weise gewählt, kompensieren sich an dem Hakengeschrir 46
10 gerade die von den beiden Ketten 17, 18 herrührenden Ungleichförmigkeiten, so daß an der an dem Hakengeschrir 46 hängenden Last nurmehr die Grundschrwingung entsprechend dem Term $|X_1|$ festzustellen ist.

Als letzter Grenzfall kann angenommen werden, daß sowohl die Grundschrwingung als auch die erste Oberschrwingung gefährliche Resonanzen anregen können. In diesem Falle wird ϑ so gelegt, daß sowohl
15 $|X_1|$ als auch $|X_2|$ gleichzeitig betragsmäßig möglichst klein sind. Diese Bedingung ist für jene Werte von ϑ erfüllt, bei denen sich die Kurven für $|X_1|$ und $|X_2|$ schneiden. Die Lage dieses Schnittpunktes hängt von dem Amplitudenverhältnis zwischen $|X_1|$ und $|X_2|$ ab und ist damit von den Faktoren A und B abhängig, die wiederum entsprechend den Gleichungen (1) und (2) von dem Drahtdurchmesser d und der Augenweite t sowie der Anzahl der Taschen bestimmt werden. In jedem Falle liegt der Schnittpunkt zwischen den Werten
20 von ϑ , die für die oben erwähnten Grenzfälle optimal sind.

Selbstverständlich kann, je nachdem, ob die Resonanz ausgelöst durch die Grundwelle oder die Resonanz bei der ersten Oberschrwingung die schlechtere Dämpfung hat, der Wert für ϑ mehr in Richtung kleinere Amplitude der Grundschrwingung oder mehr in Richtung kleinerer Amplitude der ersten Oberschrwingung verschoben werden. Im Falle der Verwendung der viertaschigen Kettennüsse 34 und 34' liegt als
25 Optimum für den Wert von ϑ bei 36° bzw. 54° , wenn $|X_1|$ und $|X_2|$ betragsmäßig gleich groß sein sollen.

Patentansprüche

- 30 1. Elektrokettenszug (1) mit einem längs einer Schiene (4) laufenden Katzfahrwerk (2), an dem ein eine Antriebseinrichtung (19) aufweisendes Hubwerk (16) angeordnet ist, das auf einer Seite einer durch die Schiene (5) gehenden Vertikalebene wenigstens eine Kettennuß (34) und auf der anderen Seite der Vertikalebene wenigstens eine weitere Kettennuß (34') aufweist, die synchron mit der Kettennuß (34) auf der ersten Seite läuft, sowie mit zwei Ketten (17, 18), von denen jede über eine zugehörige Kettennuß (34, 34') läuft und die beide mit einem Hakengeschrir (46) verbunden sind, dadurch
35 gekennzeichnet, daß die beiden Kettennüsse (34, 34'), bezogen auf den Lauf der beiden Ketten (17, 18), gegeneinander verdreht sind, derart, daß die beiden Ketten (17, 18) in ihrem vertikalen Teil relativ zueinander einen Höhenversatz aufweisen, der ein Bruchteil der Kettenteilung oder ein ganzteiliges Vielfaches der Kettenteilung zuzüglich einem Bruchteil der Kettenteilung ist.
- 40 2. Elektrokettenszug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Kettennüsse (34, 34') angetrieben und getrieblich miteinander gekuppelt sind.
3. Elektrokettenszug nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Kettennüsse (34, 34') über
45 eine Welle (42) miteinander gekuppelt sind.
4. Elektrokettenszug nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Kettennüsse (34, 34') dieselbe Anzahl von Kettentaschen (35, 35') aufweisen.
- 50 5. Elektrokettenszug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Kettentaschen (35, 35') vier beträgt.
6. Elektrokettenszug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrehung der beiden Kettennüsse (34, 34') gegeneinander 52° beträgt.
- 55 7. Elektrokettenszug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Katzfahrwerk (2) auf jeder Seite eine als Umlenkrolle dienende lose laufende Kettennuß (44, 44') aufweist, die zu der angetriebenen Kettennuß (34, 34') achsparallel ist und die, bezogen auf die angetriebene Kettennuß (34, 34') auf einer größeren Höhe sitzt, und daß das Lasttrum jeder Kette (17, 18) ausgehend von der angetriebenen

Kettennuß (34, 34') über die lose laufende Kettennuß (44, 44') zu dem Hakengeschirr (46) führt.

8. Elektrokettenzug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Ketten (17, 18) endseitig starr mit dem Hakengeschirr (46) verbunden sind und daß zumindest eine Kette (17, 18) an dem Hakengeschirr (46) höhenverstellbar ist.
9. Elektrokettenzug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hakengeschirr (46) wenigstens eine als Umlenkrolle dienende lose laufende Kettennuß (88) für jede Kette (17, 18) enthält und daß das von dem Hubwerk (16) kommende Lasttrum jeder Kette (17, 18) um diese zugehörige Kettennuß (88) in dem Hakengeschirr (46) herumführt und von dort zu dem Katzfahrwerk (2) zurückläuft.
10. Elektrokettenzug nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das zu dem Katzfahrwerk (2) zurücklaufende Lasttrum jeder Kette (17, 18) endseits an dem Katzfahrwerk (2) befestigt ist und daß zumindest eine Befestigungsstelle der beiden Ketten (17, 18) höhenverstellbar ist.
11. Elektrokettenzug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hakengeschirr (46) balkenförmig ist und einen Haken (53) sowie die Anbringungseinrichtungen (58, 88) der Ketten (17, 18) trägt, und daß die Anbringungseinrichtungen (58, 88) bezüglich des Hakens (53) in horizontaler Richtung verstellbar sind.
12. Elektrokettenzug nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Hakengeschirr (46) zwei parallel im Abstand zueinander verlaufende Traversen (47) aufweist, zwischen denen eine Halterungseinrichtung (49) für den Haken (53) befestigt ist und zwischen denen die Anbringungseinrichtungen (58, 88) für die Ketten (17, 18) vorgesehen sind.
13. Elektrokettenzug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die als Umlenkrolle dienende lose laufende Kettennuß (44, 44') dieselbe Anzahl von Kettentaschen aufweist wie die zugehörige angetriebene Kettennuß (34, 34').
14. Elektrokettenzug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die als Umlenkrolle dienende lose laufende Kettennuß (44, 44') eine andere Anzahl von Kettentaschen aufweist wie die zugehörige angetriebene Kettennuß (34, 34').
15. Elektrokettenzug nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die als Umlenkrolle dienende lose laufende Kettennuß (44, 44') eine größere Anzahl von Kettentaschen aufweist wie die zugehörige angetriebene Kettennuß (34, 34').
16. Elektrokettenzug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Ketten (17, 18) an dem Hakengeschirr (46) oder an dem Katzfahrwerk (2) angebracht sind.
17. Elektrokettenzug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hubwerk (16) zwei Hubwerksmotoren (19) aufweist, die auf beiden Seiten des Katzfahrwerks (2) angeordnet sind.
18. Elektrokettenzug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (ϑ), um den die beiden Kettennüsse (34, 34') gegeneinander verdreht sind, einem Bereich zwischen $360^\circ/(4e) - \epsilon$ und $3.360^\circ/(4e) + \epsilon$ liegt, mit e = Anzahl der Taschen der Kettennuß (34, 34') und ϵ = ein zulässiger Fehler.
19. Elektrokettenzug nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (ϑ), um den die beiden Kettennüsse (34, 34') gegeneinander verdreht sind, in einem Bereich von $360^\circ/(4e) \pm \epsilon + n \cdot 360^\circ/(2e)$ liegt, mit $n = 0,1,2,\dots$, wenn auf minimaler Anregung durch die erster Oberschwingung optimiert werden soll.
20. Elektrokettenzug nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (ϑ), um den die beiden Kettennüsse (34, 34') gegeneinander verdreht sind, in einem Bereich von $n \cdot 360^\circ/(2e) \pm \epsilon$ liegt, mit $n = 0,1,2,\dots$, wenn auf minimale Anregung durch die Grundschiwingung optimiert werden soll.
21. Elektrokettenzug nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (ϑ), um den die beiden Kettennüsse (34, 34') gegeneinander verdreht sind, in einem Bereich von $360^\circ/(4e) + 360^\circ/(8e) \pm \epsilon$

oder $3.360^\circ/(4e)-360^\circ/(8e) \pm \epsilon$ liegt, wenn auf minimaler Anregung durch die Grundschiwingung und die erste Überschiwingung gleichzeitig optimiert werden soll.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

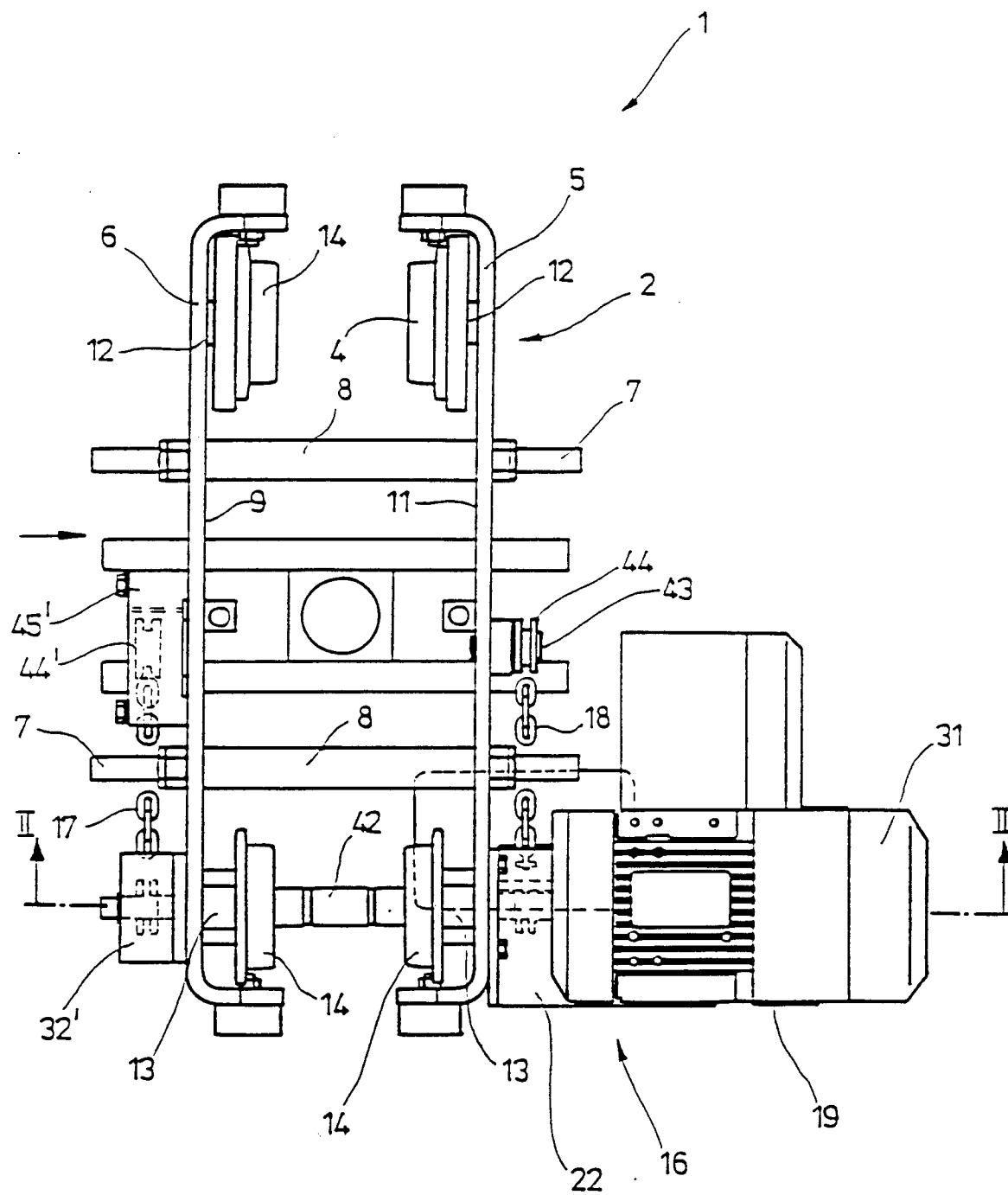


Fig. 1

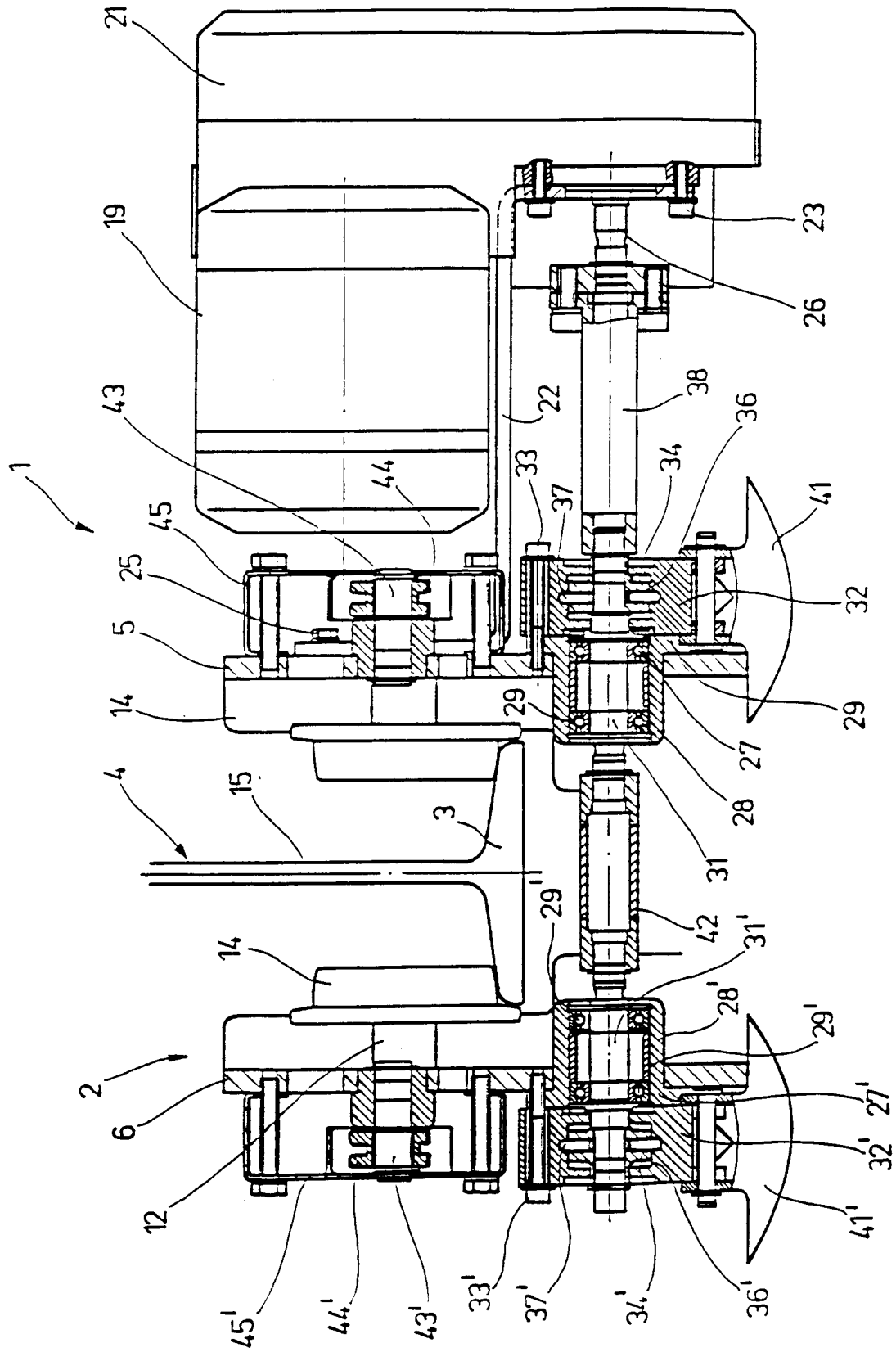


Fig. 2

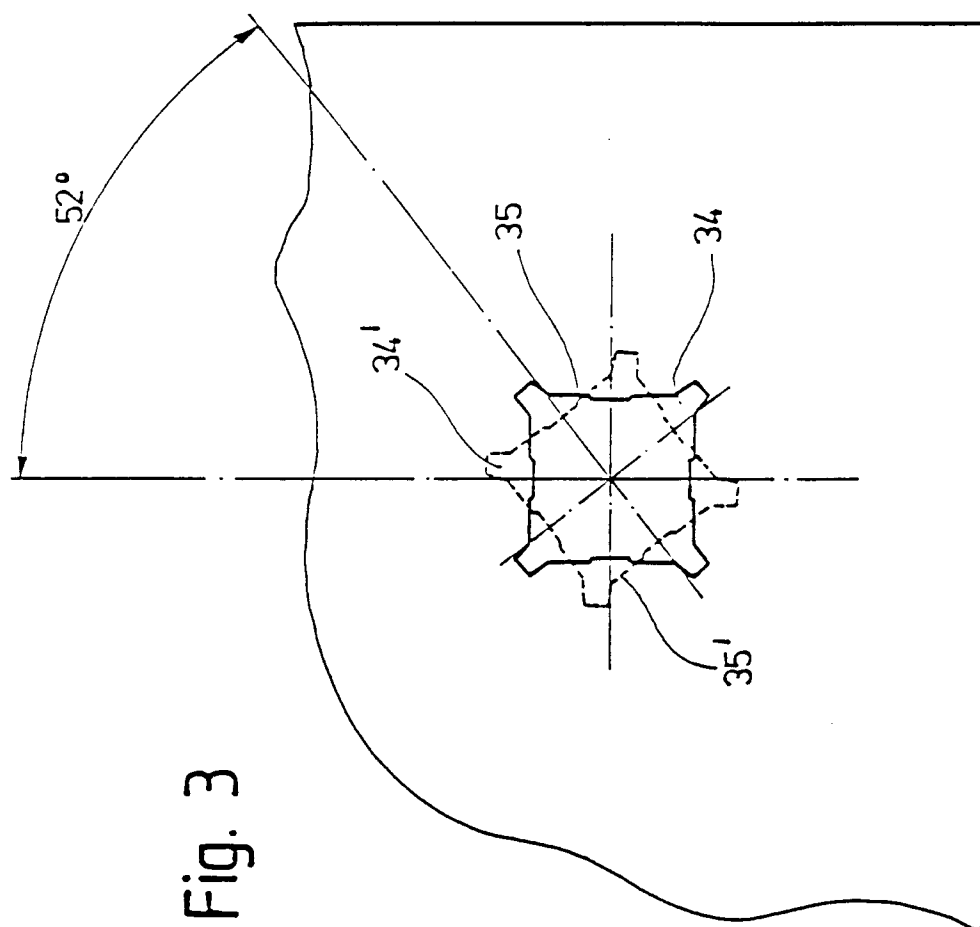


Fig. 3

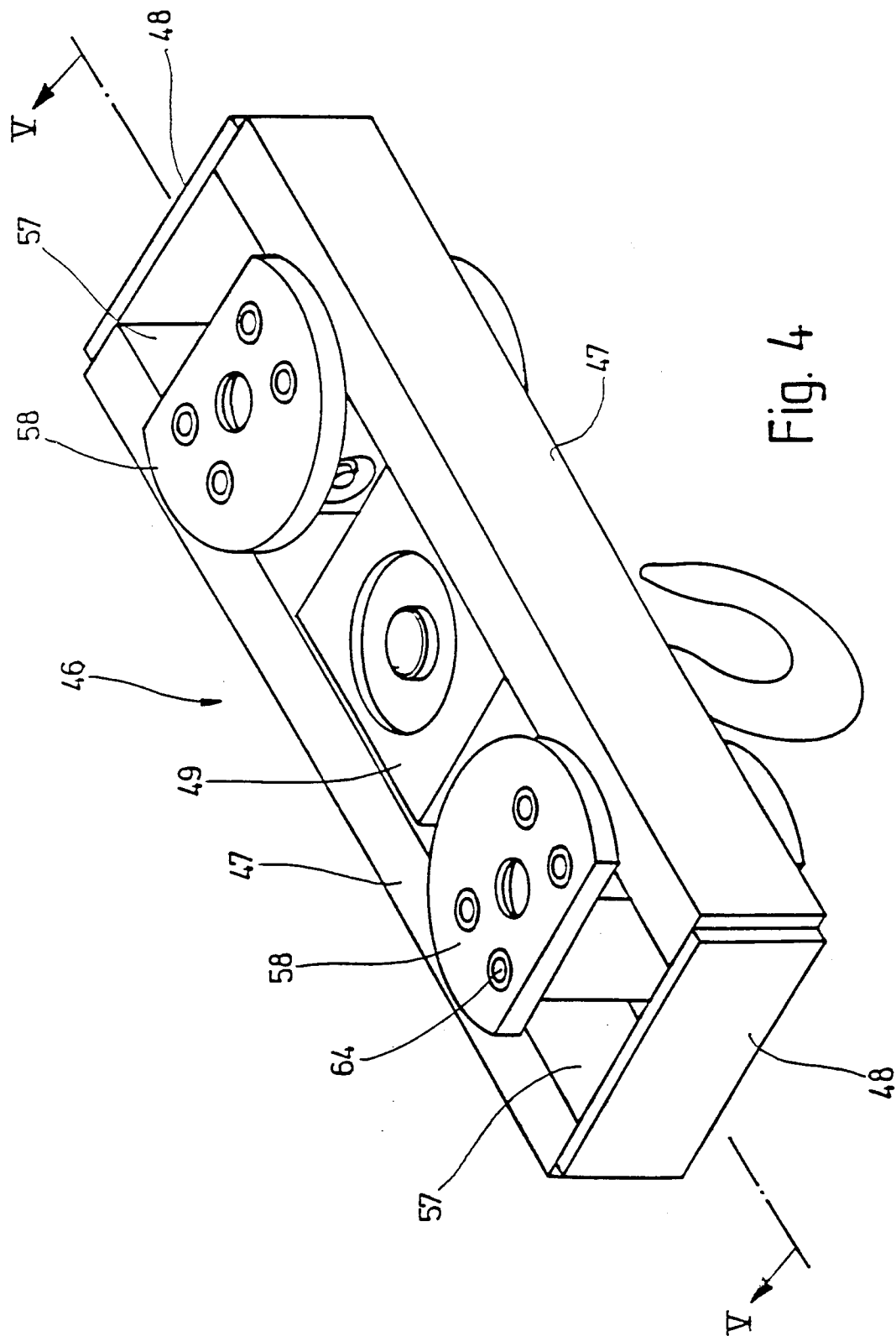


Fig. 4

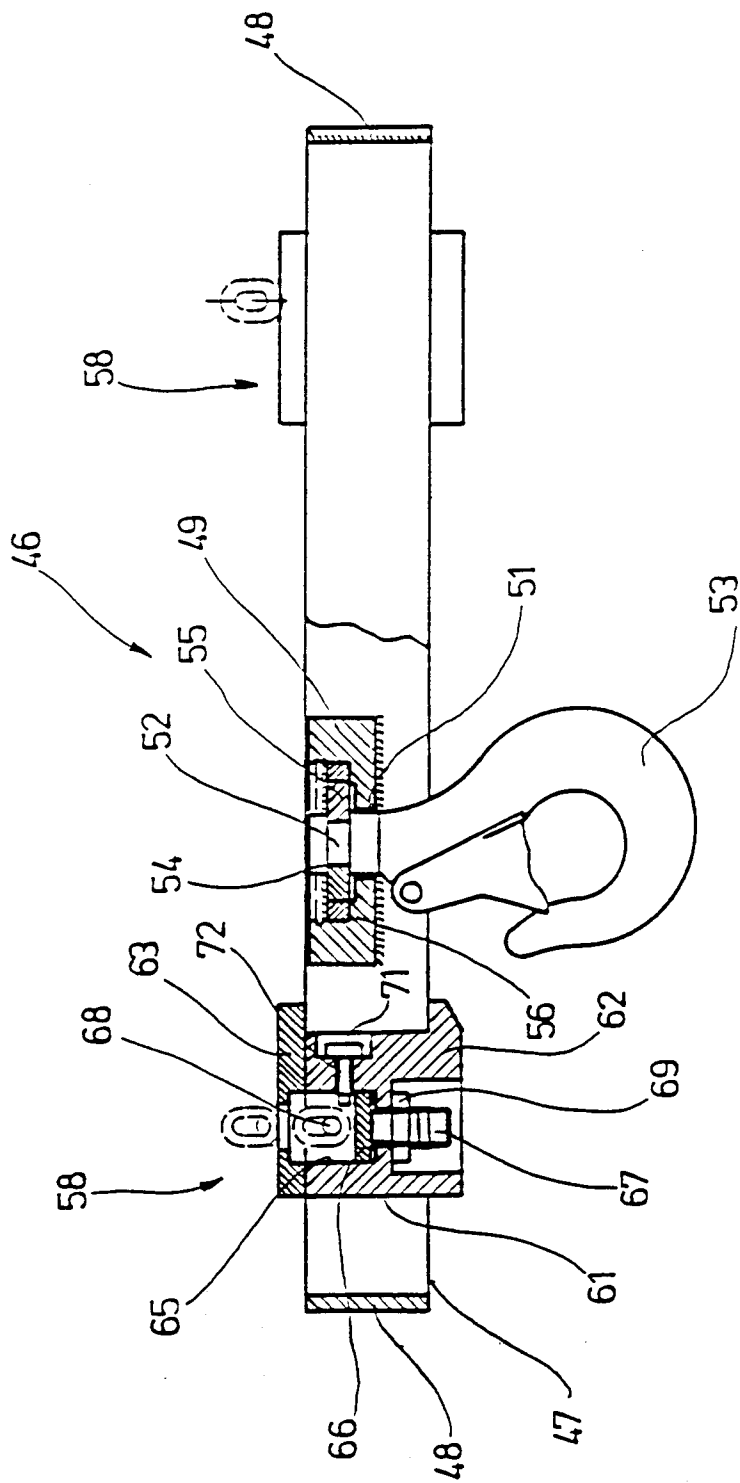
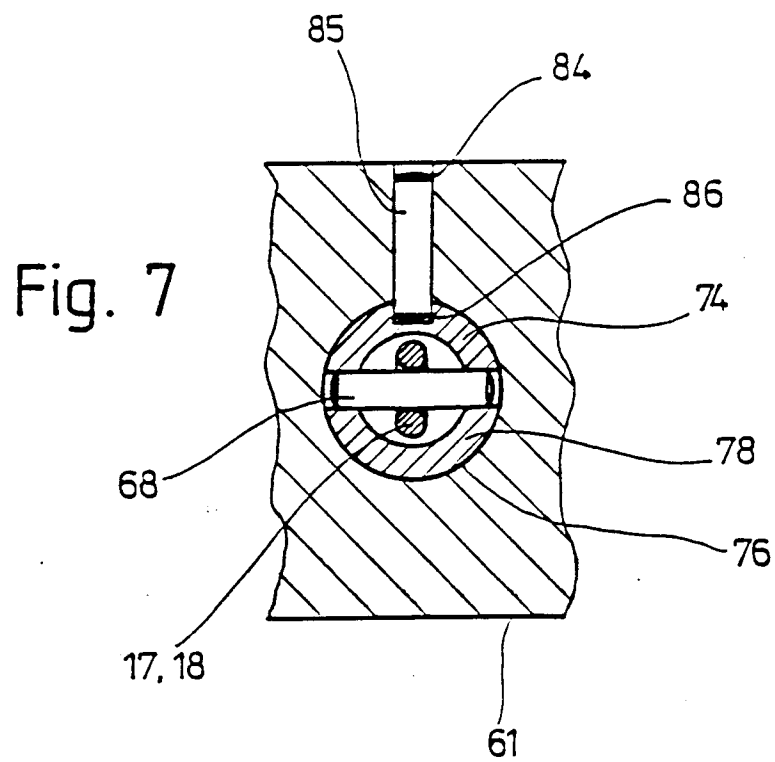
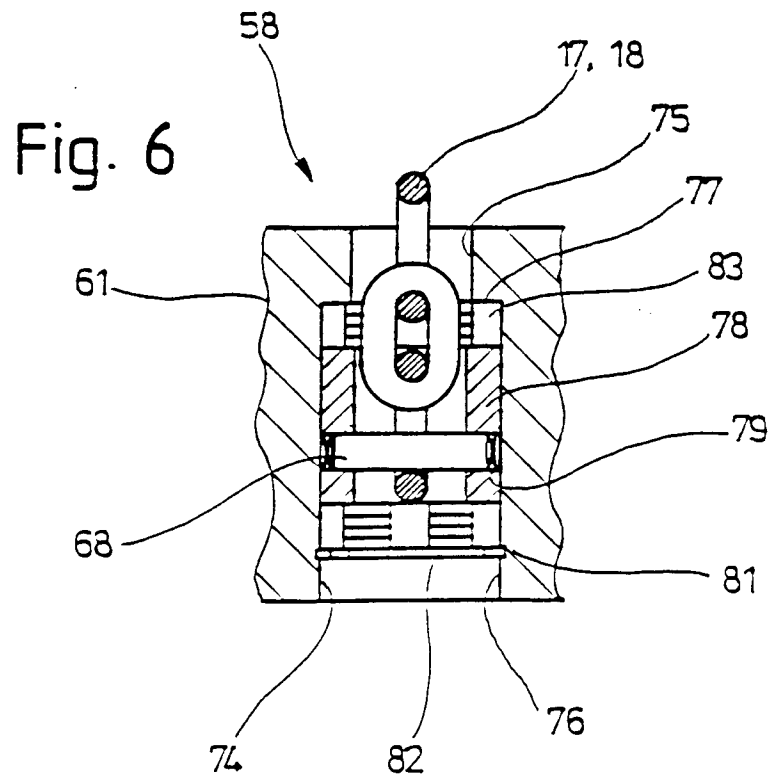


Fig. 5



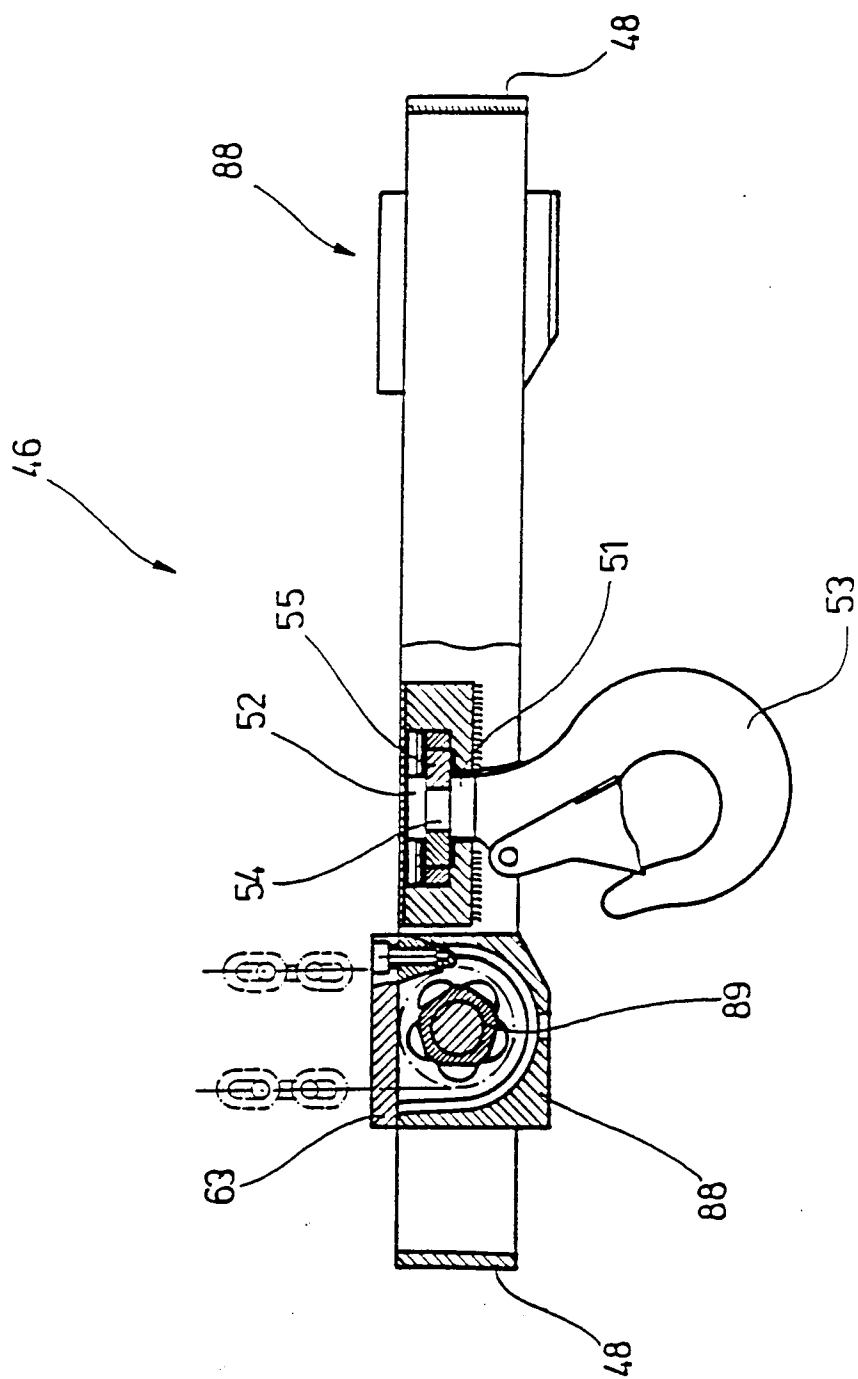


Fig. 8

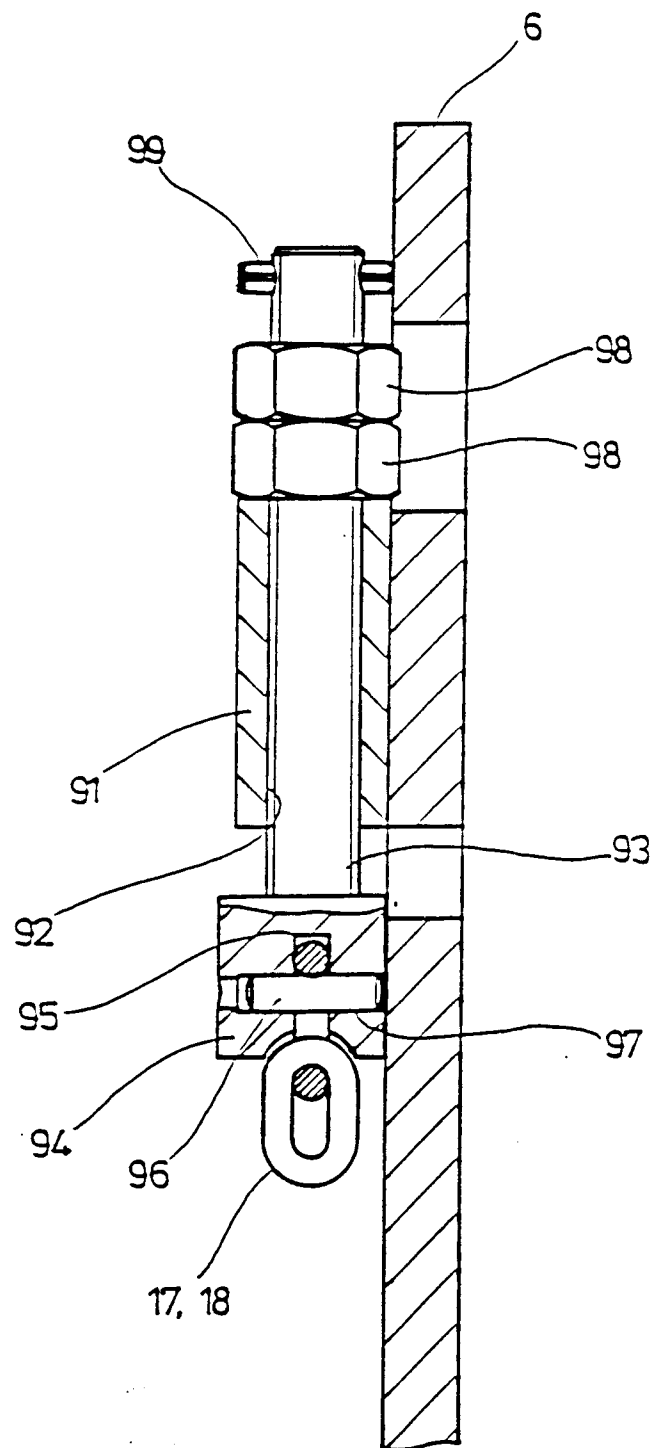


Fig. 9

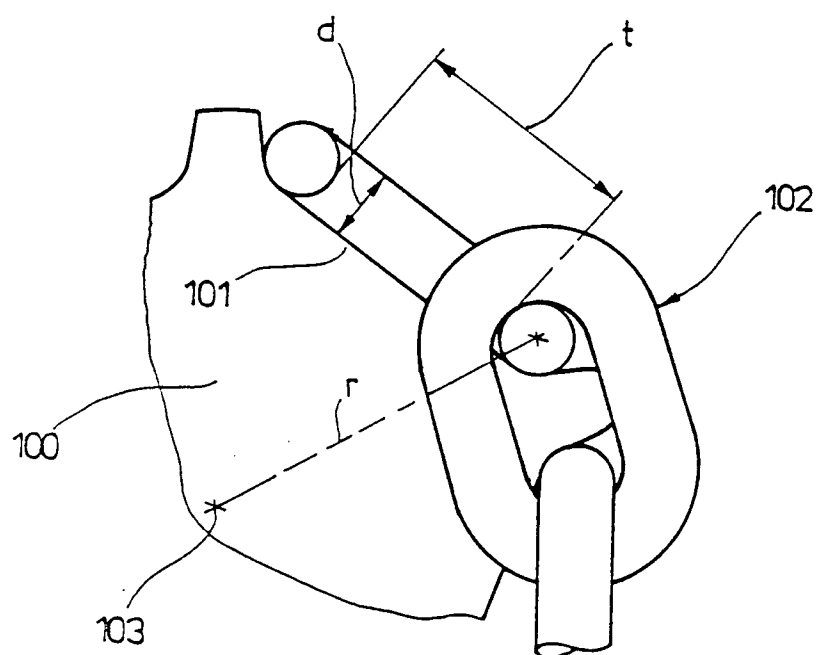


Fig. 10

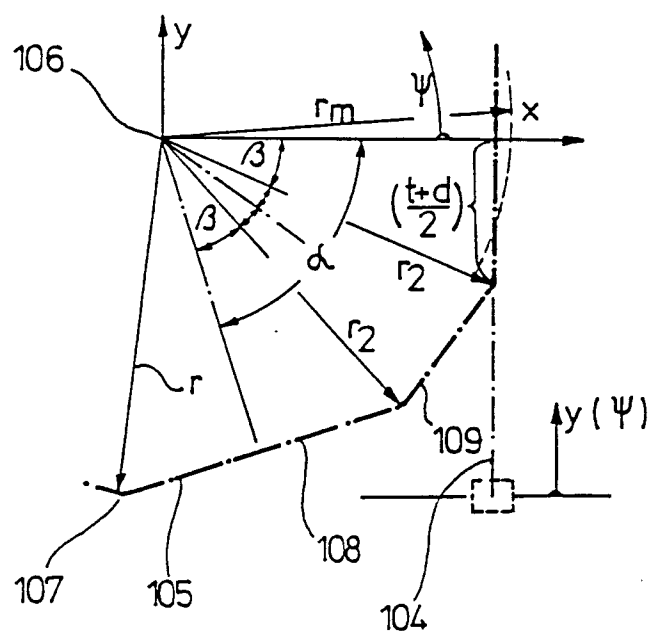


Fig. 11

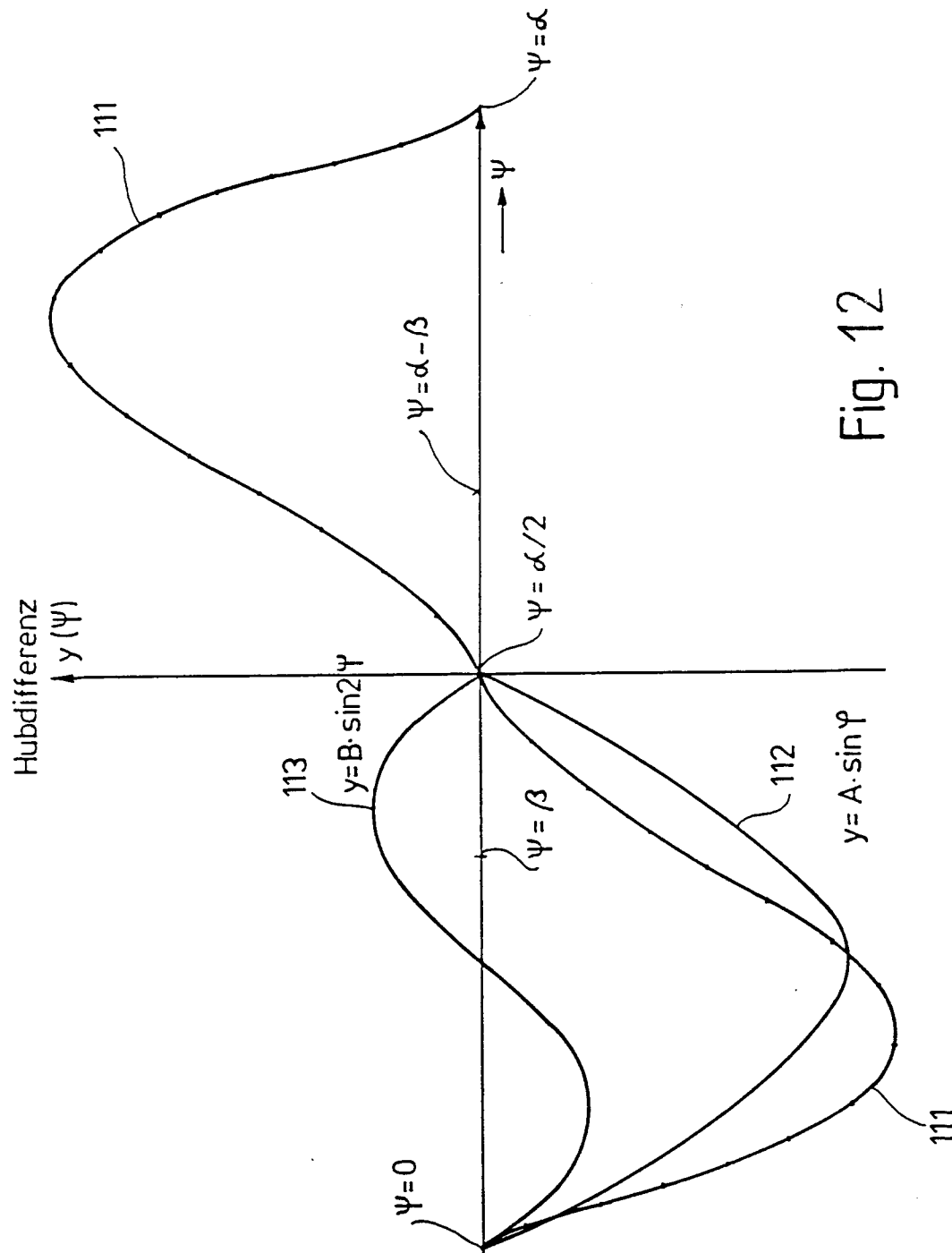


Fig. 12

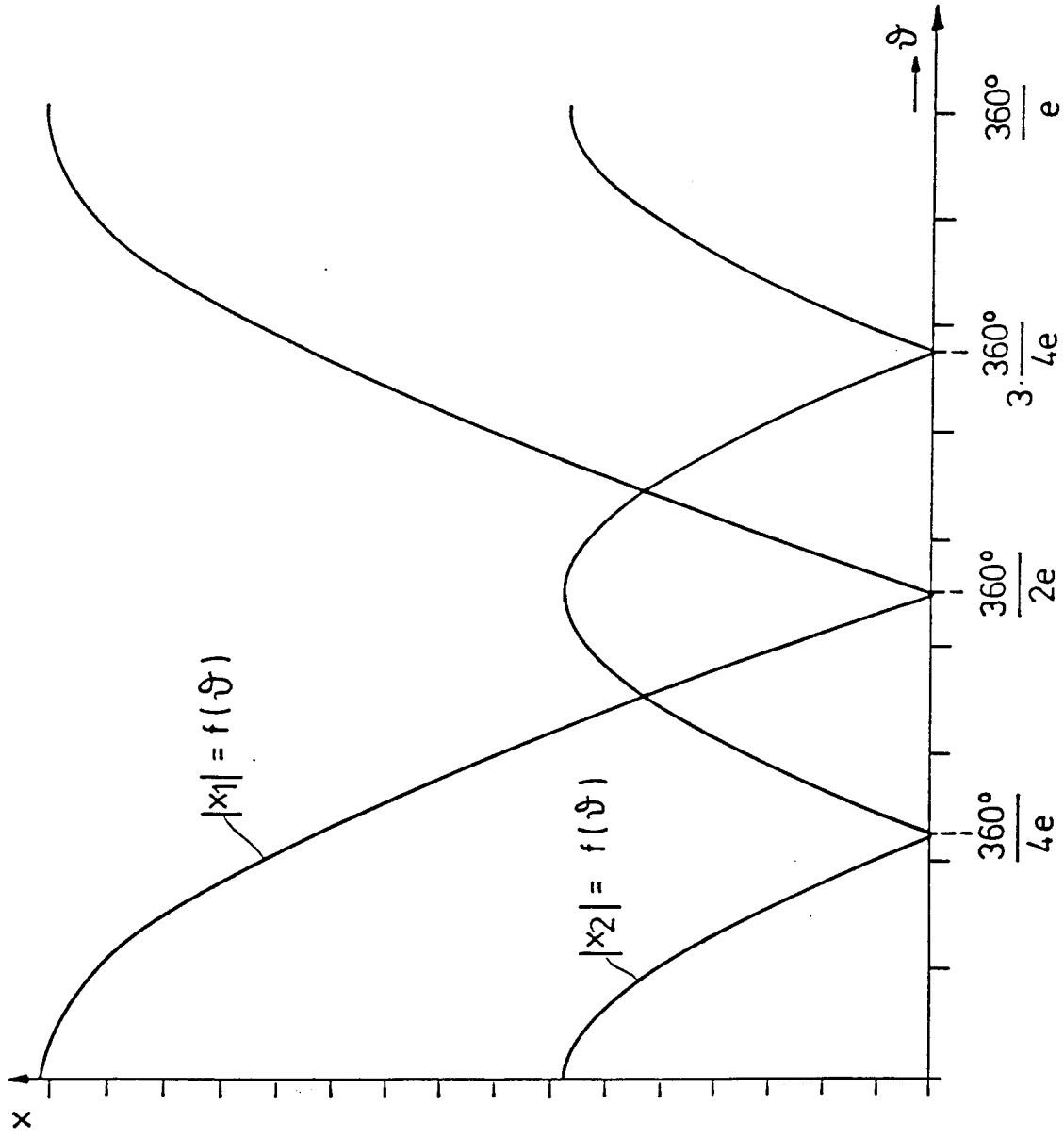


Fig. 13