



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 039 146 A1** 2009.02.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 039 146.5**

(22) Anmeldetag: **18.08.2007**

(43) Offenlegungstag: **26.02.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B23Q 1/01 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**A. Monforts Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG,
41238 Mönchengladbach, DE**

(74) Vertreter:

Creytz, D., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 41844 Wegberg

(72) Erfinder:

**Klaassen, Gerhard, 41199 Mönchengladbach, DE;
Haffner, Rolf, 52399 Merzenich, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 16 11 778 C

DE 37 28 046 A1

DE 36 07 875 A1

DE 32 17 291 A1

CH 4 07 661

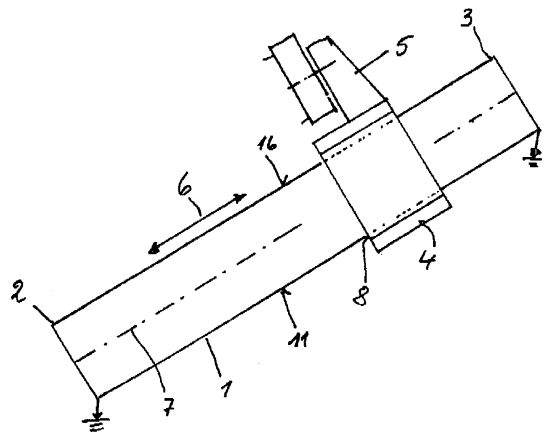
DE 30 02 153 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Schlittenführung einer Werkzeugmaschine**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine lineare Schlittenführung einer Werkzeugmaschine zum hydrostatisch gelagert längsbeweglichen Aufnahmen wenigstens eines auf einer an den Längsenden verankerten Säule verfahrbaren Schlittens beschrieben. Um auf die Säule ein Biegemoment zum Kompensieren eines vom Schlitten herrührenden Biegemoments auszuüben, wird innerhalb der Säule mit Abstand von der Säulenachse ein in Längsrichtung der Säule zu spannendes Zugglied zugeordnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine lineare Schlittenführung einer Werkzeugmaschine zum hydrostatisch gelagert längsbeweglichen Aufnehmen wenigstens eines Schlittens, welche als an den Längsenden verankerte Säule, vorzugsweise massive zylindrische Säule, ausgebildet ist. Der Schlitten kann beispielsweise ein Spannmittel zum Aufnehmen eines Werkzeugs (Werkzeugschlitten), eines Werkstücks (Werkstückschlitten) oder einer Pinole (Reitstock) besitzen. Er wird deshalb auch als Spannmittelschlitten bezeichnet. Im vorliegenden Zusammenhang ist unter dem Begriff „Werkzeugmaschinen“ vor allem an Drehmaschinen aber auch an Bohrwerke, Fräsmaschinen, Rundschleifmaschinen und dergleichen Maschinen gedacht, die einen auf einer Führung längsbeweglichen Schlitten besitzen.

[0002] Lineare Schlittenführungen – auch Linearführung oder Längsführung – vorgenannter Art, die horizontal, vertikal oder gegenüber der Horizontalen geneigt angeordnet werden können, haben wegen der hydrostatischen Lagerung der geführten Schlitten den Vorteil eines verschwindend geringen Verschleißes aber den Nachteil einer je nach dem Angriffspunkt der jeweiligen Belastung unterschiedlichen Biegung der als Führung dienenden Säule. Um diesem Problem zu begegnen, wird in DE 30 02 153 A1 vorgeschlagen, die Längsführung an den Längsenden in Haltemitteln aufzunehmen, die im Bereich unterhalb der Führung rückkragend mit erheblichem Abstand von den Längsenden verankert sind. Hierdurch wird erreicht, dass die Linearführung in einem mittleren Bereich ihrer Länge für den Betrieb einer Präzisionsmaschine ausreichend steif ist, weil in diesem Bereich durch die rückkragenden Tragarme ein Drehmoment auf die Führung ausgeübt wird, das dem durch den Schlitten verursachten Biegemoment entgegengesetzt ist. An den steifen Mittelbereich der Führung schließen sich beiderseits Randbereiche an, in denen die genannten Biege- und Drehmomente in gleicher Richtung wirken. Die Steifheit der Randbereiche wird daher durch die rückkragenden Tragarme vermindert. Die Randbereiche, deren Gesamtlänge mit ein Drittel bis zwei Drittel der Führungslänge angegeben wird, können daher bei Präzisionsbetrieb der Maschine nicht genutzt werden.

[0003] Bei herkömmlichen Drehmaschinen mit auf einer Längs- oder Linearführung in axialer Richtung verfahrenem Schlitten, insbesondere Werkzeugschlitten, in denen Drehgenauigkeiten in der Größenordnung weniger Mikrometer erstrebt werden und bei denen der Schlitten zur Verminderung der Reibung auf der Führung hydrostatisch gelagert wird, lassen sich bisher Schlittenhübe (Bewegungen in Richtung der Achse der Linearführung) von maximal etwa 1.500 mm erreichen. Größere Arbeitshübe konnten nur mit Kompromissen betreffend die Arbeitsgenau-

igkeit erkaufte werden.

[0004] Die in Drehmaschinen verwendeten Führungen vorgenannter Art werden im allgemeinen massiv, z. B. als Vollzylinder, mit einem Säulendurchmesser von größenordnungsmäßig 300 mm ausgeführt. Grundsätzlich kommen aber auch hohle Führungen in Frage, z. B. als Hohlzylinder. Letztere sollen eine ungewöhnlich große Wandstärke, z. B. 60 mm bei 300 mm Rohrdurchmesser, besitzen, damit die Wandung dem hohen hydrostatischen Druck ohne störende Rückwirkung standhält.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die lineare Schlittenführung so zu versteifen, dass sie einen hydrostatisch gelagerten Schlitten unabhängig der von diesem auf die Führung jeweils ausgeübten Kraft auf ihrer ganzen Länge – auch bei gegenüber der derzeitigen Praxis erheblich verlängerter Führung und entsprechend vergrößertem Schlittenhub – ausreichend genau längs einer Geraden führen kann. Das vom Schlitten ausgeübte Biegemoment soll also auf dem ganzen Arbeitshub in einem für die Drehgenauigkeit ausreichendem Maße durch eine zusätzlich auf die Linearführung ausgeübte Kraft kompensiert werden.

[0006] Die erfindungsgemäße Lösung wird für die eingangs beschriebene Längs- bzw. Linearführung angegeben in Anspruch 1. Einige Verbesserungen und weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden in den Unteransprüchen beschrieben.

[0007] Für die eingangs definierte lineare Schlittenführung zum hydrostatisch gelagert längsbeweglichen Aufnehmen wenigstens eines Schlittens, welche als an den Längsenden verankerte Säule ausgebildet ist, besteht die Erfindung darin, dass außermittig bzw. exzentrisch, vorzugsweise innerhalb der Säule, wenigstens ein die Säule in ihrer Längsrichtung – annähernd in Richtung parallel zur Säulendachse – spannendes und dadurch komprimierendes Zugglied vorgesehen ist. Die (in Zugrichtung verlaufende) Mittellinie des Zugglieds soll also außermittig in Bezug auf die Säule liegen. Mit anderen Worten: Die Mittellinie des Zugglieds soll im Sinne einer Kompensation der durch das Gewicht des jeweiligen Schlittens oder durch andere vom Schlitten übertragene Kräfte hervorgerufenen Biegung der Säule versetzt gegenüber deren Längsachse oder Mittellinie angeordnet werden.

[0008] Erfindungsgemäß soll eine vom Schlitten her auf die Säule wirkende Schlitten-Biegekraft durch eine vom Zugglied ausgeübte Gegenbiegekraft kompensiert werden. Die Schlitten-Biegekraft und die Gegenbiegekraft sollen also einander entgegengesetzt wirken. Demgemäß soll eine durch den Schlitten (oder auf dem Wege über dem Schlitten) verursachte Säulenbiegung mit Hilfe des Zugglieds „geradegezo-

gen" werden, in dem der unter die Wirkung des Zugglieds stehende Teil der Säule komprimiert wird. Um das zu erreichen soll die Zugkraft des Zugglieds exzentrisch zur Säulen-Mittellinie auf denjenigen Längsbereich der Säule ausgeübt werden, der derjenigen Längsseite der Säule (bezüglich der Säulenmittellinie) gegenüber liegt, von der her die zu kompensierende Schlitten-Biegekraft, z. B. dessen Gewichtskraft, wirkt.

[0009] Das Zugglied wird bevorzugt an den beiden Längsenden der Säule verankert, so dass es dort exzentrisch angreift und auf ein Längssegment der Säule selbst – etwa wie eine gespannte Sehne auf einem Bogen – ein Kraftmoment ausübt. Die Mittellinie des Zugglieds beschreibt die Linie längs derer das Zugglied in seiner Längsrichtung unter Zugspannung gesetzt werden soll. Es wird dabei von einem „die Säule spannenden Zugglied“ gesprochen.

[0010] Bevorzugt soll das Zugglied im Rahmen der Erfindung als gesondertes Bauelement, insbesondere als (sich in Längsrichtung der Säule – parallel zu deren Mittellinie – erstreckende) Stange, vorzugsweise aus Stahl, ausgebildet werden. Diese Stange soll an den Längsenden der Säule fixiert und so unter mechanische Längsspannung gesetzt werden, dass dadurch ein der zu kompensierenden Biegung entgegen gesetztes Moment auf die Säule ausgeübt wird. In einem Ausführungsbeispiel wird die Stange innerhalb der Säule positioniert und mit Hilfe von Stellschrauben in am Säulenende verankerten Lagern längsgespannt.

[0011] Die Säule bzw. Führung kann im Rahmen der Erfindung rund oder kantig, z. B. als Zylinder oder Prisma, ausgebildet werden. Bevorzugt wird die Ausbildung der Säule als Vollzylinder, beispielsweise bei einer Drehmaschine mit größenordnungsmäßig 300 mm Durchmesser. Für ein als gesonderte Stange ausgebildetes Zugglied kann die massive Säule eine achsparallele Bohrung besitzen. Die Stange wird gegebenenfalls längsbeweglich in die Bohrung gesteckt und an den Längsenden der Säule verankert. Um den Aufwand zum Herstellen der Bohrung gering zu halten, soll diese so eng sein, dass sie das Einstecken der Stange gerade noch zulässt. Außerdem soll die Bohrung so gesetzt werden, dass sie die Stabilität der Säule – vor allem auch betreffend der Druckkraft der Hydrostatik – merklich nicht beeinträchtigt.

[0012] Da auf die Säule außer einer durch das Schlittengewicht begründeten, vertikal gerichteten Biegekraft auch bzw. zugleich durch die Zerspanarbeit hervorgerufene Biegemomente in anderen Richtungen ausgeübt werden können, wird gemäß weiterer Erfindung vorgesehen, der Säule mindestens zwei Zugglieder, vorzugsweise bezüglich der Säulenachse um 90° gegeneinander versetzt, zuzuordnen. Das Zugglied, das die durch das Schlittengewicht

verursachte Biegung kompensieren soll, wird bevorzugt räumlich unterhalb der Mittellinie der Säule positioniert. Wenn nur ein einziges weiteres Zugglied vorgesehen ist, wird dieses, ähnlich wie ersteres, bevorzugt innerhalb der Säule – gegebenenfalls in einer anderen Bohrung zwischen Säulenmittellinie und – mantelfläche – einem Säulenbereich zugeordnet, welcher andernfalls durch die Wirkung des auf dem Wege über den Schlitten übertragenen Zerspankräfte gedehnt würde.

[0013] Durch die Erfindung wird erreicht, dass die Linearführung gezielt in ihrer Längsrichtung zu komprimieren ist, wobei eine vorgesehene Kompression in den meisten Fällen ausreicht, vom Schlitten verursachte Biegungen der Führung zu kompensieren. Das macht die beschriebene Maschine nicht nur genauer als früher, sondern ermöglicht auch, die Linearführung zu verlängern und deren Arbeitshub deutlich, z. B. von 1,5 m auf 2 bis 3 m Länge, zu vergrößern.

[0014] Durch Einstellung einer festen auf das jeweilige Zugglied wirkenden Spannkraft lässt sich aber nur eine ebenfalls konstante Kompensation auf die Säule ausüben. Das dadurch bewirkte Moment verformt die Säule in einer Weise, die das jeweilige vom Schlitten ausgeübte Biegemoment ausgleichen soll. Die sich gegenseitig kompensierenden Biegelinien sind aber spiegelbildlich nicht vollkommen gleich. Außerdem allem kann sich die vom Schlitten verursachte Biegelinie mit der Schlittenbewegung ändern.

[0015] Der Erfindung liegt daher die weitere Aufgabe zu Grunde, die vom Schlitten – durch dessen Gewicht und/oder durch die Zerspankräfte – auf die Führung ausgeübten Biegemomente auf der ganzen Länge der Führung und für alle üblichen Zerspankräfte, auch bei Linearführungen von deutlich mehr als 1.500 mm Länge, in überall längs der Führung praktisch gleichem Maße zu kompensieren. Die weitere Aufgabe wird vorzugsweise dadurch gelöst, dass die längs des Schlittenwegs auf die Säule ausgeübten Kräfte gemessen und gespeichert werden und dass die auf das jeweilige Zugglied ausgeübte Längszugkraft den gespeicherten Messwerten entsprechend bei Schlittenbewegung längs der Führung automatisch angepasst wird, derart, dass die momentane Resultierende der zu kompensierenden Biegelinien für jede Schlittenposition auf einer praktisch durchweg geraden Null-Linie liegt.

[0016] Das auf die beschriebene Weise ermittelte Weg/Kraft-Diagramm berücksichtigt vor allem ein durch Bewegen des Schlittens längs der Führung örtlich wechselnd wirkendes Biegemoment, dessen Kompensation bei höchsten Genauigkeitsanforderungen wünschenswert sein kann. Die höchste Genauigkeit wird aber im allgemeinen nur bei Arbeitsgängen mit sehr geringer Spannkraft, z. B. beim

Schichten, gefordert, so dass durch die Spanarbeit selbst kein merkliches Biegemoment auf die Führung ausgeübt wird. – Soll auch bei höchster Arbeitsgenauigkeit schwer zerspannt werden, kann es im Rahmen der weiteren Erfindung vorteilhaft sein, die durch die Zerspanarbeit bewirkten Biegemomente permanent zu messen und in die Wegsteuerung der Spannung des Zugglieds eingehen zu lassen.

[0017] Für die Wegsteuerung zum Nachstellen der auf das jeweilige Zugglied ausgeübten Spannkraft kann eine Steuereinheit, z. B. elektrisch oder hydraulisch, insbesondere ein Proportionalventil, vorgesehen werden, welche den in der jeweiligen Position vom Schlitten auf die Säule ausgeübten Kräften entsprechend – im Sinne einer Kompensation dieser Kräfte – wirkt. Hierdurch wird erreicht, dass auch auf Führungen von zwei und mehr Meter Länge ein hydraulisch gelagerter Schlitten auf einer räumlich geraden Linie zu verfahren ist.

[0018] Anhand der schematischen Darstellung eines Ausführungsbeispiels werden Einzelheiten der Erfindung erläutert. Es zeigen:

[0019] [Fig. 1](#) eine Linearführung einer Drehmaschine mit auf einer Säule hydrostatisch gelagertem Werkzeugschlitten;

[0020] [Fig. 2](#) die Linearführung nach [Fig. 1](#) im Schnitt mit einem innerhalb der Säule positionierten Zugglied;

[0021] [Fig. 3](#) die Biegelinien der Säule nach [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), die sich einzeln als Folge der ausgeübten Biege- und Drehmomente einstellen würden, sowie die daraus resultierende Biegelinie; und

[0022] [Fig. 4](#) eine Säule nach [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#) im Schnitt quer zur Säulenachse mit in zwei um 90° versetzt gegeneinander innerhalb einer massiven Säule mit Abstand von der Säulenachse positionierten Bohrungen angeordneten Zuggliedern.

[0023] Die Säule 1 der linearen Schlittenführung – kurz Linearführung – nach [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) wird am (nicht gezeichneten) Maschinengestell gelagert. Die Säule 1 nach [Fig. 1](#) wird – bei Drehmaschinen häufig – schräg in Bezug auf die Horizontale gelagert. Es gibt jedoch auch viele Drehmaschinentypen mit horizontal gelagerter Führung. Die Säule 1 soll bevorzugt einen kreisförmigen Querschnitt besitzen und als Vollzylinder ausgebildet werden. Wenn die Säule 1 bei einer Werkzeugmaschine, z. B. Drehmaschine, kein Drehlager bildet, kann sie im Prinzip auch einen beliebig von der Kreisform abweichenden Querschnitt, z. B. ausgebildet als Prisma mit kantigem, etwa quadratischem Querschnitt, besitzen.

[0024] Auf der Säule 1 wird nach [Fig. 1](#) als Beispiel

ein einziger Werkzeugschlitten 4 gelagert. Der Schlitten 4 kann mit einem insgesamt mit 5 bezeichneten Werkzeugrevolver ausgestattet und in der durch einen Pfeil angedeuteten Bewegungsrichtung 6 parallel zur Säulenachse 7 – verfahrbar auf der Säule 1 – gelagert werden. Das hydrostatische Lager 8 des Schlittens 4 wird in [Fig. 1](#) symbolisch angedeutet.

[0025] Durch das Gewicht des Schlittens 4 (einschließlich Werkzeugrevolver 5) wird auf die Säule 1 ein Biegemoment ausgeübt, welches in [Fig. 3](#) als Biegelinie 9 abweichend von der exakt Null-Linie 10 dargestellt wird. Um diese Abweichung zu kompensieren wird im Ausführungsbeispiel nach [Fig. 2](#) innerhalb der Säule 1 zwischen Säulenachse 7 und (in der Zeichnung) räumlich unteren Säulenkante 11 ein Zugglied 12 vorgesehen, das mit Hilfe einer Spannschraube 13, die die Zugkraft symbolisiert, so in seiner Längsrichtung 14 zu verkürzen ist, dass auf die Säule ein Drehmoment ausgeübt wird, welches durch die in [Fig. 3](#) symbolisierte Biegelinie 15 der in [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#) oberen Kante 16 der Säule 1 gekennzeichnet wird.

[0026] In [Fig. 3](#) wird dargestellt, wie sich aus den Biegelinien 9 und 15 eine Resultierende 17 ergibt. – Wenn der Schlitten 4 in [Fig. 1](#) längs der Säule 1 nach links unten bewegt wird, verändert sich die Biegelinie 9 entsprechend, so dass der Schlitten fast überall den für ihn vorgesehenen Positionen auf der Säule 1 nahe der Null-Linie 10 bewegt wird. Wenn die hierbei erreichte Genauigkeit im Einzelfall nicht ausreichen sollte, wird gemäß weiterer Erfindung vorgesehen, die vom Schlitten 4 bei dessen Vorschub längs der Führung auf die Säule 1 ausgeübten Kräfte mit Hilfe eines Kraftmessgeräts 18 für einzelne Punkte des Schlittenweges zu messen, auf einen Rechner 19 als Kraft/Weg-Diagramm zu speichern und mit dessen Hilfe ein Proportionalventil 20 oder dergleichen Stellmittel zum automatischen Anpassen der auf das einzelne Zugglied 12 ausgeübte Zugkraft, entsprechend dem Weg/Kraft-Diagramm, zu steuern. Ersichtlich wird dabei als Folge der wechselnden Kräfte die Resultierende 17 ([Fig. 3](#)) so „geglättet“, dass der Schlitten 4 praktisch genau längs der Null-Linie 10 auf der Führung 1 gleiten kann.

[0027] Von dem Schlitten 4 nach [Fig. 1](#) gehen außer dem durch das Schlittengewicht begründeten Biegekräften auch Kräfte in Richtung Säule 1 aus, welche von der Zerspanarbeit herrühren. Um auch diese Kräfte erfindungsgemäß zu kompensieren, wird nach [Fig. 4](#) der Säule 1 mit Abstand von deren Achse 7 mindestens ein zweites Zugglied 22 zugeordnet, das vorzugsweise um 90° gegenüber dem ersten Zugglied 12 versetzt ist. Das zweite Zugglied 22 kann vorzugsweise im Prinzip ebenso wie das erste Zugglied 12 manipuliert und/oder dem mit einem Kraftmessgerät 18 erfassten Weg/Kraft-Diagramm entsprechend gesteuert werden.

[0028] Wenn sich die Zugglieder **12, 22** – wie bevorzugt – innerhalb einer massiven Säule **1** parallel zu deren Achse **7** erstrecken sollen, wird für jedes Zugglied **12, 22** eine – gegenüber dem Säulendurchmesser enge – Längsbohrung **23** (parallel zur Achse **7**) im massiven Säulenkörper **24** vorgesehen. Die lichte Weite jeder Bohrung **23** soll möglichst gering aber größer als der Durchmesser der einzusteckenden Zugglieder bzw. Zugstangen sein.

Bezugszeichenliste

1	Führung, Säule
2, 3	Längsenden von 1
4	Schlitten
5	Werkzeugrevolver
6	Bewegungsrichtung
7	Säulenachse
8	hydrostatisches Lager
9	Biegemoment
10	Null-Linie
11	untere Säulenkante
12	Zugglied
13	Spannschraube
14	Längsrichtung
15	Drehmoment
16	obere Säulenkante
17	Resultierende
18	Kraftmessgerät
19	Rechner
20	Proportionalventil
21	momentane Schlittenposition
22	zweites Zugglied
23	Bohrung
24	massiver Säulenkörper

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 3002153 A1 [\[0002\]](#)

Patentansprüche

1. Lineare Schlittenführung einer Werkzeugmaschine, insbesondere Drehmaschine, zum hydrostatisch gelagert längsbeweglichen Aufnehmen wenigstens eines Schlittens (4), welche Führung als an den Längsenden (2, 3) verankerte Säule (1), vorzugsweise massive zylindrische Säule, ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass außermittig der Säule (1) wenigstens ein die Säule in ihrer Längsrichtung – parallel zur Säulenachse (7) – komprimierendes Zugglied (12, 22) vorgesehen ist.

2. Schlittenführung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zugglied (12, 22) im Sinne einer Kompensation einer durch den Schlitten (4) hervorgerufenen Biegung der Säule (1) exzentrisch, d. h. versetzt gegenüber der Säulenachse (7), angeordnet ist.

3. Schlittenführung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die vom Schlitten (4) und die vom Zugglied (12, 22) auf die Säule (1) ausgeübten Biegekräfte entgegengesetzt gerichtet sind.

4. Schlittenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Säule (1) mindestens zwei Zugglieder (12, 22), die in Bezug auf die Säulenachse (7), vorzugsweise um 90°, gegeneinander versetzt sind, mit Abstand von der Säulenachse (7) zugeordnet sind.

5. Schlittenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit massiver Säule, dadurch gekennzeichnet, dass das jeweilige Zugglied (12, 22) durch eine dem Zugglied angepasste Längsbohrung (23) des massiven Säulenkörpers (24) gesteckt ist.

6. Schlittenführung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine speziell auf das Zugglied (12, 22) zugeschnittene Längsbohrung (23) vorgesehen ist, deren lichte Werte möglichst gering aber größer als der Durchmesser des Zugglieds (12, 22) ist.

7. Verfahren zum Betrieb der Schlittenführung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die auf die Säule (1) von Schlitten (4) her längs des Fahrwegs auf der Führung ausgeübten Kräfte bzw. Biegemomente gemessen und gespeichert werden und dass die Spannkraft des jeweiligen Zugglieds (12, 22) den gespeicherten Werten angepasst automatisch verändert werden.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

