

19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 692 926 A5

51 Int. Cl.⁷: F 16 M 011/20

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 01672/98

22 Anmeldungsdatum: 13.08.1998

30 Priorität: 24.09.1997 DE 19 742 048.6
24.09.1997 DE 19 742 049.4
24.09.1997 DE 19 742 050.8
24.09.1997 DE 19 742 051.6

24 Patent erteilt: 13.12.2002

45 Patentschrift
veröffentlicht: 13.12.2002

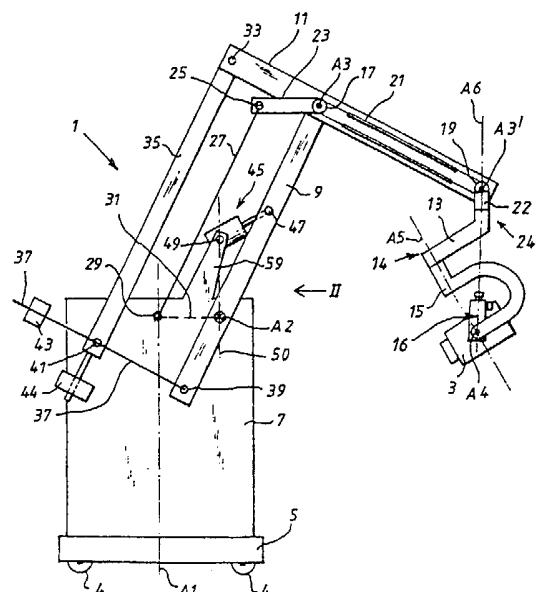
73 Inhaber:
Carl Zeiss,
Heidenheim (DE)

72 Erfinder:
Christof Poglitsch, Nägeleshofstrasse 30,
73434 Aalen (DE)
Michael Wirth, Hasenweg 25,
73434 Aalen (DE)
Dorothea Engelfried, Hirscheckstrasse 47,
89551 Königsbronn (DE)

74 Vertreter:
Luchs & Partner, Patentanwälte,
Schulhausstrasse 12, 8002 Zürich (CH)

54 Stativ mit Energiespeicher zum Gewichtsausgleich.

57 Bei einem Stativ für ein bewegbar anzuordnendes Gerät (3) mit einem ersten Stativteil (7) und einem relativ zum ersten Stativteil (7) bewegbaren zweiten Stativteil (9, 11), welches einen an dem ersten Stativteil (7) angelenkten, um eine Schwenkachse (A2) schwenkbaren Schwenkarm (9) umfasst, ist ein Energiespeicher (45) vorgesehen, welcher auf einen festen Angriffspunkt (47) des Stativarms (9) eine auf einen Widerlagerpunkt (49) des Energiespeichers (45) am ersten Stativteil (7) gerichtete Kraft ausübt. Dabei definieren die Schwenkachse (A2) und der Widerlagerpunkt (49) eine Vertikalebene, wobei der Widerlagerpunkt (49) bei einer Verschwenkung des Stativarms (9) raumfest relativ zum ersten Stativteil (7) ist. Ein die Bewegung eines ersten Stativarms (11) und eines zweiten Stativarms (13) koppelndes Seilparallelogramm (17, 19, 21) umfasst einen um zwei Umlenkrollen (17, 19) verlaufenden, geschlossenen Seilzug, welcher zwischen den Umlenkrollen (17, 19) einen Stangenabschnitt aufweist. Zwischen einem Halterungsarm (15) und dem Gerät (3) ist eine Schwerpunktsverlagerungen des Geräts (3) ermöglichende Linearschlitten/Schwenkeinheit angeordnet.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Stativ für ein bewegbar anzuordnendes Gerät.

Ein derartiges Stativ ist aus der DE 3 739 080 A1 bekannt. Dieses bekannte Stativ weist einen Energiespeicher auf, welcher das Drehmoment einer an dem Schwenkarm des Stativs angeordneten Nutzlast kompensieren soll.

Dabei umfasst der Energiespeicher ein an einem Angriffspunkt am Schwenkarm angelenktes Seil, welches durch eine über der Schwenkachse angeordnete Umlenkrolle zu einer Zugfeder umgelenkt wird. Dadurch übt der Energiespeicher auf den Angriffspunkt am Schwenkarm eine Kraft aus, welche auf denjenigen Punkt des Umlenkrollenumfangs gerichtet ist, an dem der vom Angriffspunkt kommende gerade Seilabschnitt den Umlenkrollenumfang berührt.

Dieser als Widerlagerpunkt bezeichnete Berührungspunkt wandert abhängig von der Schwenkstellung des Schwenkarms auf dem Umlenkrollenumfang, weil die Umlenkrolle einen Durchmesser ungleich null aufweist. Dadurch kann mit diesem Stativ nur ein angenäherter und kein exakter Gewichtsausgleich erreicht werden.

Die Theorie derartiger Stative ist auch in dem Aufsatz «Gewichtsausgleich an feinmechanischen Geräten» von H. Hilpert in FEINGERÄTETECHNIK, 14. Jg., Heft 2/1965 zu finden (siehe Bild 7 auf Seite 63 dieses Aufsatzes). In diesem Aufsatz von H. Hilpert ist im ersten Absatz der linken Spalte von Seite 63 dargelegt, dass beim bekannten Stativ in Folge der endlichen Umlenkrollenkrümmung, dass heisst durch die Verschiebung des Widerlagerpunkts bzw. eine zusätzliche Seilaufwicklung oder Seilabwicklung beim Verschwenken des Schwenkarms, nur ein angenäherter Gewichtsausgleich erreicht werden kann. Danach ist das auf den Schwenkarm in einer Lastentfernung 1 von der Schwenkachse einwirkende Gewicht G dann ausgeglichen, wenn die Bedingung

$$c' \cdot r \cdot L = G \cdot 1$$

erfüllt ist, wobei

c' die Federkonstante der Gewichtsausgleichsfeder, r der Vertikalabstand der Umlenkeinrichtung von der Schwenkachse und L der Abstand des Angriffspunkts der Gewichtsausgleichskraft von der Schwenkachse ist.

Diese Bedingung führt allerdings nur unter der Annahme einer punktförmigen Umlenkung, d.h. dann, wenn der Umlenkradius gleich null ist, zu einem exakten Gewichtsausgleich. Diese Tatsache ist auch in dem Aufsatz von H. Hilpert im ersten Absatz der linken Spalte von Seite 63 explizit erwähnt.

Auch aus der DD 221 571 A1 ist ein artgemäßes Stativ bekannt, welches entsprechend den Prinzipien in dem Aufsatz von H. Hilpert aufgebaut ist. Aber auch bei diesem Stativ wandert der Widerlagerpunkt in Abhängigkeit von der jeweiligen Stellung des Schwenkarms, da das Umlenkelement, welches das eine Zugfeder mit dem Schwenkarm verbindende Seil umlenkt, von einer Schrägfläche mit endlicher Krümmung gebildet ist.

Ein weiteres artgemäßes Stativ ist aus der US 5 320 315 bekannt und umfasst einen ersten Stativarm und einen relativ zum ersten Stativarm drehbaren zweiten Stativarm. Bei diesem bekannten Stativ läuft ein geschlossener Seilzug bzw. Endlosriemen um eine relativ zum ersten Stativarm drehbare erste Umlenkrolle und eine mit dem zweiten Stativarm drehfest verbundene, zweite Umlenkrolle. Dadurch kann die Bewegung des ersten Stativarms mit der Bewegung des zweiten Stativarms gekoppelt werden. Bei diesem Stativ ist die erste Umlenkrolle gegenüber einem Stativbasisteil unverdrehbar festgelegt, wodurch sich der zweite Stativarm beim Verschwenken des ersten Stativarms derart bewegt, dass die Orientierung des zweiten Stativarms relativ zu dem Stativbasisteil konstant bleibt.

Auch aus der WO 88/09 151 ist ein derartiges Stativ bekannt, bei welchem sogar mehrere als Endloszahnriemen ausgebildete geschlossene Seilzüge hintereinander geschaltet sind, um die Bewegung eines Stativarms mit der Bewegung von Ausgleichsgewichten zu koppeln. Dadurch wird dieses Stativ in jeder Stellung des Stativarms in einen Gleichgewichtszustand gebracht.

Die Dehnbarkeit eines Seils bzw. Riemens oder Zahnriemens jedoch führt zu Schlupf und Verzögerungen bei der Kopplung der Bewegung von erstem und zweitem Stativarm.

Ein weiteres artgemäßes Stativ ist aus der EP 0 433 426 B1 bekannt. Dieses Stativ trägt ein Operationsmikroskop, wobei zwischen einem Halterungsarm des Stativs und dem Operationsmikroskop eine Verstellvorrichtung angeordnet ist, mit der das Operationsmikroskop relativ zum Halterungsarm verstellbar ist. Dadurch kann der Schwerpunkt des Operationsmikroskops relativ zum Stativ verschoben werden, um das Stativ-Operationsmikroskop-System auszubalancieren.

Bei einem derartigen Stativ wird nämlich ein Gewichtsausgleich durchgeführt, d.h. das Stativ wird bezüglich seiner Dreh- und Schwenkachsen ausbalanciert bzw. das Gewicht der jeweils bewegten Stativkomponenten und des am Stativ aufgehängten Geräts derart ausgeglichen, dass beim Bewegen des Geräts nur die Trägheit der bewegten Massen, aber keine Gewichtskräfte überwunden werden müssen.

Bei diesem aus der EP 0 433 426 B1 bekannten Stativ umfasst die Verstellvorrichtung einen in zwei zueinander orthogonalen Richtungen verschiebbaren Linearschlitten, welcher in einem den Verstellbereich des Linearschlittens begrenzenden Rahmen angeordnet ist. Diese Verstellvorrichtung ist damit vergleichsweise voluminös und schwer. Da das Gerät stets zusammen mit der Verstellvorrichtung bewegt wird, kann eine voluminöse Verstellvorrichtung die Bewegungsmöglichkeiten des Geräts einschränken und eine hohe Masse der Verstellvorrichtung die Trägheit der Gerätebewegung erhöhen und die Ausbalancierung des Stativs erschweren.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein artgemäßes Stativ mit verbessertem Gewichtsausgleich zur Verfügung zu stellen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale in Anspruch 1 gelöst.

Wenn nämlich bei einem festen Angriffspunkt am Schwenkarm die Schwenkachse und der Widerlagerpunkt eine Vertikalebene definieren und der Widerlagerpunkt bei einer Verschwenkung des Schwenkarms raumfest relativ zum ersten Stativteil ist, ist der den Stativen des Stands der Technik anhaftende Fehler aufgrund ihres endlichen Umlenkrollendurchmessers beseitigt und damit ein wirklich exakter Gewichtsausgleich möglich.

In vorteilhafter Weise umfasst der Energiespeicher eine als Zugfeder geschaltete Druckfeder. Dadurch kann ein Bruch der Energiespeicherfeder nicht zu einer unkontrollierten Abwärtsbewegung des Schwenkarms führen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wirkt der Energiespeicher über ein am Angriffspunkt angelenktes Seil auf den Schwenkarm ein, wobei eine das Seil zum Angriffspunkt umlenkende Seilrolle um den am Aussenumfang der Seilrolle liegenden Widerlagerpunkt schwenkbar gelagert ist. Dadurch können die Gewichtsvorteile eines Seils und die reibungsarme Rollenumlenkung eines Seils mit einem in sehr guter Näherung raumfesten Widerlagerpunkt und damit in sehr guter Näherung exakten Gewichtsausgleich kombiniert werden.

Wenn der Energiespeicher im ersten Stativteil aufgenommen ist, ist der Energiespeicher besonders platzsparend und ohne Beeinträchtigung der Handhabbarkeit bzw. der Verstellmöglichkeiten des Stativs untergebracht.

Bei einer weiteren Ausführungsform umfasst der Energiespeicher eine Druckfeder, welche sich zwischen einem relativ zum ersten Stativteil festen Ringanschlag und einem verschiebbaren, mit dem Seil verbundenen Kolben abstützt. Durch diese Massnahme kann für den Energiespeicher das grosse Angebot geeigneter Druckfedern genutzt werden.

Wenn der Angriffspunkt an einem Gleitstück angeordnet ist, welches in einer die Schwenkachse orthogonal schneidenden Längsnut des Schwenkarms verschiebbar ist, kann der Gewichtsausgleich auch bei einer Gewichtsänderung des vom Stativ zu tragenden Geräts durch einfaches Verschieben des Gleitstücks wieder hergestellt werden.

Zu diesem Zweck ist es besonders vorteilhaft, das Gleitstück in eine Spiralnute eingreifen zu lassen, welche um eine zur Schwenkachse orthogonale Drehachse drehbar ist. Durch Drehen der Spiralnute wird das Gleitstück in seiner Längsnut verschoben und damit der Angriffspunkt geändert.

Wenn die Spiralnute als archimedische Spirale ausgebildet ist, ist die Verschiebung des Angriffspunkts stets proportional zu dem Drehwinkel, um den die Spiralnute gedreht wird.

Bei einer weiteren, sehr robusten Ausführungsform wirkt der Energiespeicher über eine Zugstange auf den Angriffspunkt ein.

Wenn der Energiespeicher dabei eine Zylinder-Kolben-Anordnung umfasst, welche um eine den Widerlagerpunkt enthaltende Drehachse drehbar an dem ersten Stativteil angelenkt ist, kann die relativ zum ersten Stativteil feste Lage des Widerlagerpunkts exakt und weitestgehend spielfrei verwirklicht werden.

Im Hinblick auf die grosse Auswahl verfügbarer

Druckfedern stützt sich innerhalb der Zylinder-Kolben-Anordnung eine Druckfeder zwischen einem mit der Zugstange verbundenen Kolben und einer Hohl Zylinderstirnfläche ab.

5 Wenn die Zylinder-Kolben-Anordnung seitlich neben dem Schwenkarm angeordnet ist und das kolbenferne Ende der Zugstange über eine Querstange am Angriffspunkt angelenkt ist, wird der Schwenkbereich des Schwenkarms durch den Energiespeicher nicht eingeschränkt.

10 Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe auch durch die Merkmale in Anspruch 13 gelöst.

15 Denn dadurch wird ein artgemässes Stativ mit einer exakteren und unmittelbarer ansprechenden Bewegungskopplung zwischen erstem und zweitem Stativarm geschaffen und somit der auf dieser Bewegungskopplung beruhende Gewichtsausgleich verbessert. Dabei werden die dem Stand der Technik anhaftenden, hystereseartigen Seildehnungseffekte im Wesentlichen beseitigt, da erfindungsgemäss nur die Abschnitte des geschlossenen Seilzugs, welche unmittelbar mit den Umlenkrollen in Berührung kommen, als biegeweiches Seil ausgebildet sein müssen.

20 Durch die Merkmale von Anspruch 13 kann die ansonsten zur Verringerung der Seildehnungsprobleme sehr hohe Seilspannung im geschlossenen Seilzug verringert werden, wodurch die Gefahr eines Seilrisses herabgesetzt wird und die Lager der Umlenkrollen entlastet werden.

30 Wenn die beiden Umlenkrollen identische Durchmesser aufweisen, wird die Bewegung des ersten Stativarms relativ zu einem Stativbasisteil im selben Masse auf die Bewegung des zweiten Stativarms umgesetzt. Dadurch kann bei einer gegenüber dem Stativbasisteil festgelegten ersten Umlenkrolle die Ausrichtung der zweiten Umlenkrolle und damit des zweiten Stativarms zu dem Stativbasisteil selbst bei einer Verschwenkung des ersten Stativarms unverändert bleiben.

40 Bei einer vorteilhaften Ausführungsform begrenzt die Länge der zwischen den biegesteifen Stangenabschnitten liegenden biegeweichen Seilabschnitte den Schwenkbereich der Stativarme. Durch diese Massnahme sind die für Restseildehnungseffekte verantwortlichen biegeweichen Seilabschnitte so kurz als möglich.

45 In besonders einfacher Weise kann die Vorspannung der biegeweichen Seilabschnitte eingestellt werden, wenn ein Stangenabschnitt mit einem biegeweichen Seilabschnitt über eine koaxiale Gewindeverbindung verbunden ist. Wenn der Stangenabschnitt dabei an jedem seiner Enden eine derartige Gewindeverbindung aufweist und die beiden Gewindeverbindungen entgegengesetzten Drehsinn haben, kann der geschlossene Seilzug durch einfaches Drehen des entsprechenden Stangenabschnitts gespannt werden.

60 Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe auch durch die Merkmale in Anspruch 19 gelöst.

65 Denn durch eine als Linearschlitten/Schwenkein-

heit ausgebildete Verstellvorrichtung kann die Verstellvorrichtung kompakter, z.B. ohne verstellbereichbegrenzenden Rahmen, und damit das Stativ insgesamt leichter ausgebildet sein, wodurch seine Ausbalancierung und damit der Gewichtsausgleich erleichtert wird.

In vorteilhafter Weise kann die Linearschlitten/Schwenkeinheit ein Basisteil, einen an dem Basisteil mittels einer Schraubspindel verschiebbaren Linearschlitten und ein an dem Linearschlitten angeordnetes und relativ zum Linearschlitten um eine Schwenkachse verschwenkbares Schwenkelement aufweisen, an welchem das Gerät befestigbar ist.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist dabei die Drehachse der Schraubspindel orthogonal zur Schwenkachse des Schwenkelements und schneidet diese. Dadurch ist die Verstellkinematik der Linearschlitten/Schwenkeinheit für den Benutzer des Stativs besonders übersichtlich.

Mit der Linearschlitten/Schwenkeinheit kann der Schwerpunkt des Geräts besonders rasch und gezielt in eine Drehachse des Stativs gebracht werden, wenn die Linearschlitten/Schwenkeinheit an dem Halterungsarm um diese Drehachse drehbar angeordnet ist und die Schwenkachse parallel zu dieser Drehachse ist.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist das Schwenkelement über ein Schneckenradgetriebe verschwenkbar, wobei der Benutzer dieses Schneckenradgetriebe über einen Drehknopf manuell betätigen kann. Dadurch kann der Benutzer des Stativs die Richtung, in welcher das Schwenkelement im Sinne des Gewichtsausgleichs bzw. der Ausbalancierung zu verschwenken ist, unmittelbar am Drehknopf durch das Drehmoment spüren, welches das am Schwenkelement befestigte Gerät erzeugt.

Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe auch durch die Merkmale in Anspruch 25 gelöst.

Denn durch die erfindungsgemässe Verringerung der Federkonstanten und/oder des Vertikalabstands gegenüber ihrem jeweiligen theoretischen unkorrigierten Werten kann der durch den endlichen Umlenkradius bedingte Gewichtsausgleichsfehler in einem weiten Schwenkbereich minimiert werden. Dabei haben Versuche der Anmelderin ergeben, dass mit geeigneten Werten von Federkonstante c und Vertikalabstand r der Gewichtsausgleichsfehler über einen Schwenkbereich von 40° kleiner als 1% gehalten werden kann, während der Fehler bei unkorrigiertem Vertikalabstand r und unkorrigierter Federkonstante c' im angegebenen Schwenkbereich von 40° zwischen minus 4% (Drehmoment auf dem Schwenkarm ist unterkompensiert) und plus 7% (Drehmoment auf dem Schwenkarm ist überkompensiert) betrug.

Wenn die Gewichtsausgleichsfeder eine als Zugfeder geschaltete Druckfeder ist, kann ein Bruch der Gewichtsausgleichsfeder nicht zu einer unkontrollierten Abwärtsbewegung des Schwenkarms führen.

Bei einer Ausführungsform umfasst die Umlenkeinrichtung eine Seilrolle, wobei ein über die Seilrolle laufender Seilzug die Gewichtsausgleichskraft

von der Gewichtsausgleichsfeder auf den Schwenkarm überträgt. Diese Ausführungsform kombiniert die Massnahmen zur Gewichtsausgleichsfehler-Korrektur mit einer besonders reibungsarmen Umlenkeinrichtung.

Wenn der Seilzug zwischen der Gewichtsausgleichsfeder und der Seilrolle einen vertikalen Seilzugabschnitt umfasst und die von dem vertikalen Seilzugabschnitt definierte Vertikaltangente der Seilrolle die Schwenkachse schneidet, ist die Umlenkrolle bezüglich der Schwenkachse und bezüglich der Richtung der Gewichtsausgleichskraft in einer Art und Weise angeordnet, welche die Fehlerkorrektur durch Verringerung der Federkonstanten und/oder des Vertikalabstands besonders wirkungsvoll macht.

Dabei kann der Schwenkarm auch über die Vertikallage hinaus in zwei Richtungen verschwenkt werden, wenn die Umlenkeinrichtung eine weitere im gleichen Vertikalabstand r von der Schwenkachse angeordnete Seilrolle umfasst.

Versuche der Anmelderin haben ergeben, dass eine besonders günstige Fehlerkorrektur mit einer zum Radius der Seilrolle proportionalen Differenz zwischen den Vertikalabstand r und seinem unkorrigiertem Wert r' erreicht werden kann.

Als besonders günstig hat es sich erwiesen, wenn die Differenz zwischen dem Vertikalabstand r und seinem unkorrigierten Wert r das 0,35- bis 0,45fache, vorzugsweise das 0,4fache, des Radius der Seilrolle ist und die Federkonstanten c das 0,75- bis 0,85fache, vorzugsweise das 0,8fache, der unkorrigierten Federkonstante c' ist.

Die im Folgenden beschriebenen Stative sind im Hinblick auf den Gewichtsausgleich in ihrer Gesamtheit vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung. Das Zusammenwirken der Energiespeicheranordnung mit den übrigen Komponenten, insbesondere Ausgleichsgewichten, Gelenkparallelogrammen, Seilparallelogramm, der Linearschlitten/Schwenkeinheit, etc., dieser Stative ist ein besonders vorteilhafter Aspekt der Erfindung.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen und der beigefügten Zeichnungen erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines erfindungsgemässen Stativs;

Fig. 2 eine in Richtung des Pfeils II von Fig. 1 gesehene, teilweise geschnittene Detailansicht des Stativs;

Fig. 3 eine in Richtung des Pfeils III von Fig. 2 gesehene, teilweise geschnittene Detailansicht des Stativs;

Fig. 4 eine Fig. 1 entsprechende Detailansicht des geräteseitigen Stativabschnitts;

Fig. 4a eine Detailansicht von Fig. 4;

Fig. 4b eine Fig. 4a entsprechende Detailansicht einer Abwandlung der in den Fig. 4 und 4a gezeigten Ausführungsform;

Fig. 5 eine in Richtung der Pfeile V von Fig. 4 gesehene, entlang der Linie V-V von Fig. 4 verlaufende Schnittdarstellung, welche einen Energiespeicher des Stativs zeigt;

Fig. 6 eine Fig. 5 entsprechende Schnittdarstellung.

lung, welche den Energiespeicher von Fig. 5 in einer anderen Stellung des Stativs zeigt;

Fig. 7 eine in Richtung des Pfeils VII von Fig. 5 gesehene, entlang der Linie VII-VII von Fig. 5 verlaufende Schnittdarstellung des Energiespeichers;

Fig. 8 eine in Richtung des Pfeils VIII von Fig. 4 gesehene Seitenansicht, welche eine Linearschlitten/Schwenkeinheit im Detail zeigt;

Fig. 9 eine in Richtung des Pfeils IX von Fig. 4 gesehene, entlang der Linie IX-IX von Fig. 4 verlaufende Schnittdarstellung der Linearschlitten/Schwenkeinheit von Fig. 4 bzw. 9;

Fig. 10 eine in Richtung des Pfeils X von Fig. 9 gesehene Seitenansicht der Linearschlitten/Schwenkeinheit mit aus der Vertikalen verschwenktem Schwenkelement;

Fig. 11 eine schematische Seitenansicht eines weiteren erfindungsgemässen Stativs; und

Fig. 12 eine Fig. 11 entsprechende Detailansicht des den Energiespeicher 245 umfassenden Stativabschnitts.

In Fig. 1 ist eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Stativs schematisch in einer Seitenansicht dargestellt. Das mit 1 bezeichnete Stativ trägt als Gerät ein Operationsmikroskop 3, welches frei bewegbar sein soll.

Das Stativ 1 umfasst ein Basisteil 7, welches auf einem mittels Rollen 4 verschiebbaren Fussteil 5 um eine vertikale Drehachse A1 drehbar gelagert ist. An dem Basisteil 7 ist ein Schwenkarm 9 angelenkt, welcher um eine orthogonal zur Zeichenebene von Fig. 1 verlaufende Schwenkachse A2 schwenkbar ist.

An dem oberen Ende des Schwenkarms 9 ist ein Tragarm 11 angelenkt, welcher relativ zum Schwenkarm 9 um eine zur Schwenkachse A2 parallele Drehachse A3 schwenkbar ist. Ein Verbindungsstück 22 ist am geräteseitigen Ende des Tragarms 11 um eine zur Drehachse A3 parallele Drehachse A3' derart angelenkt, dass das Verbindungsstück 22, wie im Weiteren dargelegt, seine Ausrichtung stets beibehält. Ferner ist zwischen dem Verbindungsstück 22 und einem Geräteam 13 ein einachsiges Drehgelenk 24 angeordnet, welches die Drehbarkeit des Geräteam 13 um eine Drehachse A6 erlaubt.

Am geräteseitigen Ende des Geräteam 13 ist ein Halterungsarm 15 um eine Drehachse A5 verschwenkbar angelenkt. Die Drehachse A5 liegt in der Zeichenebene von Fig. 1 und muss sich mit der stets vertikalen Drehachse A6 im Allgemeinen nicht schneiden. Der Geräteam 13 ist aus Platzgründen abgelenkt und weist an seinem halterungsarmseitigen Ende ein Drehgelenk 14 auf, welches die Drehung des Halterungsarms 15 um die Drehachse A5 ermöglicht.

An dem geräteseitigen Ende des Halterungsarms 15 ist über eine Verstellvorrichtung 16 das Operationsmikroskop 3 um die Drehachse A4 verschwenkbar angebracht. Die Drehachse A4 verläuft in der Stellung des Stativs 1 gemäss Fig. 1 orthogonal zur Zeichenebene von Fig. 1, wobei der Halterungsarm 15 derart ausgebildet ist, dass sich die Drehachsen A4 und A5 orthogonal schneiden.

Die freie Bewegbarkeit des Operationsmikroskops

3 bedeutet, dass bei einer Bewegung des Operationsmikroskops 3 allenfalls Trägheitsmomente und/oder Lagerreibungen, nicht jedoch Gewichtskräfte bzw. Gewichtsdrehmomente überwunden werden müssen, d.h. das Stativ 1 muss sich bezüglich jeder seiner Dreh- bzw. Schwenkachsen in einem indifferenten Gleichgewicht befinden. Dies ist erfüllt, wenn der Schwerpunkt der zu verschwenkenden Massen auf der jeweiligen Schwenkachse liegt, d.h. dann, wenn das Stativ um diese Schwenkachse ausbalanciert ist.

Bei nicht auf der Schwenkachse liegendem Massenschwerpunkt kann als Alternative ein Energiespeicher vorgesehen werden, welcher die bei einer Verschwenkung um die jeweilige Schwenkachse durch eine Änderung der Höhenlage der bewegten Masse im Schwerfeld der Erde frei werdende bzw. aufzubringende Gravitationsenergie speichert bzw. liefert und dadurch das Drehmoment des Schwerpunkts um die Schwenkachse ausgleicht.

Das Stativ 1 macht, wie es im Folgenden beschrieben wird, von beiden Möglichkeiten Gebrauch, wobei der Schwenkachse A2 und der Drehachse A5 jeweils ein Energiespeicher zugeordnet ist und wobei das Stativ 1 um die Drehachsen A3 und A4 auszubalancieren ist. Bei den Drehachsen A1 und A6 ist es nicht notwendig, den Schwerpunkt der jeweiligen bewegten Massen in die Drehachsen selbst zu legen, da bei einer Drehung um die stets vertikal ausgerichteten Drehachsen A1 und A6 Gravitationsenergie weder frei wird, noch aufgewendet werden muss.

Zunächst wird der Gewichtsausgleich des Stativs 1 um die Drehachse A3 beschrieben.

Mittels eines einachsigen Drehgelenks 33 ist ein zum Schwenkarm 9 paralleler Parallelogrammarm 35 an dem gerätefernen Ende des Tragarms 11 angelenkt. Ferner ist eine Verbindungsstange 37 über ein einachsiges Drehgelenk 39 am tragarmfernen Ende des Schwenkarms 9 und über ein einachsiges Drehgelenk 41 am tragarmfernen Ende des Parallelogrammarms 35 angelenkt. Dabei sind die Drehachsen der Gelenke 33, 39 und 41 parallel zur Drehachse A3 und es ist sowohl der Abstand zwischen der Drehachse A3 und der Drehachse des Gelenks 33 gleich dem Abstand zwischen den Drehachsen der Gelenke 39 und 41 als auch der Abstand zwischen der Drehachse A3 und der Drehachse des Gelenks 39 gleich dem Abstand zwischen den Drehachsen der Gelenke 33 und 41. Schwenkarm 9, Parallelogrammarm 35, Tragarm 11 und Verbindungsstange 37 bilden also ein Gelenkparallelogramm.

Auf der Verbindungsstange 37 bzw. dem Parallelogrammarm 35 ist jeweils ein Ausgleichsgewicht 43 bzw. 44 verschiebbar angeordnet, um das Stativ 1 bezüglich seiner Drehachse A3 auszubalancieren.

Dazu ist es lediglich notwendig, das verschiebbare Ausgleichsgewicht 43 bzw. 44 so zu dimensionieren bzw. anzuordnen, dass das Gelenkparallelogramm wie in Fig. 1 dargestellt stabil und offen ist, d.h. eine von null verschiedene Fläche einschliesst. Dann ist das Stativ 1 bezüglich der Drehachse A3 in dem gewünschten indifferenten Gleichgewicht.

Bei einer Gewichtsveränderung des Operationsmikroskops 3, z.B. infolge des Einsatzes von Operationsmikroskopzubehör, kann die Ausbalancierung bezüglich der Drehachse A3 durch entsprechendes Verschieben der Ausgleichsgewichte 43 und 44 wieder hergestellt werden.

Im Folgenden wird der Gewichtsausgleich des Stativs 1 um die Schwenkachse A2 erläutert.

Aufgrund der Ausgleichsgewichte 43 und 44 sowie des Weiteren Gelenkparallelogramms wirken die Massen von Operationsmikroskop 3, Halterungsarm 15, Gerätearm 13 und Tragarm 11 bezüglich der Schwenkachse A2 und des Schwenkarms 9 so, als ob auf dem Schwenkarm 9 oder in Verlängerung des Schwenkarms 9 eine verringerte «effektive Masse» sässe.

Zum Ausgleich des durch die verringerte «effektive Masse» auf den Schwenkarm 9 um die Schwenkachse A2 ausgeübten Restdrehmoments, d.h. zum Gewichtsausgleich um die Schwenkachse A2, ist der Energiespeicher 45 vorgesehen. Der Energiespeicher 45 ist bei 47 an dem Schwenkarm 9 und bei 49 an dem Basisteil 7 des Stativs 1 angelenkt. Die bei einer Verschwenkung des Schwenkarms 9 um die Schwenkachse A2 durch die Änderung der Höhenlage der «effektiven Masse» im Schwerfeld der Erde frei werdende bzw. aufzubringende Energie wird vom Energiespeicher 45 gespeichert bzw. geliefert.

Durch den Energiespeicher 45 kann also die Masse der Ausgleichsgewichte 43 und 44 relativ gering gehalten werden bzw. auf weitere Ausgleichsgewichte verzichtet werden, da die Ausgleichsgewichte 43 und 44 das gewünschte indifferente Gleichgewicht nur bezüglich der Drehachse A3 herstellen müssen und da hierzu durch die relativ grosse Entfernung der Ausgleichsgewichte 43 und 44 von der Drehachse A3 günstige Hebelverhältnisse vorliegen. Aufgrund des Energiespeichers 45 können also die bei einer Verlagerung des Operationsmikroskops 3 zu überwindenden Trägheitskräfte relativ gering sein.

Die prinzipielle Funktionsweise eines derartigen Energiespeichers ist in dem Aufsatz «Gewichtsausgleich an feinmechanischen Geräten» von H. Hilpert in Heft 2/1965 der Zeitschrift FEINGERÄTETECHNIK, 14. Jg., erläutert. Im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Stativ sind insbesondere die in Bild 6 und in Bild 7 dieses Aufsatzes dargestellten Energiespeicher-Anordnungen von Interesse.

Der Energiespeicher 45 übt eine bei 47 auf den Schwenkarm 9 einwirkende Kraft in Richtung auf den Widerlagerpunkt 49 aus, welche dem durch die «effektive Masse» auf den Schwenkarm 9 um die Schwenkachse A2 ausgeübten Drehmoment entgegenwirkt, um den Schwenkarm 9 und damit das gesamte Stativ bezüglich der Schwenkachse A2 in einem indifferenten Gleichgewicht zu halten.

Durch ein derartiges indifferentes Gleichgewicht kann das Operationsmikroskop 3 an jeder Stelle des durch die Beweglichkeit um die Schwenkachse A2 zugänglichen Arbeitsraums kräftefrei positioniert werden. Dabei ist dann jeder Punkt eines möglichen Verschiebungswegs des Operationsmikroskops 3 ein Gleichgewichtspunkt, in welchem die auf das Operationsmikroskop 3 einwirkende resultieren-

de Kraft verschwindet. Bei einer Verlagerung des Operationsmikroskops 3 müssen dann allenfalls die durch die zu bewegendenden Massen bedingten Trägheitskräfte überwunden werden.

Wie es aus dem bereits zitierten Aufsatz «Gewichtsausgleich an feinmechanischen Geräten» hervorgeht, ist es für das Gleichgewicht um die Schwenkachse A2 erforderlich, dass die Schwenkachse A2 und der Widerlagerpunkt 49 vertikal über bzw. untereinander liegen, d.h., durch die Schwenkachse A2 und den Widerlagerpunkt 49 muss eine Vertikalebene 50 definiert sein.

Die in dem genannten Zeitschriftenartikel offenbarten Energiespeicher-Anordnungen erfüllen diese Vertikalitätsebenen-Bedingung jedoch nur für eine einzige Schwenkstellung des entsprechenden Schwenkarms, wobei der Widerlagerpunkt im übrigen Schwenkbereich aus der Vertikalebene auswandert und dadurch zu einem schwenkwinkelabhängigen Restdrehmoment auf den Schwenkarm führt. Im Gegensatz zu diesen bekannten Stativen bleibt der Widerlagerpunkt 49 des erfindungsgemässen Stativs bei einer Verschwenkung des Schwenkarms 9 bezüglich des Basisteils 7 raumfest und bildet deshalb mit der Schwenkachse A2 stets die Vertikalebene 50. Das erfindungsgemässe Stativ ist also in jeder Stellung des Schwenkarms 9 exakt im Gleichgewicht.

Fig. 2 zeigt den Energiespeicher 45 in einer in Richtung des Pfeils II von Fig. 1 gesehenen, teilweise geschnittenen Detailansicht bei einer Stellung des Stativs 1 mit vertikalem Schwenkarm 9.

Der Energiespeicher 45 umfasst ein zylindrisches Gehäuse 53, welches um eine zur Schwenkachse A2 parallele Drehachse 57 drehbar angeordnet ist. Dazu greifen zwei Achszapfen 55 in fest mit dem Stativbasisteil 7 verbundene Halterungswangen 59 ein. In das zylindrische Gehäuse 53 ragt eine Zugstange 61, an deren kolbenartig ausgebildetem Ende 63 sich eine Druckfeder 65 mit ihrem einen Ende abstützt. Mit ihrem anderen Ende stützt sich die Druckfeder 65 an der kolbenförmigen Stirnfläche 67 des zylindrischen Gehäuses 53 ab.

Die Zugstange 61 ist ausserhalb des zylindrischen Gehäuses 53 mit einer Querstange 69 verbunden. Die Querstange 69 ist an der Zugstange 61 über ein Drehlager 71 und an dem Schwenkarm 9 über ein Drehlager 73 bzw. die in Fig. 1 lediglich schematisch dargestellte Anlenkung 47 angelenkt. Der Widerlagerpunkt 49 befindet sich also im Schnittpunkt der Drehachse 57 des Energiespeichergehäuses 53 mit der Ebene des den Schwenkarm 9 und den Parallelogrammarm 35 umfassenden Gelenkparallelogramms.

In Fig. 2 ist ferner ein Schwenklager 77 zu erkennen, über welches der Schwenkarm 9 an einem Achszapfen 79 des Stativbasisteils 7 um die Schwenkachse A2 schwenkbar gelagert ist.

Die Wirkungsweise des Energiespeichers 45 ist anhand von Fig. 3 zu erkennen. Fig. 3 ist eine Seitenansicht der Detaildarstellung von Fig. 2 in Richtung des Pfeils III von Fig. 2, wobei der Energiespeicher 45 geschnitten dargestellt ist. Dabei unterscheidet sich die in Fig. 3 dargestellte Situation jedoch insofern von Fig. 2, als der Schwenkarm 9

in Fig. 2 vertikal ausgerichtet ist und in Fig. 3 aus seiner Vertikalstellung in eine Schrägstellung geschwenkt ist.

In der in Fig. 2 dargestellten Stellung des Schwenkarms 9 wirkt auf den Schwenkarm 9 kein Drehmoment ein, da der Schwerpunkt der auf den Schwenkarm 9 lastenden «effektiven Masse» genau vertikal über der Schwenkachse A2 liegt. Deshalb nimmt die Druckfeder 65 in der Stativstellung gemäß Fig. 2 den gesamte Raum innerhalb des Energiespeichergehäuses 53 ein.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Stellung des Schwenkarms 9 führt die «effektive Masse» zu einem Drehmoment, welches den Schwenkarm 9 um die Schwenkachse A2 entgegen der Uhrzeigerichtung zu verdrehen versucht. In dieser Stellung gemäß Fig. 3 ist aber auch die Zugstange 61 gegenüber ihrer Position gemäß Fig. 2 aus dem Energiespeichergehäuse 53 unter Komprimierung der Druckfeder 65 herausgezogen. Dem Drehmoment der «effektiven Masse» wirkt also die durch die Komprimierung der Druckfeder 65 erzeugte Federkraft entgegen und hält den Schwenkarm 9 im Gleichgewicht.

Die Federkraft greift im Bereich der Anlenkung 47 am Schwenkarm 9 an und ist auf den Widerlagerpunkt 49 gerichtet, welcher auf der Drehachse 57 des Energiespeichergehäuses 53 liegt, da die in Fig. 3 gestrichelt dargestellte Längsachse 61a der Zugstange 61 die Drehachse 57 schneidet und die Richtung der auf den Schwenkarm 9 ausgeübten Federkraft parallel zur Zugstangenlängsachse 61a ist. Dabei ist aufgrund der Kraftübertragung mittels der in Fig. 2 dargestellten Querstange 69 die Verbindungslinie zwischen dem Kraftangriffspunkt im Bereich der Anlenkung 47 und dem Widerlagerpunkt 49 parallel zur Zugstange 61.

Da der Widerlagerpunkt 49 auf der Drehachse 57 des Energiespeichergehäuses 53 liegt und die Drehachse 57 bei einer Schwenkbewegung des Schwenkarms 9 um die Drehachse A2 raumfest bleibt, ist die in den Fig. 1 und 3 gestrichelt dargestellte, den Widerlagerpunkt 49 und die Schwenkachse A2 enthaltende Ebene 50 immer vertikal.

Aus dem genannten Aufsatz von H. Hilpert kann für jeden gegebenen Anwendungsfall die Federkonstante der Druckfeder 65 auf die spezielle Stativkonfiguration und insbesondere auf den konkret gewählten Kraftangriffspunkt 47 am Schwenkarm 9 angepasst werden. Siehe dazu insbesondere die Formeln (15) und (22) auf den Seiten 62 und 63 in dem genannten Aufsatz.

Für den Gewichtsausgleich um die Drehachse A5 ist im Geräteam 13 ein weiterer Energiespeicher 95 vorgesehen, welcher in Fig. 5 dargestellt ist und ebenfalls nach dem in dem Aufsatz von H. Hilpert dargelegten Prinzip arbeitet und ebenfalls die Nachteile der in diesem Aufsatz beschriebenen Energiespeicher vermeidet. Vom Energiespeicher 95 ist in Fig. 4 lediglich ein Einstellelement zu sehen, welches in Fig. 5 mit 97 bezeichnet ist.

Aufbau und Funktionsweise dieses weiteren Energiespeichers 95 werden anhand der Fig. 5, 6 und 7 erläutert.

Fig. 5 ist eine Schnittansicht eines Teils des im

Gerätearm 13 angeordneten Energiespeichers 95, gesehen in Richtung der Pfeile V von Fig. 4. Deshalb ist die Drehachse A5 relativ zur Zeichenebene von Fig. 5 orthogonal.

Fig. 6 ist eine Fig. 5 entsprechende Schnittansicht und zeigt den Energiespeicher 95 in einer anderen Drehstellung des Halterungsarms 15 um die Drehachse A5.

Ein parallel zur Drehachse A4 angeordneter Hebelarm 99 ist mit dem Halterungsarm 15 fest verbundenen und ist deshalb zusammen mit dem Halterungsarm 15 um die Drehachse A5 verschwenkbar, wobei der Hebelarm 99 orthogonal zur Drehachse A5 ist und diese schneidet.

Da, wie es im Folgenden erläutert wird, der Schwerpunkt des Operationsmikroskops 3 auf der Drehachse A4 liegt und sich die Drehachsen A4 und A5 orthogonal schneiden, wirkt das vom Operationsmikroskop 3 auf den Halterungsarm 15 ausgeübte Drehmoment so, als ob das Operationsmikroskop 3 auf dem Hebelarm 99 oder in Verlängerung des Hebelarms 99 angeordnet wäre, wobei der Abstand zwischen dem Schnittpunkt der Drehachsen A4 und A5 und dem Schwerpunkt des Operationsmikroskops 3 mit der Hebellänge 1 aus dem genannten Aufsatz von H. Hilpert gleichzusetzen ist.

Deshalb kann das Stativ 1 bezüglich des vom Operationsmikroskop 3 um die Drehachse A5 ausgeübten Drehmoments durch den am Hebelarm 99 angreifenden Energiespeicher 95 ausbalanciert werden.

Dazu ist zwischen dem Hebelarm 99 und einem im Inneren des zylindrischen Geräteams 13 verschiebbar aufgenommenen Kolben 101 ein Seil 103 gespannt, welches von einer Seilrolle 105 aus der Längsachse des Geräteams 13 zu einem Angriffspunkt 107 am Hebelarm 99 umgelenkt wird. Zwischen dem Kolben 101 und einem halterungsarmseitigen Ringanschlag 109 im Inneren des Geräteams 13 stützt sich eine schraubenförmige Druckfeder 111 ab.

Die Druckfeder 111 wird bei einer Verschwenkung des Halterungsarms 15 um die Drehachse A5 in die Stellung gemäß Fig. 6 komprimiert, da durch die an die Verschwenkung des Halterungsarms 15 gekoppelte Drehung des Hebelarms 99 um die Drehachse A5 der Kolben 101 über das Seil zur Drehachse A5 hin gezogen wird. Die dadurch auf den Hebel 99 und damit den Halterungsarm 15 ausgeübte Federkraft greift im Angriffspunkt 107 an und ist auf einen Widerlagerpunkt 113 am Umfang der Seilrolle 105 gerichtet. Diese Federkraft soll das von den Massen des Halterungsarms 15, der Verstellvorrichtung 16 und des Operationsmikroskops 3 auf den Halterungsarm 15 um die Drehachse A5 ausgeübte Drehmoment kompensieren und bezüglich der Drehung um die Drehachse A5 ein indifferentes Gleichgewicht herstellen.

Die Seilrolle 105 ist wippenartig derart gelagert, dass sie sich frei um den Widerlagerpunkt 113 drehen kann, wobei die mit einem Verschwenken des Halterungsarms 15 einhergehende Lageänderung des Mittelpunkts 115 der Seilrolle 105 durch den Doppelpfeil 117 angedeutet ist. Dadurch bleibt der Widerlagerpunkt 113 auch bei einer Verschwenkung

des Halterungsarms 15 bzw. des Hebelarms 99 um die Drehachse A5 raumfest.

Da die Zeichenebene von Fig. 4 eine Vertikalebene ist und sowohl die Drehachse A5 als auch die Längsachse des Gerätearms 13 enthält und der Widerlagerpunkt 113 auf dieser Längsachse des Gerätearms 13 angeordnet ist, definiert der Widerlagerpunkt 113 zusammen mit der Schwenkachse A5 des Halterungsarms 15 eine Vertikalebene. Die Längsachse des Halterungsarms 13 ist in Fig. 4 durch die Verbindungslinie der Pfeilspitzen der beiden Pfeile V festgelegt.

Aufgrund der erläuterten wippenartigen Lagerung der Seilrolle 105 im Widerlagerpunkt 113 ist gewährleistet, dass der Mittelpunkt 115 der Seilrolle 105 bei einer Verschwenkung des Halterungsarms 15 derart ausgelenkt wird, dass der Widerlagerpunkt 113 raumfest bleibt und die durch den Widerlagerpunkt 113 und die Schwenkachse A5 definierte Ebene stets eine Vertikalebene ist.

Damit ist, wie es bereits im Zusammenhang mit dem Energiespeicher 45 beschrieben wurde, der Halterungsarm 15 in jeder seiner Schwenkstellungen im indifferenten Gleichgewicht, falls sich der Schwerpunkt der Massen des Halterungsarms 15, der Verstellvorrichtung 16 und des Operationsmikroskops 3 auf der zum Hebelarm 99 parallelen Drehachse A4 befindet.

Um auch beim Anbringen von Zusatzkomponenten am Operationsmikroskop 3 ein Gleichgewicht um die Drehachse A5 zu erhalten, ist der Angriffspunkt 107 des Seils 103 entlang des Hebelarms 99 verschiebbar. Damit ist die im Aufsatz von H. Hilpert prinzipiell in Bild 7 dargestellte Energiespeicher-Anordnung verwirklicht.

Zu diesem Zweck ist der Angriffspunkt 107 an einem Gleitstück 121 angeordnet, welches in einer die Drehachse A5 orthogonal schneidenden Längsnut 119 des Hebelarms 99 verschiebbar geführt ist. Das Gleitstück 121 greift mit einem Zapfen 123 in eine Spiralnut 125 einer mit dem Hebelarm 99 um die Drehachse A5 verschwenkbaren archimedischen Spirale 127 ein. Die archimedische Spirale 127 liegt in einer zum Hebelarm 99 und zur Drehachse A5 parallelen Ebene. Durch den fest mit der archimedischen Spirale 127 verbundenen Drehknopf 97 kann die archimedische Spirale 127 relativ zum Hebelarm 99 um eine die Drehachse A5 orthogonal schneidende Drehachse 98 gedreht werden und damit der Abstand des entlang des Hebelarms 99 geführten Federkraftangriffspunkts 107 von der Schwenkachse A5 eingestellt werden. Da die Führungsnut 125, in welche der Zapfen 123 eingreift, eine archimedische Spirale ist, ist die Abstandsänderung stets proportional zu dem Drehwinkel des Drehknopfs 97.

Anstelle der archimedischen Spirale 127 bzw. 125 kann das Gleitstück 121 aber auch mithilfe einer Schraubspindel verstellt werden, welche parallel zum Hebelarm 99 anzuordnen wäre, und vom Drehknopf 97 aus über ein Kegelradgetriebe verstellbar wäre. Der Drehknopf 97 sollte relativ zum Hebelarm 99 wie in Fig. 5 dargestellt angeordnet sein, um nicht durch Anschlag an den Enden des Schlitzes 129 im Gerätearm 13 den Schwenkbereich des Halterungsarms 15 einzuschränken.

In Fig. 7 ist die wippenartige Lagerung der Seilrolle 105 detaillierter dargestellt. Dabei ist 7 eine Schnittrichtung gesehen in Richtung der Pfeile VII von Fig. 5.

Die Seilrolle 105 ist um eine durch ihren Mittelpunkt 115 verlaufende Drehachse 137 drehbar an einem Trägerteil 131 gelagert. Das Trägerteil 131 ist mittels eines Drehlagers 133 um eine den Widerlagerpunkt 113 schneidende Drehachse 135 drehbar an dem Ringanschlag 109 des Gerätearms 13 gelagert. Dadurch ist die Seilrolle 105 um die Drehachse 135 drehbar im Widerlagerpunkt 113 wippenartig gelagert, wobei der Widerlagerpunkt 113 in der Mitte des endlichen Querschnitts des Seils 103 und auf der Drehachse 135 angeordnet ist.

Auch für den Energiespeicher 95 können aus dem genannten Aufsatz von H. Hilpert für jeden gegebenen Anwendungsfall die geeignete Federkonstante der Druckfeder 111 und die Lage des Kraftangriffspunkts 107 am Hebelarm 99 ohne weiteres bestimmt werden, siehe dazu insbesondere die Formeln (15) und (22) auf den Seiten 62 und 63 in diesem Aufsatz, wobei der Energiespeicher 95 die Möglichkeit bietet, bei einer geeignet gewählten mittleren Federkonstante den jeweiligen Gewichts- ausgleich durch Ausprobieren, d.h. durch geeignetes Verschieben des Kraftangriffspunkts 107, herzustellen.

Zu Fig. 1 zurückkommend wird im Folgenden erläutert, warum die Drehachse A6 stets vertikal ausgerichtet ist und damit auf einen der Drehachse A6 zugeordneten Energiespeicher bzw. auf eine Einjustierung/Verlagerung des Schwerpunkts der um die Drehachse A6 verschwenkten Massen auf die Drehachse A6 verzichtet werden kann.

Zentrisch zur Drehachse A3 ist am oberen Ende des Schwenkarms 9 eine fest mit einem stets horizontal ausgerichteten Horizontalarm 23 verbundene Umlenkrolle 17 gelagert. Am gerätearmseitigen Ende des Tragarms 11 ist eine weitere relativ zum Tragarm 11 drehbare Umlenkrolle 19 zentrisch um eine zur Drehachse A3 parallele Drehachse A3' gelagert, wobei ein geschlossener Seilzug 21 schlupfrei um die Umlenkrollen 17 und 19 herum verläuft. Dabei ist an der Umlenkrolle 19 das Verbindungsstück 22 drehfest angeordnet.

Der an der Umlenkrolle 17 unverdrehbar angeordnete Horizontalarm 23 ist über ein einachsiges Drehgelenk 25 mit einem Ende einer Parallelogrammstange 27 verbunden, wobei die Parallelogrammstange 27 an ihrem anderen Ende über ein einachsiges Drehgelenk 29 an dem Basisteil 7 des Stativs 1 angelenkt ist. Dabei verlaufen die Drehachsen der Gelenke 25 und 29 parallel zur Drehachse A2 bzw. A3.

Der zwischen den Drehachsen A2 und A3 gelegene Abschnitt des Schwenkarms 9 bildet zusammen mit der Parallelogrammstange 27 sowie dem Horizontalarm 23 und der gedachten und deshalb in Fig. 1 gestrichelt dargestellten Verbindungslinie 31 zwischen der Schwenkachse A2 und dem Gelenk 29 ein Gelenkparallelogramm. Es ist also der Abstand zwischen der Schwenkachse A2 und der Drehachse A3 gleich dem Abstand zwischen der

Drehachse des Drehgelenks 25 und der Drehachse des Drehgelenks 29. Ferner ist der Abstand zwischen der Schwenkachse A2 und der Drehachse des Gelenks 29 gleich dem Abstand zwischen der Drehachse A3 und der Drehachse des Gelenks 25. Da sich zudem die horizontale Lage der gestrichelt dargestellten Verbindungslinie 31 bei einer Verschwenkung des Stativs 1 um die Achsen A1 bis A6 nicht ändert, ist der Horizontalarm 23 unabhängig von der jeweiligen Stellung des Schwenkarms 9 stets horizontal ausgerichtet.

Bei einer Verschwenkung des Tragarms 11 um die Drehachse A3 oder bei einer Verschwenkung des Schwenkarms 9 um die Schwenkachse A2 drehen sich die Umlenkrollen 17 und 19 gegenüber dem Tragarm 11 stets so, dass die Orientierung der Umlenkrollen 17 und 19 relativ zur Vertikalrichtung konstant bleibt, da ja der Horizontalarm 23 fest mit der Umlenkrolle 17 verbunden ist und die Umlenkrolle 17 schlupffrei über den ein Seilparallelogramm bildenden, geschlossenen Seilzug 21 mit der Umlenkrolle 19 gekoppelt ist.

Da der Gerätearm 13 über das Verbindungsstück 22 fest mit der Umlenkrolle 19 verbunden ist, bleibt auch seine Orientierung relativ zur Vertikalrichtung immer konstant. Deshalb bleibt die Drehachse A6 selbst bei einer Verschwenkung des Schwenkarms 9 oder des Tragarms 11 stets vertikal ausgerichtet.

In Fig. 4 ist der den vorderen Abschnitt des Tragarms 11, den Gerätearm 13, den Halterungsarm 15 und das Operationsmikroskop 3 umfassende Bereich des Stativs 1 dargestellt.

In Fig. 4 ist zu erkennen, dass der geschlossene Seilzug 21 im Bereich der Umlenkrollen 17 und 19 als biegbares Seil 81 und zwischen den Rollen 17 und 19 als starrer Stangenabschnitt 83 bzw. 85 ausgebildet ist. Die Seilabschnitte 81 umgreifen die Umlenkrollen 17 und 19 schlupffrei und sind derart dimensioniert, dass über den gesamten Schwenkbereich des Tragarms 11 eine Berührung zwischen den starren Stangenabschnitten 83 und 85 und den Umlenkrollen 17 bzw. 19 vermieden wird.

Durch eine derartige Ausgestaltung des die Umlenkrollen 17 und 19 sowie den geschlossenen Seilzug 21 umfassenden Seilparallelogramms können unter Beibehaltung des Gewichtsvorteils eines Seilparallelogramms gegenüber einem Gestängeparallelogramm die durch ein Seil bedingten, hystereseartigen Seildehnungseffekte weitgehend minimiert werden. Dadurch kann das geringe Gewicht eines Seilzugs mit der hohen Steifigkeit eines Gestänges kombiniert werden. Ohne die Seilparallelogrammzugstangen 83 und 85 wäre zur Unterdrückung dieser hystereseartigen Dehnungseffekte eine sehr hohe Seilvorspannung erforderlich, welche die Lager der Umlenkrollen 17 und 19 übermässig belasten würde.

In Fig. 4 und insbesondere in dem vergrößerten Detailausschnitt gemäß Fig. 4a ist ferner zu erkennen, dass der starre Stangenabschnitt 85 an seinen beiden Enden jeweils ein Innengewinde 84 und 86 aufweist. Dabei ist das Innengewinde 84 ein Rechtsgewinde und das Innengewinde 86 ein Linksgewinde. In diese Innengewinde 84 und 86 sind entsprechende, mit den biegbaren Seilabschnitten

81 fest verbundene Madenschrauben 80 und 82 eingeschraubt. Durch Drehen des Stangenabschnitts 85 kann selbstverständlich auch die Vorspannung des geschlossenen Seilzugs verändert werden.

In Fig. 4b ist eine weitere Möglichkeit zum Verbinden des starren Stangenabschnitts mit den biegbaren Seilabschnitt dargestellt.

In dieser Ausführungsform weist der Stangenabschnitt 185 ein Aussengewinde auf, welches in eine Gewindebohrung 189 eines als Hülse ausgebildeten Endstücks 180 eingeschraubt ist. Das Verbindungsstück 180 weist an seinem stangenabgewandten Ende eine Ringschulter 191 auf, an welcher sich eine fest mit dem Seil 81 verbundene Scheibe 187 abstützt.

Bei dieser Ausführungsform kann das andere Ende des Stangenabschnitts 185 über ein gleiches Verbindungsstück oder über ein Klemmelement mit dem Seilabschnitt 81 verbunden sein.

Im Folgenden wird der Gewichtsausgleich des Stativs 1 um die Drehachse A4 erläutert.

Dazu wird mittels der zwischen den Halterungsarm 15 und das Operationsmikroskop 3 geschalteten Verstellvorrichtung 16 der Schwerpunkt des Operationsmikroskops 3 auf die Drehachse A4 gebracht und damit das Stativ 1 um die Drehachse A4 ausbalanciert.

Fig. 8 zeigt die Verstellvorrichtung 16 in einer Seitenansicht, gesehen in Richtung des Pfeils VIII von Fig. 4.

Die Verstellvorrichtung 16 ist als Linearschlitten/Schwenk-Einheit ausgebildet, welche einen Linearschlitten 139 und ein Schwenkelement 141 umfasst. Der Linearschlitten 139 ist in Richtung des Doppelpfeils 143 an einem um die Drehachse A4 verschwenkbaren Basisteil 145 der Linearschlitten/Schwenkeinheit 16 verschiebbar. Auf dem Linearschlitten 143 und deshalb mit diesem in Richtung des Doppelpfeils 143 verschiebbar ist das Schwenkelement 141 um eine Schwenkachse 147 verschwenkbar angeordnet. An dem Schwenkelement 141 ist dann das Operationsmikroskop 3 fest angeordnet. Da das Basisteil 145 am Halterungsarm 15 um die Drehachse A4 drehbar angelenkt ist, kann das Operationsmikroskop 3 zusammen mit der Linearschlitten/Schwenkeinheit 16 auch um die Drehachse A4 gedreht werden.

In Fig. 8 ist ferner ein Drehknopf 149 zum Verschieben des Linearschlittens 143 und ein weiterer Drehknopf 151 zum Verschwenken des Schwenkelements 141 um die Schwenkachse 147 zu sehen. Der Drehknopf 151 wirkt dazu auf ein auf dem Schwenkelement 141 ausgebildetes Schneckenrad 153 mit Schrägverzahnung ein.

Fig. 9 zeigt die Linearschlitten/Schwenkeinheit 16 in einer die Drehachsen A4 und 147 umfassenden Schnittdarstellung entlang der durch die Pfeile IX in Fig. 4 festgelegten Schnittlinie.

In Fig. 9 ist zu erkennen, dass mit dem Drehknopf 149 eine Schraubspindel 155 um eine in der Zeichenebene von Fig. 9 liegende Drehachse 156 verdreht werden kann. Die Schraubspindel 155 durchsetzt eine Gewindebohrung 158 des Linearschlittens 139, welcher in der Ausnehmung 157

des Basisteils 145 in Richtung des Doppelpfeils 143 aus t verschiebbar geführt ist. Durch Drehen am Drehknopf 149 kann der Linearschlitten 139 und damit das Operationsmikroskop 3 also relativ zur Fig. 9 nach oben oder nach unten bewegt werden.

An dem Linearschlitten 139 ist eine weitere Schraubspindel 159 drehbar um eine orthogonal zur Zeichenebene von Fig. 9 verlaufende Drehachse 161 angeordnet. Die weitere Schraubspindel 159 kämmt dabei mit dem Schräggewinde des Schneckenrads 153 des Schwenkelements 141. Da das Schneckenrad 153 über das Drehlager 163 relativ zum Linearschlitten 139 um die Drehachse 147 verdrehbar ist, kann das Schwenkelement 141 und damit das Operationsmikroskop 3 durch eine Drehung der Schraubspindel 159 verschwenkt werden. Eine derartige Drehung der Schraubspindel 159 wird durch den in Fig. 8 zu sehenden, fest mit der Schraubspindel 159 verbundenen Drehknopf 151 bewirkt.

In Fig. 9 ist ferner das die Drehung der Linearschlitten/Schwenkeinheit 16 um die Drehachse A4 ermöglichende Drehlager 165 zu sehen.

Fig. 10 ist eine in Richtung des Pfeils X von Fig. 9 gesehene Draufsicht auf die Linearschlitten/Schwenkeinheit 16 mit aus der Vertikalen verschwenktem Schwenkelement 141.

In Fig. 10 ist der die Schraubspindel 159 aufnehmende Abschnitt 167 des Linearschlittens 139 deutlich zu erkennen und es sind am Schwenkelement 141 ausgebildete Befestigungslöcher 169 zu erkennen, mit deren Hilfe das in Fig. 10 aus Darstellungsgründen nicht eingezeichnete Operationsmikroskop am Schwenkelement 141 befestigt ist. Die Drehachse A4 verläuft genauso wie die Drehachse 147 orthogonal zur Zeichenebene von Fig. 10. Es ist zu beachten, dass um die Drehachse 147 lediglich das Schwenkelement 141, um die Drehachse A4 jedoch die gesamte in Fig. 10 dargestellte Linearschlitten/Schwenkeinheit 16 verschwenkbar ist.

In Fig. 11 ist ein weiteres erfindungsgemässes Stativ 201 schematisch in einer Seitenansicht dargestellt. Die Elemente des Stativs 201, welche den Elementen des Stativs 1 der Fig. 1 bis 10 entsprechen, tragen die gleichen Bezugszeichen wie in den Fig. 1 bis 10. Zu ihrer Erläuterung wird auf die Beschreibung der Fig. 1 bis 10 verwiesen.

Im Folgenden wird der Gewichtsausgleich des Stativs 201 um die Schwenkachse A2 erläutert.

Zum Ausgleich des durch die verringerte «effektive Masse» auf den Schwenkarm 9 um die Schwenkachse A2 ausgeübten Restdrehmoments, d.h. zum Gewichtsausgleich um die Schwenkachse A2, ist der Energiespeicher 245 vorgesehen, welcher in einer dem Energiespeicher 45 analogen Weise wirkt.

Der Energiespeicher 245 umfasst eine Gewichtsausgleichsfeder 246, welche mittels eines Seilzugs 248 eine Gewichtsausgleichskraft auf den Schwenkarm 9 in einem Angriffspunkt 47 ausübt. Dabei wird der Seilzug 248 über eine Umlenkeinrichtung 249 aus einer die Schwenkachse A2 enthaltenden Vertikalebene 50 zu dem Angriffspunkt 47 umgelenkt.

Fig. 12 zeigt den Energiespeicher 245 im Detail.

Es ist zu erkennen, dass die den an die Gewichtsausgleichsfeder 246 gekoppelten Seilzug 248 zu dem Angriffspunkt 47 umlenkende Umlenkeinrichtung 249 eine erste Seilrolle 251 und eine zweite Seilrolle 253 umfasst, welche an einem Abschnitt 255 des Basisteils 7 um zur Schwenkachse A2 parallele Drehachsen drehbar angeordnet sind.

Die Gewichtsausgleichsfeder 246 ist in einem Gehäuse 257 angeordnet und stützt sich zwischen einer Gehäusestirnwand 259 und einer in dem Gehäuse bewegbaren Scheibe 261 ab. Der Seilzug 248 ist an der Scheibe 261 befestigt, durchtritt die Stirnwand 259 und wird von einer Umlenkrolle 263 zu den Seilrollen 251 und 253 umgelenkt. Dabei verläuft der zwischen der Umlenkrolle 263 und dem Berührungspunkt 265 der beiden Seilrollen 251 und 253 liegende Abschnitt des Seilzugs 248 in der die Schwenkachse A2 enthaltenden Vertikalebene 50.

Gemäss dem Aufsatz von H. Hilpert ist das Stativ bezüglich des auf den Schwenkarm in einer Lastentfernung 1 von der Schwenkachse A2 einwirkende Gewicht G ausgeglichen, wenn

$$c' \cdot r' \cdot L = G \cdot 1,$$

wobei c' die Federkonstante der Gewichtsausgleichsfeder, r' der Vertikalabstand der Umlenkeinrichtung von der Schwenkachse und L der Abstand des Angriffspunkts von der Schwenkachse ist.

Diese Bedingung gewährleistet jedoch nur dann einen exakten Gewichtsausgleich, wenn der Seilzug zwischen dem Berührungspunkt 265 und dem Angriffspunkt 47 entlang einer Geraden verlaufen würde. Der endliche Radius der Seilrolle 251 bzw. 253 jedoch führt dazu, dass der Seilzug 248 zwischen dem Berührungspunkt 265 und dem Angriffspunkt 47 einen auf dem Umfang der Seilrolle 251 (bzw. der Seilrolle 253 bei nach links verschwenktem Schwenkarm 9) verlaufenden Bogenabschnitt umfasst.

Um bei einer Umlenkeinrichtung mit endlichen Umlenkradius dennoch einen weitestgehend exakten Gewichtsausgleich erreichen zu können, gilt erfindungsgemäss:

$$c \cdot r < (G \cdot 1) / L$$

wobei c die Federkonstante der Feder 246 ist und der Vertikalabstand r die Entfernung zwischen dem Berührungspunkt 265 und der Schwenkachse A2 ist.

Diese im Hinblick auf den endlichen Umlenkradius korrigierten Werte c und r werden erfindungsgemäss ausgehend von c' und vorgegebenem r' derart bestimmt, dass die Differenz zwischen r und r' das 0,4fache des Radius der Seilrolle 251 ist und die Federkonstante c das 0,8fache von c' ist.

Patentansprüche

1. Stativ (1) für ein bewegbar anzuordnendes Gerät (3), umfassend
 - einen ersten Stativteil (7; 13),
 - einen relativ zum ersten Stativteil (7; 13) bewegbaren zweiten Stativteil (9, 11; 15, 16) mit ei-

nem an dem ersten Stativteil (7; 13) angelenkten, um eine Schwenkachse (A2; A5) schwenkbaren Schwenkarm (9; 15)

– und einen Energiespeicher (45; 95), welcher auf einen festen Angriffspunkt (47; 107) am Schwenkarm (9; 15) eine auf einen Widerlagerpunkt (49; 113) am ersten Stativteil (7; 13) gerichtete Kraft, ausübt, dadurch gekennzeichnet dass die Schwenkachse (A2; A5) und der Widerlagerpunkt (49; 113) eine Vertikalebene (50; Fig. 4) definieren und dass der Widerlagerpunkt (49; 113) bei einer Verschwenkung des Schwenkarms (9; 15) raumfest relativ zum ersten Stativteil (7; 13) ist.

2. Stativ (1) nach Anspruch 1, wobei der Energiespeicher (45; 95) eine als Zugfeder geschaltete Druckfeder (65; 111) umfasst.

3. Stativ (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Energiespeicher (95) über ein am Angriffspunkt (107) angelenktes Seil (103) auf den zweiten Stativteil (15; 16) einwirkt und eine das Seil (103) zum Angriffspunkt (107) umlenkende Seilrolle (105) um den am Aussenumfang der Seilrolle (105) liegenden Widerlagerpunkt (113) schwenkbar gelagert ist.

4. Stativ (1) nach den Ansprüchen 2 und 3, wobei sich die Druckfeder (111) zwischen einem relativ zum ersten Stativteil (13) festen Ringanschlag (109) und einem verschiebbaren, mit dem Seil (103) verbundenen Kolben (101) abstützt.

5. Stativ (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Angriffspunkt (107) an einem Gleitstück (121) angeordnet ist, welches in einer die Schwenkachse (A5) orthogonal schneidenden Längsnut (119) verschiebbar ist.

6. Stativ (1) nach Anspruch 5, wobei das Gleitstück (121) in eine Spiralnut (125) eingreift, welche um eine zur Schwenkachse (A5) orthogonale Drehachse (98) drehbar ist.

7. Stativ (1) nach Anspruch 6, wobei die Spiralnut (125) als archimedische Spirale ausgebildet ist.

8. Stativ (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Energiespeicher (95) im ersten Stativteil (13) aufgenommen ist.

9. Stativ (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Energiespeicher (45) über eine am Angriffspunkt (47) angelenkte Zugstange (61) auf den zweiten Stativteil (9; 11) einwirkt.

10. Stativ (1) nach Anspruch 9, wobei der Energiespeicher (45) eine Zylinder-Kolben-Anordnung (53, 63) umfasst, welche um eine den Widerlagerpunkt (49) enthaltende Drehachse (57) drehbar an dem ersten Stativteil (7) angelenkt ist.

11. Stativ (1) nach den Ansprüchen 2 und 10, wobei sich die Druckfeder (65) innerhalb der Zylinder-Kolben-Anordnungen (53, 63) zwischen einem mit der Zugstange (61) verbundenen Kolben (63) und einer Hohlzylinderstirnfläche (67) abstützt.

12. Stativ (1) nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Zylinder-Kolben-Anordnung (53, 63) seitlich neben dem Schwenkarm (9) angeordnet ist und das kolbenferne Ende der Zugstange (61) über eine Querstange (69) am Angriffspunkt (47) angelenkt ist.

13. Stativ (1; 201) für ein bewegbar anzuordnendes Gerät (3), mit

– einem um eine Schwenkachse (A3) verschwenkbaren ersten Stativarm (11),

– einem an dem ersten Stativarm (11) um eine zur Schwenkachse (A3) parallele Drehachse (A31) drehbar gelagerten, zweiten Stativarm (13),

– einem geschlossenen Seilzug (21), welcher um eine relativ zum ersten Stativarm (11) um die Schwenkachse (A3) drehbare, erste Umlenkrolle (17) und eine mit dem zweiten Stativarm (13) drehfest verbundene, zweite Umlenkrolle (19) läuft, dadurch gekennzeichnet, dass der geschlossene Seilzug (21) zwischen den Umlenkrollen (17, 19) einen Stangenabschnitt (83, 85) aufweist.

14. Stativ (1; 201) nach Anspruch 13, wobei der Durchmesser der ersten Umlenkrolle (17) gleich dem Durchmesser der zweiten Umlenkrolle (19) ist.

15. Stativ (1; 201) nach Anspruch 14, wobei die erste Umlenkrolle (17) gegenüber einem Stativbauteil (7) unverdrehbar festgelegt ist.

16. Stativ (1; 201) nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei das Stativ zwei Stangenabschnitte (83, 85) aufweist und die Länge der zwischen den Stangenabschnitten (83, 85) liegenden Seilabschnitte (81) den Schwenkbereich des ersten Stativarms (11) begrenzt.

17. Stativ (1; 201) nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei der Stangenabschnitt (85) über eine Gewindeverbindung (80, 84) mit einem Seilabschnitt (81) des geschlossenen Seilzugs (21) verbunden ist.

18. Stativ (1; 201) nach Anspruch 17, wobei der Stangenabschnitt (85) an jedem seiner Enden eine Gewindeverbindung (80, 84) aufweist und die beiden Gewindeverbindungen (80, 84) entgegengesetzten Drehsinn haben.

19. Stativ (1; 201) für ein bewegbar anzuordnendes Gerät (3) mit einem Halterungsarm (15) und mit einer an dem Halterungsarm (15) angebrachten Verstellvorrichtung (16), an welcher das Gerät (3) anordenbar und relativ zum Halterungsarm (15) verstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellvorrichtung (16) eine Linearschlitten/Schwenkeinheit ist.

20. Stativ (1; 201) nach Anspruch 19, wobei die Linearschlitten/Schwenkeinheit ein Basisteil (145), einen an dem Basisteil (145) verschiebbaren Linearschlitten (139) und ein an dem Linearschlitten (139) angeordnetes und relativ zum Linearschlitten (139) um eine Schwenkachse (147) verschwenkbares Schwenkelement (141) aufweist, an welchem das Gerät (3) befestigbar ist.

21. Stativ (1; 201) nach Anspruch 20, wobei der Linearschlitten (139) an dem Basisteil (145) mittels einer Schraubspindel (155) verschiebbar ist.

22. Stativ (1; 201) nach Anspruch 21, wobei die Drehachse (156) der Schraubspindel (155) orthogonal zur Schwenkachse (147) des Schwenkelements (141) ist und die Schwenkachse (147) schneidet.

23. Stativ (1; 201) nach einem der Ansprüche 20 bis 22, wobei die Linearschlitten/Schwenkeinheit an dem Halterungsarm (15) um eine Drehachse (A4) drehbar angeordnet ist und die Schwenkachse (147) parallel zur Drehachse (A4) ist.

24. Stativ (1; 201) nach einem der Ansprüche 20 bis 23, wobei das Schwenkelement (141) über ein Schneckenradgetriebe (153, 159) verschwenkbar ist.

25. Stativ (201) für ein bewegbar anzuordnendes Gerät (3), umfassend

- einen ersten Stativteil (7),
- einen relativ zum ersten Stativteil (7) bewegbaren zweiten Stativteil (9, 11, 13, 15) mit einem an dem ersten Stativteil (7) angelenkten, um eine Schwenkachse (A2) schwenkbaren Schwenkarm (9), wobei auf den Schwenkarm (9) ein Drehmoment einwirkt, welches einer auf dem Schwenkarm (9) in einer Lastentfernung 1 von der Schwenkachse (A2) angeordneten Gewichtskraft G entspricht, 5
- und einen Energiespeicher (245) zum Ausgleich der Gewichtskraft G, welcher zur Ausübung einer Gewichtsausgleichskraft auf einen in einem Abstand L von der Schwenkachse (A2) angeordneten Angriffspunkt (47) am Schwenkarm (9) eine Gewichtsausgleichsfeder (246) mit der Federkonstanten c und eine in einem Vertikalabstand r von der Schwenkachse (A2) angeordnete Umlenkeinrichtung (249) mit endlichem Umlenkradius aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Federkonstante c und/oder der Vertikalabstand r kleiner sind als ihr jeweiliger theoretischer Gewichtsausgleichssollwert, wodurch 10

$$c \cdot r < (G \cdot 1) / L,$$

um den durch den endlichen Umlenkradius bedingten /Gewichtsausgleichsfehler zu minimieren. 25

26. Stativ (201) nach Anspruch 25, wobei die Gewichtsausgleichsfeder (246) eine als Zugfeder geschaltete Druckfeder ist. 30

27. Stativ (201) nach Anspruch 25 oder 26, wobei die Umlenkeinrichtung (249) eine Seilrolle (251) umfasst und ein über die Seilrolle (251) laufender Seilzug (248) die Gewichtsausgleichskraft von der Gewichtsausgleichsfeder (246) auf den Schwenkarm (9) überträgt. 35

28. Stativ (201) nach Anspruch 27, wobei der Seilzug (248) zwischen der Gewichtsausgleichsfeder (246) und der Seilrolle (251) einen vertikalen Seilzugabschnitt umfasst und die von dem vertikalen Seilzugabschnitt definierte Vertikaltangente der Seilrolle (251) die Schwenkachse (A2) schneidet. 40

29. Stativ (201) nach Anspruch 28, wobei die Umlenkeinrichtung (249) eine weitere im gleichen Vertikalabstand r von der Schwenkachse (A2) angeordnete Seilrolle (253) umfasst. 45

30. Stativ (201) nach einem der Ansprüche 25 bis 29, wobei die Differenz zwischen dem Vertikalabstand r und seinem unkorrigierten Theoriewert r' bei vorgegebener unkorrigierter Federkonstanten c' für die $c' \cdot r' \cdot L = G \cdot 1$ gilt, proportional zum Radius der Seilrolle (251, 253) ist. 50

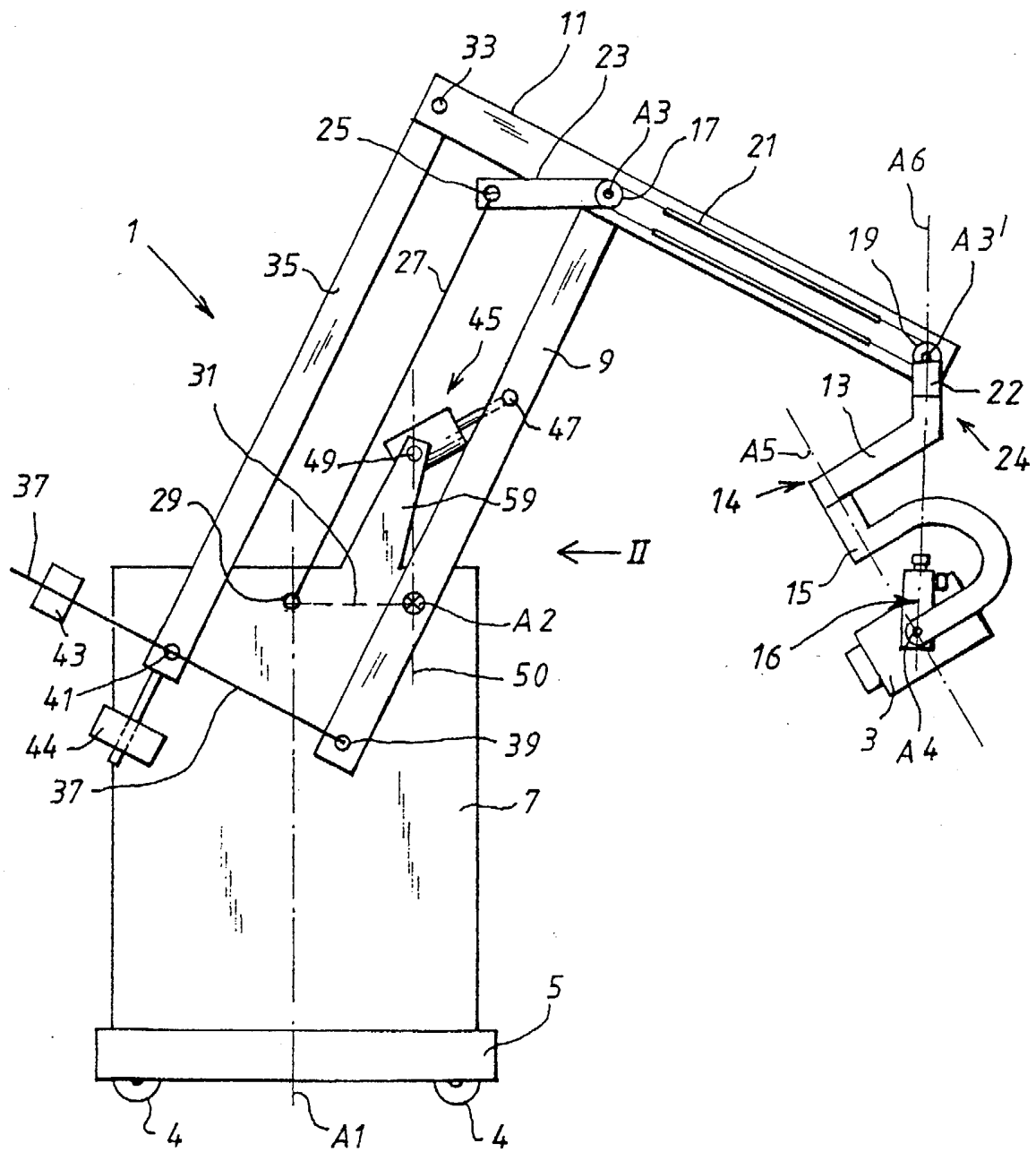
31. Stativ (201) nach Anspruch 30, wobei die Differenz zwischen dem Vertikalabstand r und dem unkorrigierten Wert r' das 0,35- bis 0,45fache, vorzugsweise das 0,4fache, des Radius der Seilrolle (251, 253) ist und die Federkonstanten c das 0,75- bis 0,85fache, vorzugsweise das 0,8fache, der unkorrigierten Federkonstanten c' ist. 55

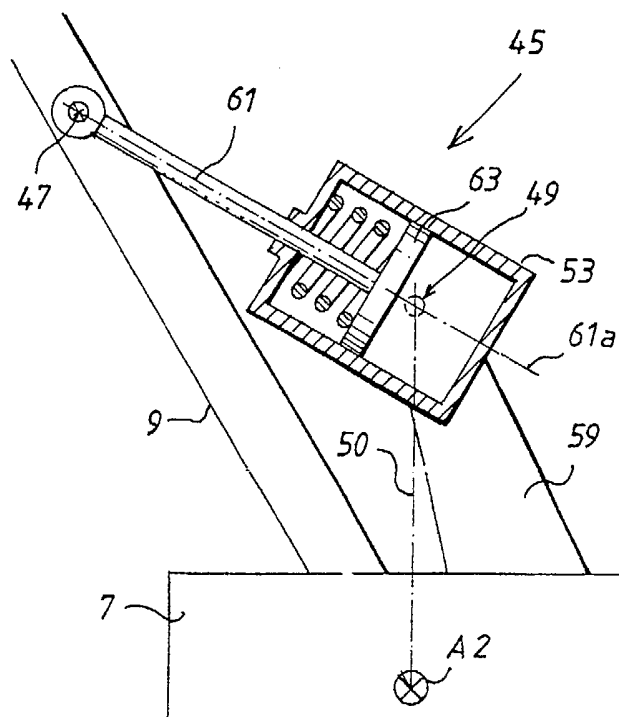
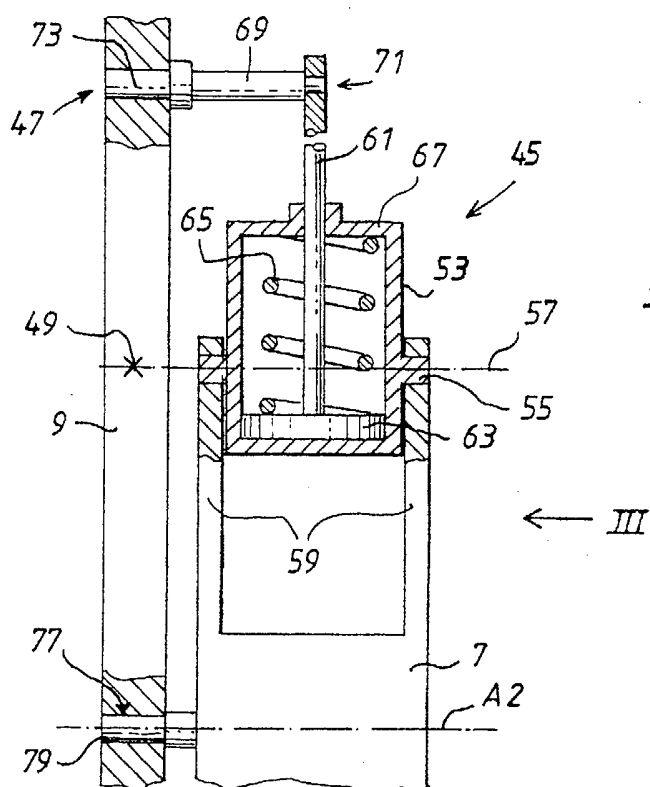
60

65

12

FIG. 1





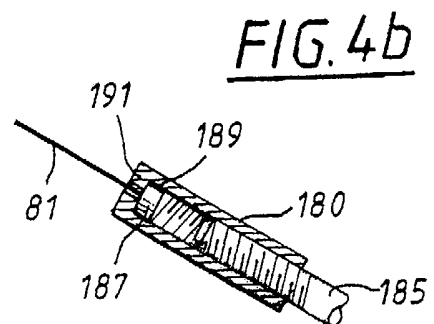
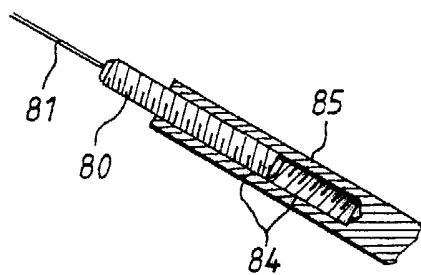
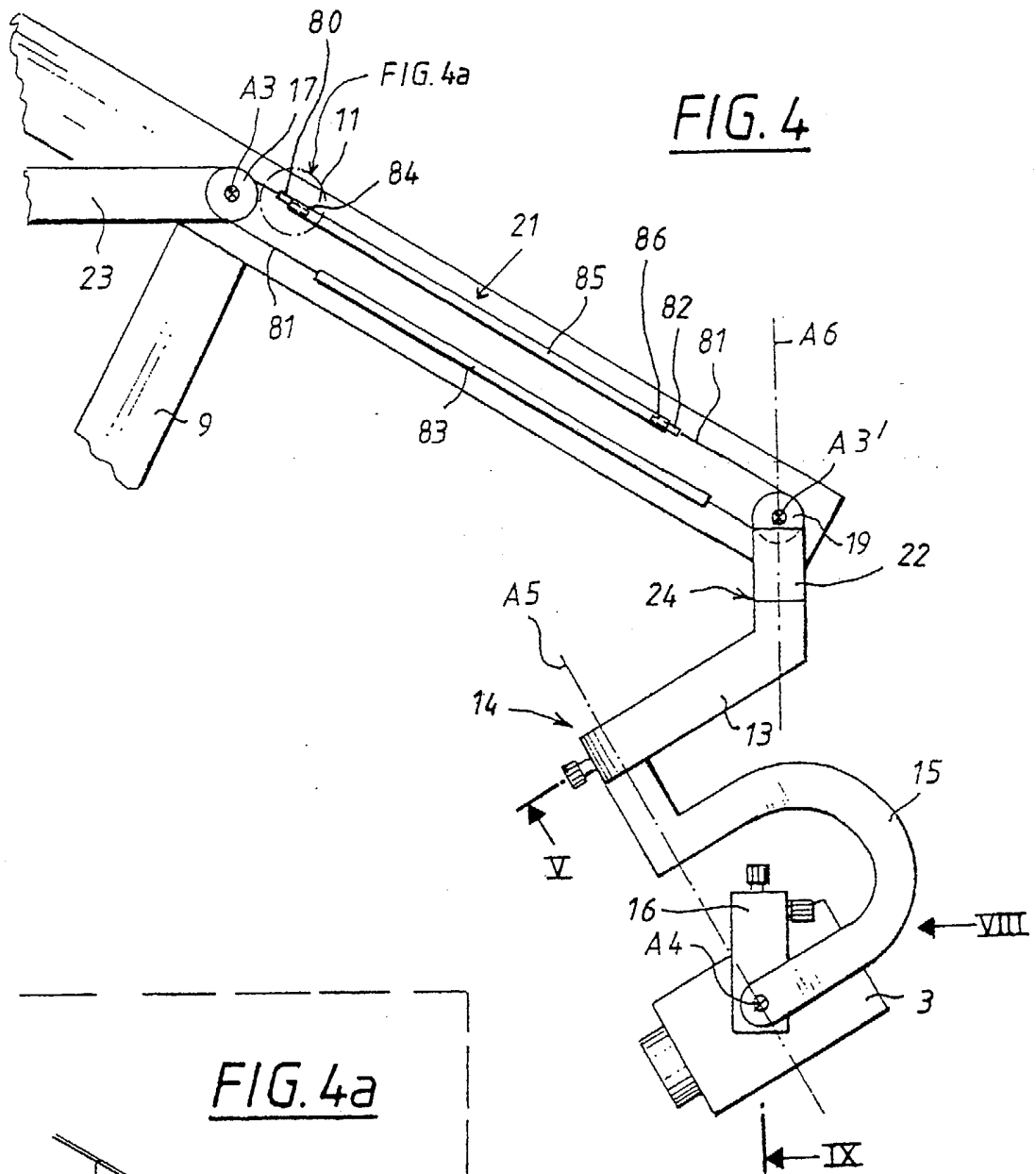


FIG. 5

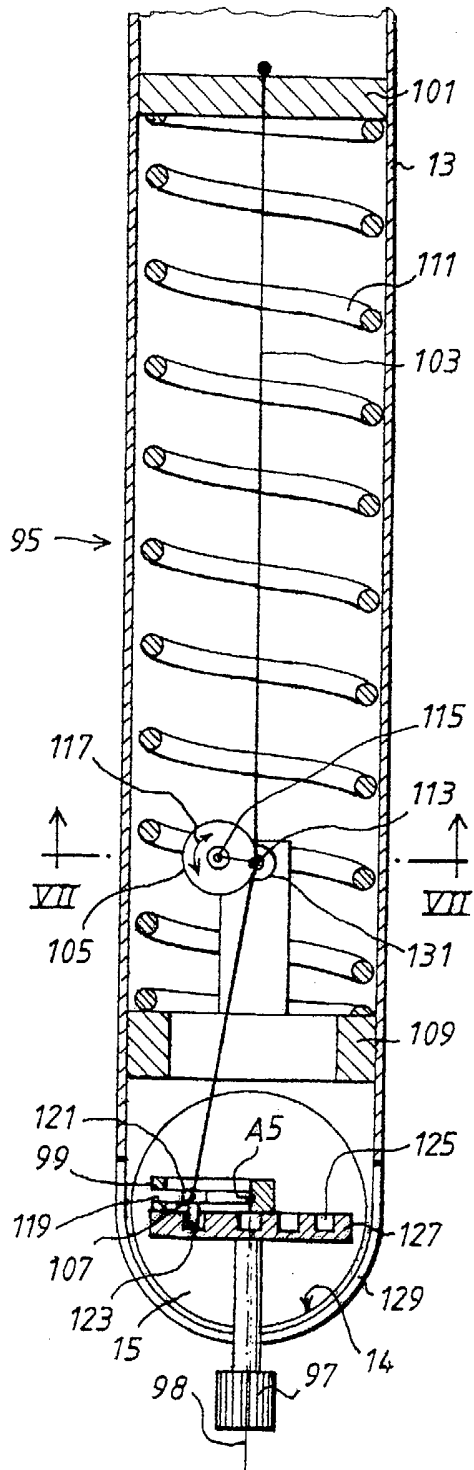
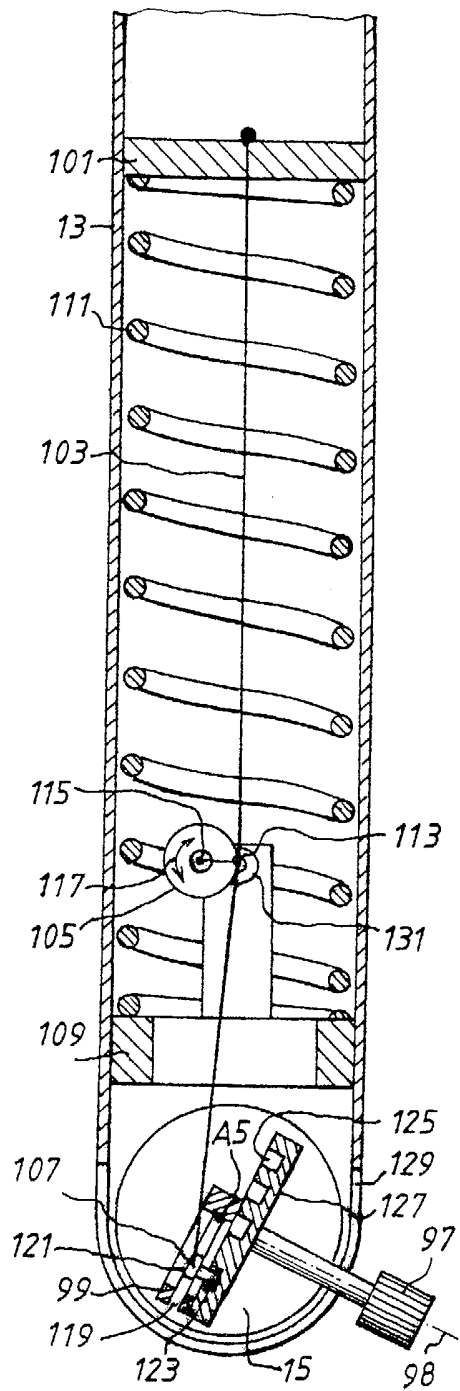


FIG. 6



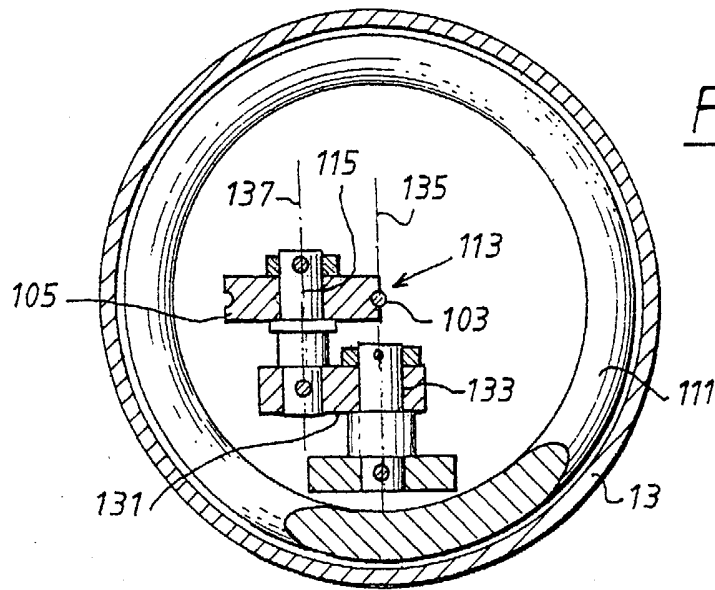


FIG. 7

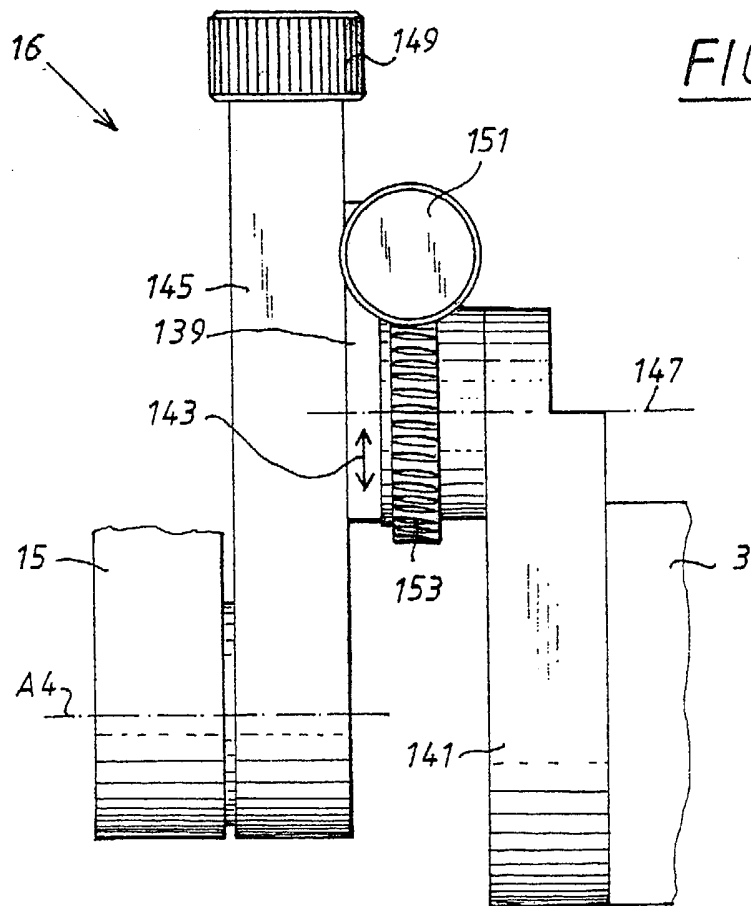


FIG. 8

FIG. 9

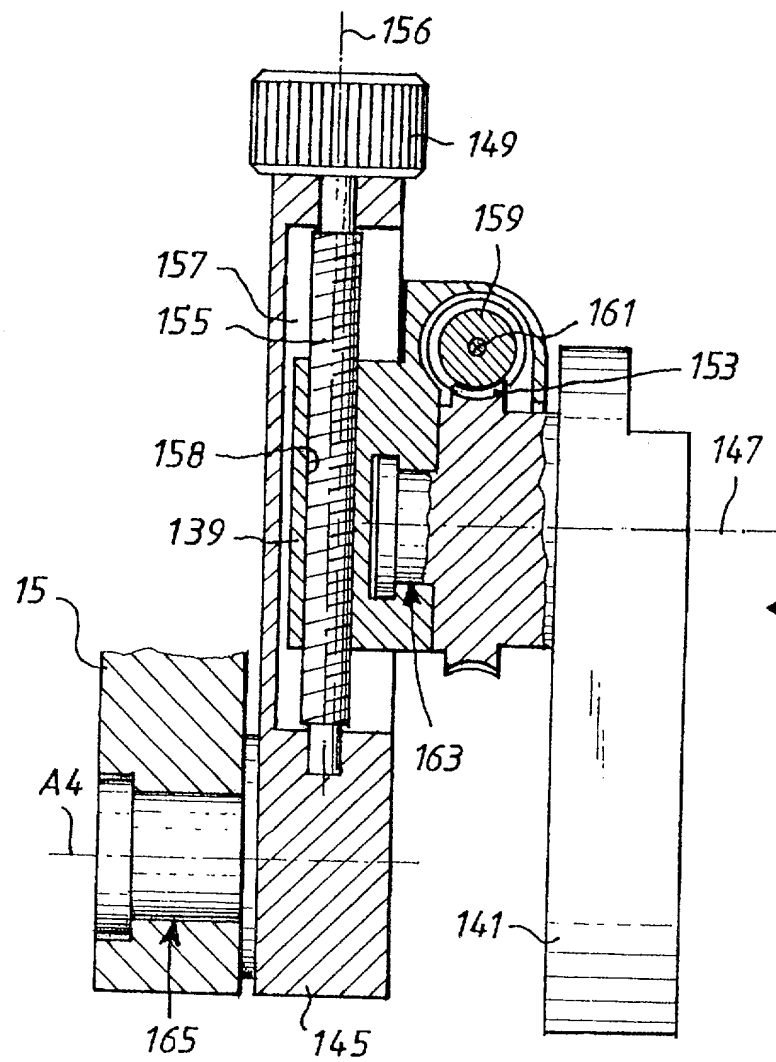


FIG. 10

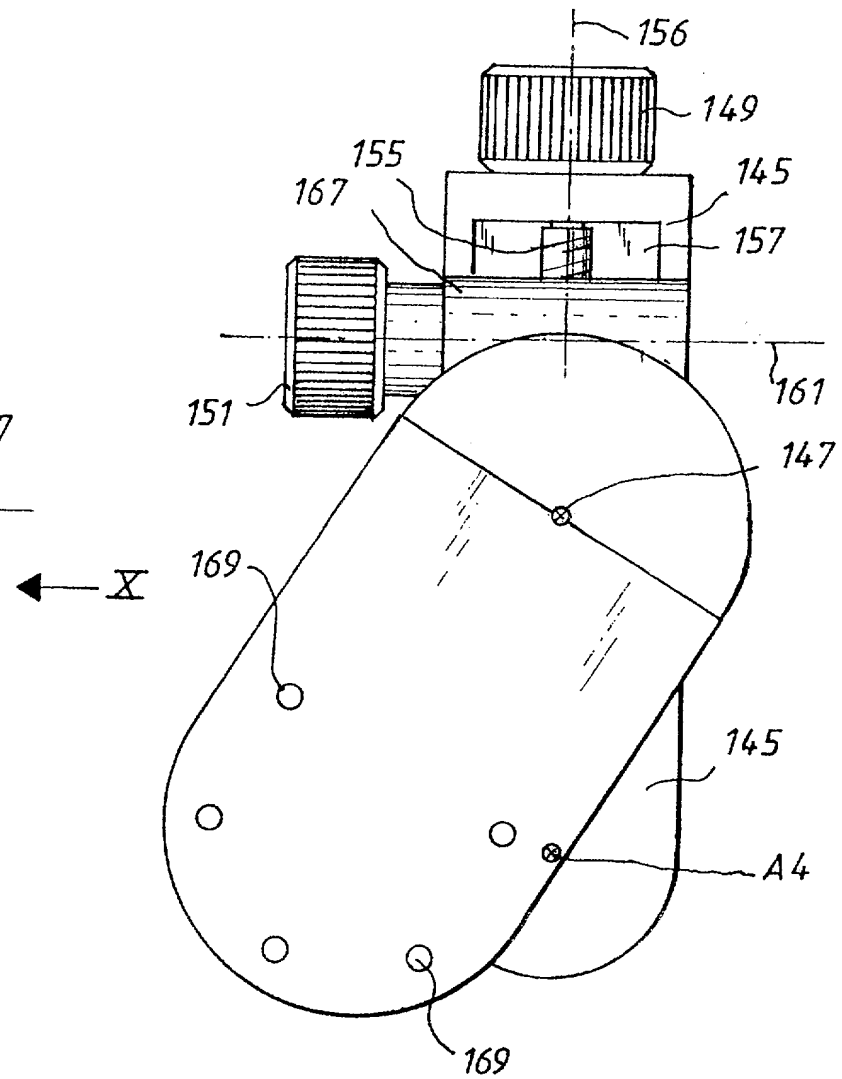


FIG. 11

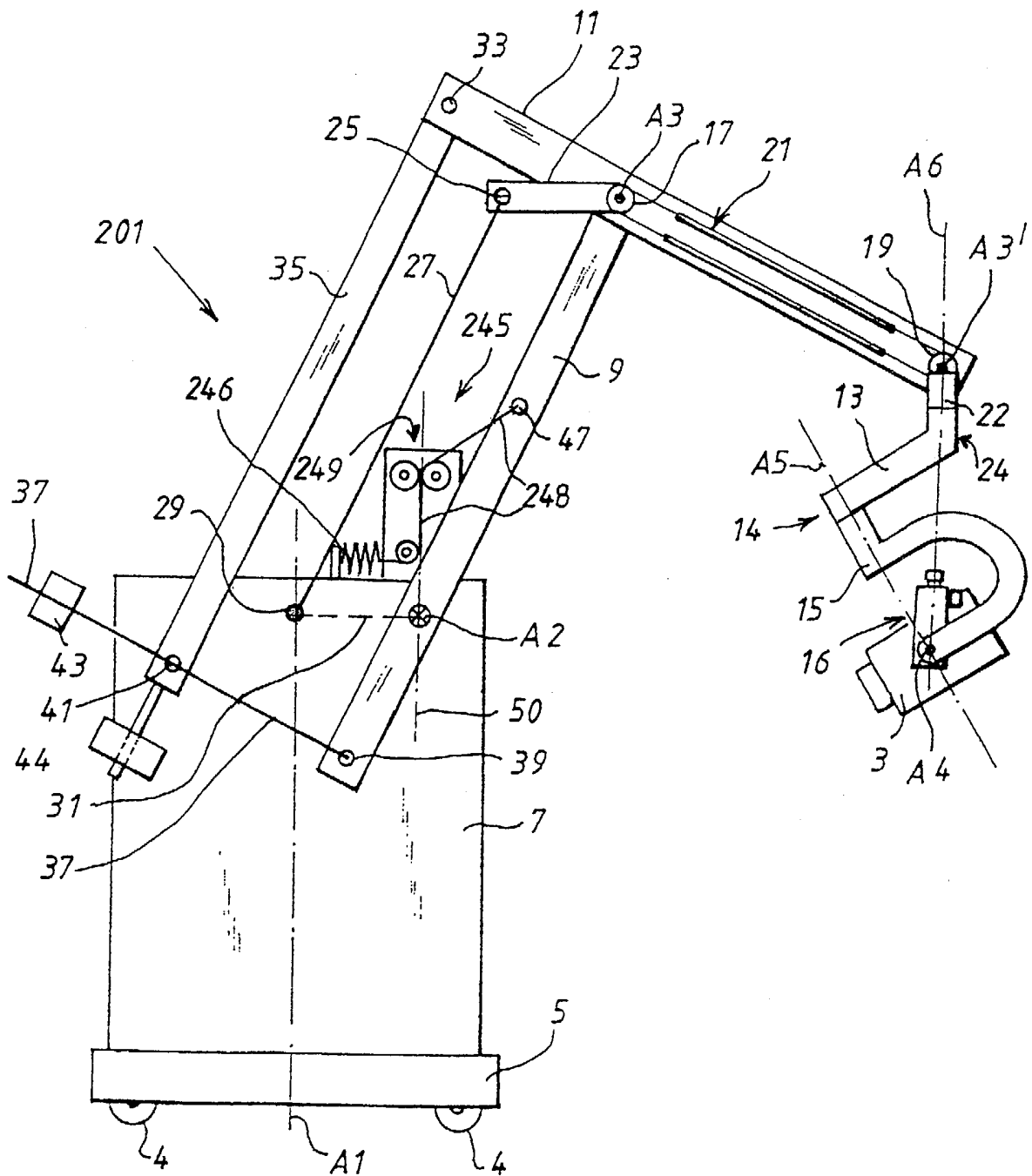


FIG. 12