



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 688 161 A5

51 Int. Cl.⁶: **F 16 M 011/12**
A 61 B 019/00
G 02 B 007/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00898/94

22 Anmeldungsdatum: 28.03.1994

30 Priorität: 21.06.1993 DE A4320443.0
06.10.1993 DE A4334069.5

24 Patent erteilt: 30.05.1997

45 Patentschrift veröffentlicht: 30.05.1997

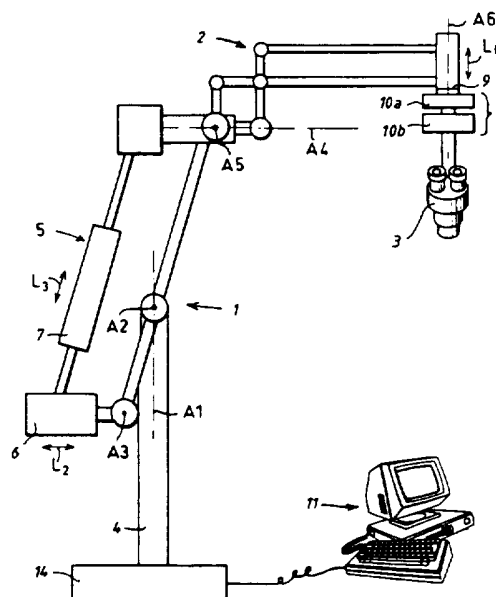
73 Inhaber:
Firma Carl Zeiss, D-89520 Heidenheim/Brenz (DE)

72 Erfinder:
Luber, Joachim, Essingen-Forst (DE)
Pelzer, Martin, Heidenheim (DE)
Jakubowski, Heinz, Oberkochen (DE)
Mackevics, Arvids, Unterkochen (DE)
Reiss, Anette, Heidenheim (DE)
Schweizer, Jürgen, Dr., Westerhofen (DE)

74 Vertreter:
Dennemeyer AG, Schulhausstrasse 12,
8002 Zürich (CH)

54 Ausbalancierbares Stativ.

57 Für ein mindestens teilweise automatisiert ausbalancierbares Stativ ist für mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein Steuer- oder Regelkreis (11) vorgesehen, der den jeweiligen Gleichgewichtszustand um diese Achse (A2, A3, A4, A5, A6) erfasst und anschliessend solange drehmoment-kompensierende Mittel (6, 7, 8) auf diese Achse (A2, A3, A4, A5, A6) einwirken lässt, bis ein Gleichgewichtszustand vorliegt.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein mindestens teilweise automatisiert ausbalancierbares Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, das um ein oder mehrere Achsen beweglich ist sowie geeignete Verfahren zur mindestens teilweise automatisierten Ausbalancierung.

Medizinische Stative, insbesondere für den Einsatz in der Neurochirurgie, werden üblicherweise vor dem eigentlichen Einsatz ausbalanciert. Eine derartige Ausbalancierung ist in der Regel erforderlich, um die von den am Stativ angeordneten Lasten, z.B. ein Operationsmikroskop, verursachten Kräfte derart zu kompensieren, dass für den jeweiligen Benutzer anschliessend ein nahezu kräftefreies Führen des Statives bzw. der daran angeordneten Last möglich ist. Nach erfolgter Ausbalancierung verharret das gesamte Stativ inklusive daran angeordneter Last in jeder konstruktiv möglichen Stellung. Die Ausbalancierung erfolgt dabei üblicherweise durch manuelles oder elektromotorisches Verschieben von Gegengewichten oder Vorspannen von Federn, um entsprechend der jeweiligen Stativ-Belastung einen indifferenten Gleichgewichtszustand herbeizuführen.

Ein Stativ, bei dem eine derartige Ausbalancierung vor dem eigentlichen Einsatz manuell erfolgt, ist beispielsweise in der EP 0 023 003 der Anmelderin dargestellt.

Zur manuellen Ausbalancierung durch den Benutzer werden die einzelnen Achsen des Statives nacheinander von Hand in einer vorgeschriebenen Reihenfolge in bestimmte Positionen ausgelenkt. Hierzu öffnet der Benutzer die entsprechenden elektromagnetischen Bremse der Achse, um die jeweilige Achse freizugeben. Aus dem Beobachten des Verhaltens der Achse wird vom Benutzer anschliessend auf den aktuellen Gleichgewichts- bzw. Nichtgleichgewichtszustand zurückgeschlossen. So kann beispielsweise eine Rückstellbewegung der Achse anzeigen, dass ein stabiles Gleichgewicht vorliegt. Ein Weiterkippen der Achse deutet auf ein labiles Gleichgewicht hin. Angestrebt wird jedoch ein Gleichgewichtszustand, bei dem der Achsen-Schwerpunkt bzw. der Schwerpunkt des Systemes aus Achse und den daran angreifenden, drehmoment-verursachenden Lasten im Drehpunkt der Achse oder auf einer definierten Geraden durch den Achsendrehpunkt liegt. Der erste Fall wird im folgenden als indifferentes Gleichgewicht bezeichnet. Je nachdem, welcher Zustand vorliegt und welche Achse ausbalanciert werden soll, müssen vom Benutzer die Last- und/oder Ausgleichkraft-Angriffspunkte bezüglich der auszubalancierenden Achse bewegt werden. Dies wird solange wiederholt, bis die Achse sich nach einer Auslenkung nicht mehr weiter bewegt. Ist dies der Fall, so liegt der Gesamtschwerpunkt aller Massen, die ein Drehmoment auf eine Achse ausüben, in der jeweiligen Achse oder alternativ auf einer definierten Geraden durch den Achsendrehpunkt.

Der manuelle Ausbalancierungsvorgang ist relativ komplex durchzuführen, zeitaufwendig und mit gewissen Ungenauigkeiten behaftet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den bisher manuellen Balancierungsvorgang mindestens teilweise zu automatisieren und eine hierzu geeignete Vorrichtung zu schaffen. Für den jeweiligen Benutzer soll eine Vereinfachung der Stativ-Ausbalancierung resultieren, wobei auch die Anzahl der vorgegebenen, anzufahrenden Stativ-Positionen verringert werden soll. Ferner ist eine erhöhte Balancierungsgenauigkeit gefordert.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein ausbalancierbares Stativ mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. durch geeignete Verfahren gemäss den Ansprüchen 23 und 25. Eine X-Y-Verschiebeeinheit zum mindestens teilweisen Ausbalancieren des Statives ist Gegenstand des Anspruches 20.

Das erfindungsgemässe, ausbalancierbare Stativ kann nunmehr mit verringertem Aufwand vor dem Einsatz ausbalanciert werden. Dies hat eine kürzere Vorbereitungszeit vor der eigentlichen Operation zur Folge. Ferner ist aufgrund des automatisierten Balancierungsvorganges eine erhöhte Genauigkeit im Hinblick auf den angestrebten indifferenten Gleichgewichtszustand jeder Achse zu realisieren als dies vorher beim blossen Abschätzen des eingestellten Gleichgewichts-Zustandes der Fall war.

Das erfindungsgemässe, ausbalancierbare Stativ kann je nach gewünschter Auslegung teilweise oder aber auch vollständig automatisch ausbalanciert werden. So ist beispielsweise durch den Einsatz der erfindungsgemässen X-Y-Verschiebeeinheit ein separates Ausbalancieren lediglich einer Achse möglich, während andere Achsen weiterhin in bekannter Weise manuell ausbalanciert werden etc.

Zum Ausbalancieren sind optional Steuer- und/oder Regelkreise vorgesehen, die nach dem Erfassen eines vorliegenden Nicht-Gleichgewichtszustandes so lange drehmomentkompensierende Mittel auf ein oder mehrere Achsen einwirken lassen, bis der angestrebte Gleichgewichtszustand der jeweiligen Achse erreicht ist.

Für ein komplett automatisiert ausbalancierbares Stativ sind weitere Regelkreise vorgesehen, die ein definiertes Positionieren um die einzelnen Achsen ermöglichen.

In einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemässen Statives wird der vorliegende Nicht-Gleichgewichtszustand des unbalancierten Statives nicht über Kraft- oder Drehmomentsensoren erfasst, sondern die im unbalancierten Zustand resultierenden Drehbewegungen um die einzelnen Achsen mittels Drehwinkelsensoren als Gleichgewichtssensoren detektiert. Aus den jeweils zu jeder Achse erfassten Verfah-Wegen innerhalb einer definierten Zeitdauer wird über ein iteratives Verfahren auf drehmomentkompensierende Mittel solange eingewirkt, bis das komplette Stativ im Gleichgewicht ist.

Neben der möglichen – teilweise oder kompletten – automatisierten Ausbalancierung des Statives ermöglicht diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darüberhinaus den stereotaktischen Einsatz eines derartigen Statives. Die als Gleichgewichts-Sensoren eingesetzten Drehwinkelsensoren können hierbei auch zur Bestimmung stereotakti-

scher Koordinaten während Operationen herangezogen werden.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten des erfindungsgemässen ausbalancierbaren Statives ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie geeigneter Verfahren zur automatisierten Ausbalancierung anhand der beiliegenden Figuren.

Dabei zeigt

Fig. 1 den schematisiert dargestellten Aufbau eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemässen Statives, inklusive der Orientierung der auszubalancierenden Achsen;

Fig. 2 eine schematisierte Darstellung der motorischen Positioniereinheit der X-Y-Verschiebeeinheit;

Fig. 3 einen Schnitt durch die Sensoreinheit der XY-Verschiebeeinheit mit einem darin angeordneten Kraftsensor;

Fig. 4 die Abwicklung der Sensoreinheit aus Fig. 3;

Fig. 5a ein Flussdiagramm für den automatisierten Ablauf der Balancierung des kompletten Statives nach dem Regelungsprinzip;

Fig. 5b die prinzipielle Signalverarbeitung mit den hierfür erforderlichen Komponenten in einem automatisch balancierbaren Stativ, das nach dem Regelungsprinzip arbeitet;

Fig. 6a ein Flussdiagramm für den automatisierten Ablauf der Balancierung des kompletten Statives, die i.w. nach einem Steuerungsprinzip arbeitet;

Fig. 6b die prinzipielle Signalverarbeitung mit den hierfür erforderlichen Komponenten in einem automatisch balancierbaren Stativ, das i.w. nach einem Steuerungsprinzip arbeitet;

Fig. 7 den schematisiert dargestellten Aufbau eines weiteren Ausführungsbeispiels des erfindungsgemässen Statives inklusive einer Steuereinheit.

In Fig. 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen ausbalancierbaren Statives schematisiert dargestellt. Der prinzipielle Aufbau dieses medizinischen Statives, das insbesondere in der Neurochirurgie eingesetzt wird, ist bereits in der EP 0 023 003 der Anmelderin beschrieben, wobei die Balancierung bislang wie vorab erwähnt in mehreren manuellen Einzelschritten erfolgte.

Das ausbalancierbare Stativ besteht aus einer vertikalen Säule (1), an der ein im wesentlichen horizontal ausgerichteter Tragarm (2) gelenkig angeordnet ist. An einer Schnittstelle (9) des Tragarmes (2) ist als Last ein Operationsmikroskop (3) aufgehängt. Neben dem dargestellten Operationsmikroskop (3) können prinzipiell verschiedenste weitere Lasten, wie etwa Video-Kameras etc. an der Schnittstelle (9) des Tragarmes (2) zusätzlich oder anstelle des Operationsmikroskopes (3) angeordnet werden.

Beim mindestens teilweise automatisierten Ausbalancieren des erfindungsgemässen Statives werden zunächst die verschiedenen Tragarmachsen (A4, A5, A6) durch das Verschieben der jeweiligen Last entlang der Achse A6 ausbalanciert, anschliessend erfolgt das Ausbalancieren der Säulenachsen (A2, A3) durch das Verschieben der Ausgleichsgewichte (6, 7).

Die vertikale Säule (1) des ausbalancierbaren Statives besteht im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem vertikalen Stativfuss (4) und einem um die horizontale Achse A2 beweglich zum Stativfuss (4) angeordneten Gelenk-Parallelogramm (5). Der vertikale Stativfuss (4) wiederum ist um eine vertikale Achse A1 relativ zum Stativ-Fusssteil (14) beweglich. Das Gelenk-Parallelogramm (5) umfasst weiterhin zwei motorisch – in Richtung der Pfeile – auf Gewinden verschiebbare Ausgleichsgewichte (6, 7), wobei die aktuellen Positionen der Ausgleichsgewichte am Gelenkparallelogramm (5) mittels, nicht dargestellter, Lage-Detektoren erfassbar sind. Als geeignete Lage-Detektoren kommen hierbei bekannte induktive Wegaufnehmer, potentiometrische Wegaufnehmer oder aber Inkremental-Wegaufnehmer bzw. absolut-codierte Wegaufnehmer in Frage, die allesamt etwa von der Fa. HEIDENHAIN in grosser Auswahl angeboten werden.

Das Gelenkparallelogramm (5) ist desweiteren um die ebenfalls horizontal-orientierte Achse A3 in sich selbst beweglich. Am oberen Ende des Gelenk-Parallelogrammes (5) ist ein Doppel-Gelenk-Parallelogramm als horizontaler Tragarm (2) gelenkig angeordnet. Der horizontale Tragarm (2) bzw. das Doppel-Gelenk-Parallelogramm ist relativ zum Gelenk-Parallelogramm (5) der vertikalen Säule (1) um die Achsen A4 und A5 beweglich. Die Achse A5 ist hierbei ebenso orientiert, wie die Achsen A2 und A3, d.h. horizontal ausgerichtet. Senkrecht hierzu ist die Achse A4 orientiert. Am anderen Ende des horizontalen Tragarmes (2) ist an einer Schnittstelle (9) die jeweilige Last bzw. noch die dazwischen angeordnete X-Y-Verschiebeeinheit (8) befestigt. Die Last kann inklusive der X-Y-Verschiebeeinheit (8) motorisch entlang der Achse A6 verschoben werden. Die X-Y-Verschiebeeinheit (8) ist im dargestellten Ausführungsbeispiel zweiteilig aufgebaut. Ein Teil dient hierbei als motorische Positioniereinheit (10b), die ein definiertes Verschieben in einer Ebene ermöglicht; bei senkrecht ausgerichteter Achse A6 ist dies die horizontale X-Y-Ebene, wenn mit Z die vertikale Koordinatenrichtung bezeichnet wird. Der andere Teil der X-Y-Verschiebeeinheit (8), im folgenden als Sensor-Einheit (10a) bezeichnet, beinhaltet mindestens einen Gleichgewichtssensor, der die angreifenden Last-Kräfte an der X-Y-Verschiebeeinheit (8) bzw. die auf die Achse A6 wirkenden Drehmomente erfasst, wenn deren Schwerpunkt nicht in der Verlängerung der Achse A6 liegt. Der explizite Aufbau der X-Y-Verschiebeeinheit (8) wird im folgenden anhand der Fig. 2–4 detailliert erläutert.

Das ausbalancierbare Stativ umfasst desweiteren, nicht dargestellte, elektromagnetische Bremsen für jede Achse, wie sie auch für manuell ausbalancierbare Stative bekannt sind. Mittels dieser elektromagnetischen Bremsen können die einzelnen Achsen wahlweise definiert festgestellt bzw. freigegeben werden.

Ferner ist für erfindungsgemässe ausbalancierbare Stative eine Steuereinheit (11) mit einem Rechner vorgesehen, in dem die Steuer- bzw. Regelkreise für die einzelnen auszubalancierenden Achsen soft-

waremässig realisiert sind. Über eine Bedienkonsole kann der Benutzer den automatisierten Balancierungsvorgang starten, modifizieren etc.

Im dargestellten ersten Ausführungsbeispiel ist nunmehr jeder auszubalancierenden Achse A2–A6 mindestens ein Gleichgewichts-Sensor zugeordnet, der einen eventuell vorliegenden Nicht-Gleichgewichtszustand relativ zur jeweiligen Achse erfasst, d.h. dargestellt ist die Regelungsvariante des automatisiert ausbalancierbaren Statives. Die Steuerungsvariante benötigt nicht für alle auszubalancierenden Achsen derartige Gleichgewichts-Sensoren. Für das komplett automatisiert ausbalancierbare Stativ sind ferner jeweils Antriebe für die motorische Verstellung der Achsen A1–A6 vorgesehen. Als Antriebe dienen geeignete Servomotoren, die jeweils über Regelkreise der Steuereinheit definiert verfahren werden können. Diese Regelkreise enthalten ferner Lage-Detektoren, die die jeweilige Achsstellung erfassen können, z.B. geeignete Winkel-Geber etc.

Die vertikale Achse A1 ist üblicherweise ausbalanciert, wenn der Stativfuss (14) auf einer ebenen Fläche steht, d.h. für diese Achse ist in der Regel kein separates Ausbalancieren erforderlich. Eine diesbezügliche Kontrolle ist über eine Libelle oder dgl. möglich, die in den Stativfuss (14) integriert ist.

Angestrebt wird für die Achsen A2, A4 und A6 des ausbalancierbaren Statives jeweils ein indifferenter Gleichgewichtszustand. Dies ist der Fall, wenn der Schwerpunkt aller Massen, die ein Drehmoment auf die jeweilige Achse ausüben, im jeweiligen Drehpunkt liegt bzw. die angreifenden Drehmomente dieser Achse sich gegenseitig kompensieren. Hierzu wirken drehmomentkompensierende Mittel solange auf die jeweils auszubalancierende Achse ein, bis der indifferente Gleichgewichtszustand erreicht ist. Gleichzeitig erfolgt die Erfassung des aktuell vorliegenden Nicht-Gleichgewichtszustandes mittels Gleichgewichts-Sensoren.

Für die Achse A3 und A5 wird ein Gleichgewichtszustand angestrebt, der dann erreicht ist, wenn der Schwerpunkt aller Massen, die ein Drehmoment auf die jeweilige Achse ausüben, auf einer Geraden in Verlängerung des Achsdrehpunktes liegt. Dieser Gleichgewichtszustand wird ebenso wie der vorab beschriebene indifferente Gleichgewichtszustand erreicht.

Die automatisierte Balancierung des erfindungsgemässen Statives kann nunmehr entweder nach dem Prinzip einer Regelung oder aber i.w. nach dem Prinzip einer Steuerung realisiert werden. Die jeweiligen Flussdiagramme inklusive der einzelnen Verfahrensschritte zu den entsprechenden Balancierungsvorgängen werden im folgenden erläutert. Es ist dabei keineswegs erforderlich, das gesamte Stativ derart auszubalancieren, vielmehr kann je nach gewünschter Auslegung des Statives beispielsweise lediglich eine automatisierte Ausbalancierung einer Achse erfolgen, während andere Achsen manuell ausbalanciert werden.

Als mögliche Gleichgewichts-Sensoren, die den jeweiligen Nicht-Gleichgewichtszustand einer Achse erfassen, können Kraftsensoren eingesetzt werden, die statische Kräfte erfassen. So ist es bei-

spielsweise möglich, Achsbewegungen mittels Arretierungsbolzen zu blockieren und die am Arretierungsbolzen angreifenden Kräfte mit Kraftsensoren zu erfassen. Desweiteren können auch Gleichgewichts-Sensoren eingesetzt werden, die Relativneigungen der Achsen erfassen. Ebenso ist die Verwendung von Drehmomentsensoren möglich, die drehmomentfrei auf der jeweiligen Achse montiert sind und das auf die jeweilige Achse wirkende Drehmoment unmittelbar detektieren können.

Als drehmomentkompensierende Mittel sind für jede Achse motorisch verstellbare Ausgleichsgewichte wie im dargestellten ersten Ausführungsbeispiel einsetzbar. Alternativ ist jedoch auch die definierte Einstellung von Kompensations-Momenten durch z.B. motorisch verstellbare Federn möglich. Die aktuellen Positionen der motorisch verschiebbaren Ausgleichsgewichte werden mittels bekannter Lage-Detektoren erfasst. Dies gilt ebenso für den jeweils aktuellen Kompressionszustand der Federn, der mittels Lagedetektoren erfassbar sein muss.

Beispielhaft für einen einzelnen automatisierten Ausbalancierungsvorgang wird im folgenden anhand der Fig. 24 das Ausbalancieren der Achse A6 sowie die dazu erforderliche X–Y-Verschiebeeinheit (8) beschrieben.

In Fig. 2 ist hierbei die motorische Positioniereinheit (10b) als eine Komponente der zweiteiligen X–Y-Verschiebeeinheit (8) schematisiert dargestellt. Die motorische Positioniereinheit (10b) ermöglicht die definierte Positionierung des daran angeordneten Operationsmikroskops in einer Ebene senkrecht zur Achse A6. Die Positioniereinheit (10b) ist hierzu aus mehreren Einzelteilen (11a, 11b, 11c) aufgebaut, die sich motorisch gegeneinander verschieben lassen. Die Einzelteile (11a, 11b, 11c) sind über Linearführungen (12, 13) relativ zueinander beweglich. Über ein Verbindungselement (15) wird die motorische Positioniereinheit (10b) am Sensorteil (10a) der X–Y-Verschiebeeinheit (8) angeordnet, an einem Anschlussflansch (16) ist unterhalb das Operationsmikroskop befestigt.

Der Aufbau der Sensoreinheit (10a) der X–Y-Verschiebeeinheit (8) wird anhand der Fig. 3 und 4 näher erläutert, ebenso wie der erste automatisierte Verfahrensschritt zur Stativ-Ausbalancierung, d.h. die Ausbalancierung der Achse A6. Die Sensoreinheit (10a) ist im dargestellten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 über der motorischen Positioniereinheit (10b) angeordnet und dient zum Erfassen der Schwerpunktlage der Last in der X–Y-Ebene relativ zur Achse A6. Zur gewünschten Ausbalancierung wird zunächst die Achse A6 senkrecht gestellt, was mittels eines Neigungsmessers in der X–Y-Verschiebeeinheit kontrollierbar ist. Als geeigneter Neigungsmesser kann etwa ein Inclinometer oder aber eine elektrische Libelle eingesetzt werden. Das senkrechte Ausrichten der Achse A6 ist manuell durch die visuelle Kontrolle der Neigungsmesser möglich, kann aber ebenso über einen motorischen Regelkreis erfolgen, bei dem die Relativneigung erfasst wird und über entsprechende Antriebe eine Positionierung der Achse A6 erfolgt. Das senkrechte Ausrichten der Achse A6 erfolgt dabei über das motorische Verstellen des Doppel-Gelenkparallelo-

grammes um die Achsen A4 und A5, wozu die entsprechenden Bremsen dieser Achsen freizugeben und die diesen Achsen zugeordneten Antriebe über die diesen Achsen zugeordneten Regelkreise entsprechend anzusteuern sind. Nach erfolgtem senkrechten Ausrichten der Achse A6 werden die den Achsen A4 und A5 zugeordneten Bremsen geschlossen. Im nächsten Schritt wird der Schwerpunkt der angehängten Last in die Verlängerung der senkrecht gestellten Achse A6 gebracht. Hierzu wird mit Hilfe des Sensorteiles (10a) der X-Y-Verschiebeeinheit (8) das auf die senkrecht gestellte Achse A6 durch die Last ausgeübte Drehmoment erfasst und über einen Regelkreis dieses Drehmoment durch entsprechendes Verschieben der angehängten Last mittels der Positioniereinheit (10b) kompensiert.

In der Sensoreinheit (10a) der X-Y-Verschiebeeinheit (8) sind zur Erfassung des an der Achse A6 angreifenden Drehmomentes radialsymmetrisch in einem gleichschenkligen Dreieck drei Kraftsensoren angeordnet. Alternativ hierzu ist selbstverständlich auch eine andere Anordnung der Kraftsensoren möglich. Einen vertikalen Schnitt durch die Sensoreinheit (10a) zeigt Fig. 3. Die Kraftsensoren (21a), von denen in dieser Darstellung lediglich einer sichtbar ist, sind in radialer Richtung in einer runden Dose (20) angeordnet und in Richtung Dosen-Mittelpunkt über zwei Schrauben (22a, 22b) an senkrechten Rippen (28) der Dose (20) befestigt. Die Dose (20) ist über einen Anschlussflansch (23) mit der Schnittstelle des vertikalen Stativ-Tragarmes und damit mit der Achse A6 verbunden. Die Einleitung der aktuell wirkenden Last-Kräfte auf die Kraftsensoren (21a) und damit das Erfassen der auf die Achse A6 wirkenden Drehmomente erfolgt über einen zentral in der Dose (20) angeordneten Zylinder (24). Der Zylinder (24) ist mit einer Verbindungsplatte (25) verschraubt, die mit den Kraftsensoren (21a) verbunden ist. Dabei erfolgt die Kräfteinleitung über die Verbindungsplatte auf die Kraftsensoren (21a) über zwei Gewindestifte (26a, 26b), die von oben und unten an die Kraftsensoren (21a) herangeführt werden.

Zwischen den Kraftsensoren (21a) und der Verbindungsplatte (25) ist weiterhin eine kreisringförmige Blattfeder (27) angeordnet, die abwechselnd mit der Verbindungsplatte (25) und der Dose (20) verbunden ist. Die Blattfeder (27) nimmt beim Angreifen einer Last am Zylinder (24) Verschiebungen in Richtung der Achse A6 auf und überträgt diese auf die Kraftsensoren (21a).

Greift nunmehr am Zylinder (24) eine Kraft an, so wird jeder der Kraftsensoren (21a) um einen bestimmten Messweg ausgelenkt und registriert eine angreifende Kraft. Beim asymmetrischen Angreifen von Kräften an die einzelnen, radial verteilten Kraftsensoren (21a) werden unterschiedliche Kräfte von der angeschlossenen Steuereinheit erfasst. Aus der bekannten Anordnungs-Geometrie kann auf das an der Achse A6 aktuell angreifende Drehmoment rückgeschlossen werden und über die motorische Positioniereinheit (10b) ein Verschieben der angehängten Last erfolgen, bis das aktuell erfasste Drehmoment gleich Null ist. Dies ist der Fall, wenn

sämtliche Kraftsensoren das gleiche Messsignal liefern, d.h. die an der Achse A6 angreifenden Kräfte rotationssymmetrisch gleich verteilt sind.

Der erfindungsgemässe Aufbau des Sensorteiles (10a), bestehend aus einem stativ-festen Aufhängungsteil mit der runden Dose (20) und einem hierzu beweglichen Lastteil mit dem Zylinder (24) gewährleistet die zuverlässige Erfassung der an der Achse A6 angreifenden Drehmomente, wenn der resultierende Lastschwerpunkt noch nicht in der Verlängerung der senkrecht gestellten Achse A6 liegt.

Eine Teil-Abwicklung der Sensoreinheit (10a) aus Fig. 3 ist in Fig. 4 dargestellt. Deutlich erkennbar ist in dieser Darstellung die abwechselnde Befestigung der kreisringförmigen Blattfeder (27) an der Dose (20) und der Verbindungsplatte (25), d.h. abwechselnd am Last- und Aufhängungsteil. Ferner ist in dieser Darstellung ein zweiter der drei Kraftsensoren (21a, 21b) erkennbar, der ebenfalls über zwei Gewindestifte (26b, 27b) mit der Verbindungsplatte (25) und damit mit dem Aufhängungsteil verbunden ist.

Die beschriebene Verfahrensweise, um den Schwerpunkt der angehängten Last in die Verlängerung der Achse A6 zu bringen, ist für die Steuerungs- als auch für die Regelungs-Variante des erfindungsgemässen ausbalancierbaren Statives gleich, d.h. der erste erforderliche Regelkreis R1 ist für beide Ausführungsformen identisch. Die verwendeten Begriffe «Steuerungs- bzw. Regelungsvariante» des ausbalancierbaren Statives sind demzufolge nicht so zu verstehen, dass lediglich Steuer- oder Regelkreise zum automatisierten Ausbalancieren eingesetzt werden, vielmehr enthält beispielsweise auch die sog. Steuerungsvariante mehrere Regelkreise zum definierten Anfahren bestimmter Stativpositionen sowie den Regelkreis R1 zur eben beschriebenen Ausbalancierung der Achse A6.

Erst nach dem Verfahrensschritt der Ausbalancierung der Achse A6 unterscheiden sich die beiden automatisierten Ausbalancier-Verfahren.

Im folgenden soll zunächst der automatisierte Ausbalanciervorgang für das gesamte Stativ beschrieben werden, das nach dem Regelungsprinzip arbeitet. Eine graphische Darstellung dieses Ablaufes ist im Flussdiagramm der Fig. 5a gegeben.

Nach dem vorab beschriebenen Verfahrensschritt zur automatisierten Positionierung des Lastschwerpunktes in der Verlängerung der senkrecht gestellten Achse A6 über den ersten Regelkreis R1, wird die Achse A6 nacheinander um die Achsen A4 und A5 über die diesen Achsen zugeordneten Antriebe motorisch in beliebige Positionen ausgelenkt bzw. schräggestellt. Die automatisierte Ausbalancierung der Achse A6 um die beiden Achsen A4 und A5 erfolgt jeweils durch das motorische Verfahren der angehängten Last inklusive X-Y-Verschiebeeinheit entlang der Achse A6. Hierzu wird in einem zweiten Regelkreis R2 jeweils das Drehmoment um die Achse A4 oder A5 über geeignete Gleichgewichtssensoren erfasst und die Last motorisch entsprechend entlang der Achse A6 verschoben, bis der gewünschte Gleichgewichtszustand erreicht ist. Für die Achse A4 wird dabei ein indifferenter Gleichge-

wichtszustand angestrebt, während für die Achse A5 ein Gleichgewichtszustand realisiert wird, bei dem der System-Schwerpunkt auf der Achse A4 liegt.

Da auf die beiden Achsen A4 und A5 in vertikaler Richtung das gleiche, durch die Last verursachte Drehmoment wirkt, kann ggf. einer der beiden Balanciervorgänge weggelassen werden, da diese Ausbalancierung automatisch bei der erfolgten Ausbalancierung der jeweils anderen Achse gewährleistet ist. Somit ist lediglich ein einziger zweiter Regelkreis R2 zur Ausbalancierung der Achsen A4 und A5 erforderlich.

Im Anschluss erfolgt das automatisierte Ausbalancieren des Gelenkparallelogrammes (5) bzw. das Ausbalancieren der Achsen A3 und A2. Hierzu wird das Gelenkparallelogramm (5) zunächst über die motorischen Antriebe der Achsen A2 und/oder A3 senkrecht gestellt, wobei das Erfassen der aktuellen Position des Gelenkparallelogrammes über den den Achsen A2 und/oder A3 zugeordneten Lage-Detektoren erfolgt. Die Regelkreise R7 und/oder R8 bewirken die senkrechte Ausrichtung. In einem dritten Regelkreis R3 wird das Drehmoment um die Achse A3 mittels dieser Achse zugeordneten Gleichgewichtssensoren erfasst und das Ausgleichsgewicht 6 als drehmoment-kompensierendes Mittel motorisch verfahren. Anschliessend wird über die Regelkreise R7 und/oder R8 das Gelenkparallelogramm wieder beliebig schräggestellt und die Achsstellungs-Informationen über Lage-Detektoren erfasst. Ein vierter Regelkreis R4 sorgt schliesslich durch das Verfahren des Ausgleichsgewichtes 7 dafür, dass ein indifferenten Gleichgewichtszustand um die Achse A2 realisiert wird, wozu die dieser Achse zugeordneten Gleichgewichts-Sensoren laufend den aktuellen Gleichgewichts-Zustand erfassen. Nach diesem Verfahrensschritt ist das komplette Stativ ausbalanciert.

Die Signalwege inklusive der erforderlichen Regelkreise für ein komplett automatisiert-ausbalancierbares Stativ, das nach dem Regelungsprinzip arbeitet, sind in Fig. 5b vereinfacht dargestellt. Zur Ausbalancierung des gesamten Statives sind insgesamt acht Regelkreise R1–R8 vorgesehen, die z.B. in einem Mikro-Prozessor (μP) der angeschlossenen Steuereinheit softwaremässig implementiert sind.

Ein erster Regelkreis R1 übernimmt die automatisierte Balancierung der Achse A6 mit Hilfe der X–Y-Verschiebeeinheit. Der zweite Regelkreis R2 dient zur Ausbalancierung der Achse A5 und/oder A4 durch die Translationsbewegung der Last entlang der Achse A6. Ein weiterer Regelkreis R3 ist vorgesehen zur Ausbalancierung der Achse A3 mit Hilfe des motorisch verstellbaren Gewichtes 6. Ein vierter Regelkreis R4 übernimmt die Ausbalancierung der Achse A2 über das Ausgleichsgewicht 7. Mittels Gleichgewichtssensoren werden die jeweiligen Nicht-Gleichgewichtszustände der vier Achsen erfasst und über A/D-Wandler an den Mikroprozessor der Steuereinheit übermittelt. Dieser ermittelt jeweils die erforderliche Stellgrösse, um den angestrebten Gleichgewichtszustand zu realisieren und übergibt diesen Stellgrössen-Wert über einen D/A-

Wandler an den Motor des Regelkreises, der die jeweiligen drehmoment-kompensierenden Mittel entsprechend verfährt usw. Diese Abläufe wiederholen sich für jeden der Regelkreise R1–R4 solange, bis der angestrebte Gleichgewichtszustand vorliegt.

Zur automatisierten Ausbalancierung des kompletten Statives sind vier weitere Regelkreise R5–R8 für die motorischen Antriebe der Achsen A2–A5 erforderlich, die das Stativ automatisch in die zur Ausbalancierung erforderlichen Positionen bringen. Die Regelkreise R5–R8 sind ebenfalls über den Mikroprozessor der Steuereinheit realisiert, der diese Motoren über seinen D/A-Ausgang bzw. einen entsprechenden D/A-Wandler ansteuert. Das Erfassen der jeweiligen Achs-Stellung erfolgt mittels Lagedetektoren, deren Signale über einen A/D-Wandler dem Mikroprozessor zugeführt werden.

In einer alternativen Variante des erfindungsgemässen Statives werden nicht sämtliche Achsen über separate Regelkreise ausbalanciert, vielmehr erfolgt eine teilweise Ausbalancierung einzelner Achsen nach dem Steuerungsprinzip. Insgesamt resultiert in dieser Ausführungsform ein etwas geringerer apparativer und steuerungstechnischer Aufwand als in der vorab beschriebenen Regelungs-Variante. Die einzelnen Verfahrensschritte zur automatisierten Ausbalancierung dieses Ausführungsbeispiels werden anhand des Flussdiagrammes in Fig. 6a erläutert. Die ersten Verfahrensschritte zur Ausbalancierung der Achse A6 sind dabei mit den vorab beschriebenen Verfahrensschritten bei der Regelungs-Variante des erfindungsgemässen Statives identisch. Es wird analog hierzu die Achse A6 über die Regelkreise R5' und R6' senkrecht gestellt, die Bremsen A4 und A5 geschlossen und anschliessend über den Regelkreis R1' und die X–Y-Verschiebeeinheit der Lastschwerpunkt in die Verlängerung der Achse A6 verfahren. Darauf wird das Lastgewicht aus den Gleichgewichts-Messwerten der X–Y-Verschiebeeinheit, d.h. den Kraftsensoren, ermittelt.

Anschliessend erfolgt ein Schrägstellen der Achse A6 um die Achse A4 durch entsprechendes Auslenken des Doppel-Gelenkparallelogrammes über den Regelkreis R5'. Hierbei wird gleichzeitig der Betrag der jeweiligen Auslenkung mittels Lagedetektoren erfasst. Alternativ hierzu kann das selbe Verfahren für die Achse A5 durchgeführt werden, d.h. das Schrägstellen der Achse A6 um die Achse A5 durch entsprechendes Auslenken des Gelenkparallelogrammes um A5. Auch hierbei wird jeweils die gewählte Achsstellungs-Information über Lage-Detektoren erfasst.

Aus den ermittelten Messwerten, d.h. den erfassten angreifenden Drehmomenten auf A6 bei Auslenkung der Achse A6 um A4 oder A5 bei den bekannten Achsstellungen, wird über den Mikroprozessor auf die für ein indifferentes Gleichgewicht erforderliche Verschiebung L6 des Lastgewichtes entlang der Achse A6 rückgerechnet. Hierzu werden sämtliche, auf die Achse A6 wirkenden Drehmomente sowie die Schwerpunktlage ermittelt, woraus zusammen mit der bekannten Stativ-Geometrie wiederum die Soll-Schwerpunktlage auf A6 resul-

tiert. Die Last wird anschliessend motorisch um den bestimmten Verschiebungsbetrag L_6 entlang A6 verfahren. Darauf wird das Gelenk-Parallelogramm über die Regelkreise R5' und R6' in eine beliebige Position gebracht, die Achsstellungs-Informationen können ggf. über Lage-Detektoren erfasst werden, was jedoch nicht unbedingt nötig ist. In diesem Verfahrensschritt ist es dabei desweiteren nicht unbedingt erforderlich, dass das Doppelgelenk-Parallelogramm motorisch über die beiden Regelkreise R5' und R6' in eine definierte Position gebracht wird, vielmehr kann zur Messwerterfassung auch eine beliebig eingenommene Position ausgewertet werden, was den regelungstechnischen Aufwand reduziert.

Im Anschluss wird aus den ermittelten Drehmomentwerten auf die Achse A6 bei bekannter Stativ-Geometrie auf die erforderlichen Sollstellungen der Ausgleichsgewichte 6 und 7 rückgerechnet. Die Ausgleichsgewichte werden anschliessend um die Verschiebungsbeträge L_2 und L_3 in die ermittelten Soll-Positionen verfahren, wobei sich die erforderlichen Verschiebungsbeträge wieder aus der bekannten Stativgeometrie ergeben.

Die bekannte Stativstellung und die bekannten, an den jeweiligen Achsen angreifenden Drehmomente, können zur erforderlichen Bestimmung der Verschiebungsbeträge L_6 , L_2 und L_3 auch dergestalt ausgewertet werden, dass anhand einer in der Steuereinheit implementierten Vergleichstabelle die erfassten Messwerte mit empirisch bestimmten Eichwerten verglichen werden. Diese Eichwerte enthalten die erforderlichen Verschiebe-Informationen bei definierten Stativ-Stellungen und Kräfteverhältnissen. Mit diesen Eichwerten werden die ermittelten Messwerte verglichen und anschliessend das Lastgewicht und die Ausgleichsgewichte um die entsprechenden Verschiebe-Beträge verschoben. Ein derartiges Vergleichs-Verfahren kann beispielsweise über die angeschlossenen Steuereinheit softwaremässig realisiert werden.

Die Signalwege der Ausführungsform des erfindungsgemässen Statives, das i.w. nach dem vorab beschriebenen Steuerungsprinzip arbeitet, sowie die erforderlichen Steuer- und Regelkreise sind in Fig. 6b vereinfacht dargestellt. Zur Ausbalancierung des kompletten Statives sind in der beschriebenen Steuerungsvariante drei Regelkreise R1', R5' und R6' sowie drei Steuerkreise S1-S3 vorgesehen. Die Steuer- und Regelkreise werden wie im Ausführungsbeispiel, das komplett nach dem Regelungsprinzip aufgebaut war, über den Mikroprozessor (μP) der angeschlossenen Steuereinheit realisiert. Der erste Regelkreis R1' ist identisch mit dem der vorab beschriebenen Regelungsvariante. Er übernimmt die automatisierte Balancierung der Achse A6 mit Hilfe der X-Y-Verschiebeeinheit. Die Achsen A2 und A3 sowie A4 bzw. A5 werden im Gegensatz zur Regelungsvariante mit Hilfe der Steuerkreise S1-S3 ausbalanciert. Der Steuerkreis S1 übernimmt das Verfahren der Last entlang der Achse A6 um den bestimmten Verschiebebetrag L_6 . Mittels Lagedetektoren kann die aktuelle Last-Position auf der Achse A6 erfasst werden. Die beiden anderen Steuerkreise S2 und S3 dienen zum

definierten motorischen Verschieben der Ausgleichsgewichte 6 und 7 um die ermittelten Verschiebebeträge L_1 und L_2 . Die Erfassung der Ausgleichsgewichts-Positionen auf dem Gelenk-Parallelogramm (5) ist ebenfalls wieder mittels geeigneter Lagedetektoren möglich. Die beiden Regelkreise R5' und R6' sind in einer vollautomatisierten Ausführungsform erforderlich, um das ausbalancierbare Stativ nach der Ausbalancierung der Achse A6 mittels R1' definiert um die Achsen A4 und A5 in jeweils beliebige Positionen auszulenken. Nach den erfolgten Auslenkungen um diese beiden Achsen werden die angreifenden Lastmomente bzw. Achsstellungen erfasst und daraus die erforderlichen Stellgrössen für die drei Steuerkreise S1-S3 ermittelt und an die entsprechenden Steuerkreise weitergegeben. Prinzipiell können die erforderlichen Stellgrössen auch aus beliebigen Positionen des Parallellogrammes ermittelt werden, d.h. diese Regelkreise zum definierten Verfahren sind nicht unbedingt erforderlich.

Der Mikroprozessor (μP) der Steuereinheit erfasst jeweils die aktuellen Lage - bzw. Gleichgewichtsinformationen über einen A/D-Wandler und ermittelt die Steuergrössen der drei Steuerkreise S1-S3. Über einen D/A-Wandler werden diese Steuergrössen abgegeben.

Diese Variante des erfindungsgemässen, ausbalancierbaren Statives erlaubt eine weniger aufwendige Dimensionierung der erforderlichen Steuer- bzw. Regelungs-Software.

Ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Statives inklusive eines geeigneten Verfahrens zu dessen Ausbalancierung wird im folgenden anhand der Fig. 7 beschrieben. Der grundsätzliche Stativaufbau aus vertikaler Säule (2) und dem beweglich hierzu angeordneten, horizontalen Tragarm (3) entspricht weitgehend dem Aufbau des ersten Ausführungsbeispiels aus der Fig. 1. Lediglich der horizontale Tragarm (3) ist dabei nicht als Doppelgelenk-Parallelogramm, sondern alternativ als zweiteiliger Tragarm mit Ausgleichsgewichten (8a, 8b, 9a, 9b) ausgeführt. Ferner umfasst die in dieser Ausführungsform eingesetzte X-Y-Verschiebeeinheit (10) keine Sensoreinheit, sondern lediglich eine Positioniereinheit zum transversalen Positionieren einer - nicht dargestellten - angehängten Last relativ zur Achse A6.

Das dargestellte zweite Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Statives besteht aus einer vertikalen Säule (2), an der ein i.w. horizontaler, mehrteiliger Tragarm (3) gelenkig angeordnet ist. An einer - schematisiert dargestellten - Schnittstelle (11) des Tragarmes (3) kann als Last z.B. wiederum ein Operationsmikroskop angeordnet werden.

Die vertikale Säule (2) des ausbalancierbaren Statives weist im dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel einen zweiteiligen Aufbau auf, bestehend aus einem vertikalen Stativfuss (12) und einem eine horizontale Achse A2 beweglich zum Stativfuss (12) angeordneten Gelenkparallellogramm (13). Der obere Teil des vertikalen Stativfusses (12) wiederum ist um eine vertikale Achse A1 relativ zum unteren Teil, inklusive dem Fussteil (1), beweglich. Hierzu ist ein im vertikalen Stativfuss (12)

integriertes Gelenkelement (G1) vorgesehen, das neben einer betätigbaren Bremse (G1a) einen Drehwinkelsensor (G1b) umfasst.

Am Gelenkparallelogramm (13) sind weiterhin zwei motorisch in Richtung der Pfeile auf Gewinden verschiebbare Ausgleichsgewichte (4, 5) angeordnet.

In einer aufwendigeren Ausführungsform des erfindungsgemässen Statives können die aktuellen Positionen der Ausgleichsgewichte (4, 5) am Gelenkparallelogramm (13) mittels – nicht dargestellter – Lagedetektoren erfasst werden.

Das Gelenkparallelogramm (13), bestehend aus mehreren gelenkig miteinander verbundenen Einzel-Elementen, ist desweiteren um die ebenfalls horizontal orientierte Achse A3 in sich selbst beweglich.

Am oberen Ende des Gelenkparallelogrammes (13) ist der i.w. horizontale Tragarm (3) angeordnet. Der Tragarm (3) wiederum ist um seine Längsachse, d.h. die Achse A4, beweglich und kann mittels verschiebbaren Ausgleichsgewichten (8a, 8b, 9a, 9b) um diese Achse ausbalanciert werden. Am vorderen Tragarmende ist der Schnittstellenteil (14) des Tragarmes (3) um die Achse A5 beweglich angeordnet. Der Schnittstellenteil (14) des Tragarmes (3) ist daneben noch um seine Längsachse, d.h. die Achse A6 beweglich. Zum Ausbalancieren um die Achse A5 dient ein weiteres, motorisch verschiebbares Ausgleichsgewicht (15).

Den Achsen A1–A6 dieses Ausführungsbeispieles des erfindungsgemässen, automatisiert ausbalancierbaren Statives ist jeweils eine Gelenkelement (G1, ..., G6) zugeordnet, das u.a. jeweils eine definiert betätigbare Bremse (G1a, ..., G6a) sowie jeweils mindestens einen Drehwinkelsensor (G1b, ..., G6b) umfasst. Die definiert betätigbare Bremse (G1a, ..., G6a), beispielsweise ausgeführt als bekannte elektromotorische Bremse, ermöglicht das definierte Blockieren der Bewegung um eine Achse. Die Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) dienen zum Erfassen der Bewegung um eine Achse, wenn diese Achse noch nicht ausbalanciert ist und die Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) erfindungsgemäss als Gleichgewichts-Sensoren eingesetzt werden. Als geeignete Drehwinkelsensoren kommen handelsübliche inkrementell oder absolut arbeitende Winkelencoder in Betracht, wie sie etwa von der Firma HEIDENHAIN in grosser Auswahl angeboten werden.

Als drehmomentkompensierende Mittel sind im dargestellten Ausführungsbeispiel der Fig. 7 verschiedenste Ausgleichsgewichte (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) vorgesehen.

Wie bereits angedeutet können in einer aufwendigeren Ausführungsform des erfindungsgemässen Statives deren Positionen jeweils mittels Lagedetektoren erfasst werden; in der beschriebenen einfachen Ausführungsform ist dies jedoch nicht vorgesehen bzw. nicht erforderlich.

Die am Gelenkparallelogramm angeordneten beiden Ausgleichsgewichte (4, 5) dienen zur Ausbalancierung des Gelenkparallelogrammes um die Achsen A2 bzw. A3 und können hierzu elektromotorisch auf Gewinden entlang der Pfeile verschoben werden. Alternativ zum Verschieben der Ausgleichs-

gewichte über Gewinde sind selbstverständlich auch andere Ausführungsformen möglich.

Zur Ausbalancierung des Tragarmes (3) um die Achse A4 sind entsprechend in Richtung der Pfeile verschiebbare Ausgleichsgewichte (8a, 8b, 9a, 9b) vorgesehen.

Zum Ausbalancieren um A5 dient ein weiteres motorisch verschiebbares Ausgleichsgewicht (15).

Zum automatisierten Ausbalancieren dieser Ausführungsform des erfindungsgemässen Statives ist ferner eine Steuereinheit (16) erforderlich, die im dargestellten Ausführungsbeispiel der Fig. 7 über einen Rechner mit Eingabe-Schnittstelle (6) und Display (7) softwaremässig realisiert ist. Über das Display (7) ist die interaktive Ausbalancierung durch einen Benutzer dergestalt möglich, dass dieser laufend Instruktionen zu den erforderlichen Verfahrensschritten erhält.

Im folgenden wird nunmehr der Verfahrensablauf zum automatisierten Ausbalancieren des Ausführungsbeispieles des erfindungsgemässen Statives aus Fig. 7 beschrieben. Das zunächst vollständig unbalancierte Stativ wird vom Benutzer hierzu in eine Balance-Grundstellung gebracht, die etwa der Stellung in der beiliegenden Zeichnung entspricht. Hierzu schaltet die Steuereinheit (16) sämtliche betätigbare Bremsen (G1a, ..., G6a) am Stativ vorteilhafterweise auf ein reduziertes Haltemoment. Nach dem Einnehmen der Balance-Grundstellung werden dann sämtliche Bremsen wieder auf volles Haltemoment gestellt.

Im ersten Verfahrensschritt wird das erfindungsgemässe Stativ bzw. der Stativfuss (1) z.B. mit Hilfe einer Libelle im Stativfuss horizontal ausgerichtet. Dieser Verfahrensschritt ist hierbei lediglich dann erforderlich, wenn die Achse A1 ausbalanciert werden soll und kann ggf. auch entfallen.

Im nächsten Verfahrensschritt erfolgt durch Verfahren der X–Y-Verschiebeeinheit (10) das Ausbalancieren der Achse A6. Hierzu öffnet die Steuereinheit (16) kurzzeitig für eine definierte Zeitdauer T die der Achse A6 zugeordnete Bremse (G6b). Der zugehörige Encoder (G6a) des Gelenkes G6 ermittelt die erfolgte Bewegung relativ zur Achse A6. Der erfasste Drehwinkel und die Zeitdauer T des Öffnens der Bremse (G6b) werden von der Steuereinheit (16) nunmehr dergestalt weiter verarbeitet, dass daraus der erforderliche Betrag bestimmt wird, um den die X–Y-Verschiebeeinheit verfahren werden muss. Dieser Betrag kann dabei z.B. über eine abgespeicherte Referenztabelle mit verschiedenen möglichen Parameterkombinationen der Drehwinkel und Zeitdauern T ermittelt und über einen Steuerkreis an die X–Y-Verschiebeeinheit übergeben werden.

Alternativ kann aber auch über einen Regelkreis die X–Y-Verschiebeeinheit (10) um den erforderlichen Betrag verfahren werden.

Dieser Verfahrensschritt wird anschliessend iterativ solange wiederholt, bis der Drehwinkel-Sensor (G6a) keine Bewegung relativ zur Achse A6 mehr registriert.

Anschliessend wird die Achse A6 um etwa 45° vom jeweiligen Benutzer verdreht, nachdem die entsprechenden Bremsen wieder auf reduziertes Haltemoment gestellt wurden.

In einer aufwendigeren Ausführungsform mit den Achsen zugeordneten Antreiben kann dies auch automatisiert über die Steuereinheit (16) erfolgen. Anschliessend erfolgt wie im vorab beschriebenen Verfahrensschritt das Ausbalancieren um die Achse A6. Nach diesem Schritt sind die beiden Hauptträgheitsachsen der Achse A6 ausbalanciert.

Im nächsten Verfahrensschritt wird die Achse A5 automatisiert ausbalanciert. Erneut veranlasst die Steuereinheit (16) eine kurzzeitige Öffnung der dieser Achse zugeordneten Bremse (G5a) für eine definierte Zeitdauer T. Der zugehörige Drehwinkelsensor (G5b) erfasst die aufgrund der Unwucht erfolgte Bewegung relativ zur Achse A5 und übermittelt diesen Wert an die Steuereinheit (16). Erneut berechnet dann die Steuereinheit (16) anhand der Zeitdauer T und dem gemessenen Drehwinkel relativ zur Achse A5 den erforderlichen Verfahrensweg für das Ausgleichsgewicht (15). Dieses wird entsprechend angesteuert und verschoben. Erneut kann dieses Verfahren wieder iterativ solange durchgeführt werden, bis ein Gleichgewichtszustand um A5 erreicht ist.

Im folgenden Verfahrensschritt wird analog zu den beiden vorab beschriebenen Verfahrensschritten die Achse A4 ausbalanciert. Dies bedeutet, dass nach dem Erfassen des Nichtgleichgewichtszustandes über den Drehwinkelsensor (G4b) des Drehgelenks G4 die Ausgleichsgewichte (8a, 8b, 9a, 9b) über Steuer- bzw. Regelkreise entsprechend verfahren werden, bis kein Verdrehen um diese Achse mehr erfolgt. Wie bereits beim Ausbalancier-Vorgang um die Achse A6 wird auch die Achse A4 in mindestens zwei, um 45° getrennten Positionen ausbalanciert.

Als nächster Verfahrensschritt wird die Achse A3 ausbalanciert, wobei das Ausgleichsgewicht (4) am Gelenkparallelogramm entsprechend verfahren wird. Das gleiche Verfahren erfolgt nach diesen Ausbalancier-Schritt für die Achse A2 durch Entsprechendes Verfahren des anderen Ausgleichsgewichtes (5) am Gelenkparallelogramm.

Nunmehr ist das komplette Stativ automatisiert ausbalanciert, wobei über die Steuereinheit (16) noch ein abschliessender Gesamt-Test erfolgen kann. Hierzu wird für kurze Zeit jede Bremse kurz gelöst und registriert, ob der jeweils zugeordneten Drehwinkelsensor eine Bewegung feststellt. Sollte dies der Fall sein, so ist ein entsprechendes Einwirken der dieser Achse zugeordneten drehmomentkompensierenden Mittel erforderlich.

Das Stativ ist nunmehr vollständig ausbalanciert und kann im üblichen Einsatz verwendet werden.

Wie bereits mehrfach angedeutet kann das erfindungsgemässe Stativ auch mit Antrieben für die einzelnen Achsen ausgestattet sein, so dass der komplette Ausbalanciervorgang ohne manuelles Einwirken von Bedienpersonal möglich ist. Ferner können die als drehmoment-kompensierenden Mittel dienenden Ausgleichsgewichte mit Lagedetektoren versehen sein, die ein präzises Erfassen der aktuellen Positionen ermöglichen.

Desweiteren ist es selbstverständlich möglich, nicht alle Achsen auf die beschriebene Art und Weise auszubalancieren, sondern lediglich eine

Reihe gewünschter Achsen erfindungsgemäss auszubalancieren.

Patentansprüche

1. Ausbalancierbares Stativ zur Anordnung verschiedenster Lasten, das um eine oder mehrere Achsen beweglich ist, dadurch gekennzeichnet, dass

– mindestens einer Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein oder mehrere Gleichgewichts-Sensoren (21a, 21b) zugeordnet sind, die einen Nicht-Gleichgewichtszustand relativ zur Achse (A2, A3, A4, A5, A6) erfassen können, sowie

– mindestens ein Steuer- (S1, S2, S3) und/oder Regelkreis R1, R2, R3, R4; R1') vorgesehen ist, der nach dem Erfassen eines vorliegenden Nicht-Gleichgewichtszustandes über die Gleichgewichts-Sensoren (21a, 21b) solange drehmomentkompensierende Mittel auf diese Achse (A2, A3, A4, A5, A6) einwirken lässt, bis ein Gleichgewichtszustand um diese Achse (A2, A3, A4, A5, A6) erreicht ist.

2. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichgewichts-Sensoren (21a, 21b) statische Kräfte erfassen.

3. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichgewichts-Sensoren Relativ-Neigungen erfassen.

4. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichgewichts-Sensoren Drehmomente erfassen.

5. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Gleichgewichtssensoren Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) für ein oder mehrere Achsen (A1, ..., A6) vorgesehen sind, die die Relativ-Bewegungen jeder Achse (A1, ..., A6) im unbalancierten Zustand erfassen können.

6. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als drehmomentkompensierendes Mittel mindestens ein motorisch verschiebbares Ausgleichsgewicht (6, 7) vorgesehen ist, dessen Position mittels mindestens eines Lagedetektors erfassbar ist.

7. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als drehmomentkompensierendes Mittel mindestens eine motorisch verstellbare Feder vorgesehen ist, die eine definierte Einstellung von Kompensationsmomenten ermöglichen, wobei das jeweilige Kompensationsmoment mittels mindestens eines Detektors erfassbar ist.

8. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für ein oder mehrere Achsen (A2, A3, A4, A5) je ein Regelkreis (R5, R6, R7, R8; R5', R6') inklusive mindestens eines Lagedetektors vorgesehen ist, wobei die Lage-Detektoren die Achsstellungen erfassen und über den Regelkreis (R5, R6, R7, R8; R5', R6') bestimmte Positionen anfahrbar sind.

9. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das ausbalancierbare Stativ aus einer vertikalen Säule (1) mit einem horizontalen Tragarm (2) besteht, an dem eine Schnittstelle (9) zum Anbringen einer Last angeordnet ist.

10. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die vertikale Säule

(1) aus einem vertikalen Stativfuss (4) besteht, an dem ein Gelenkparallelogramm (5) um eine horizontale Achse beweglich angeordnet ist.

11. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der horizontale Tragarm (2) aus einem Doppel-Gelenkparallelogramm besteht.

12. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Mikroprozessor (μ P) vorgesehen ist, in dem die Steuer- und/oder Regelkreise implementiert sind.

13. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer Achse (A, ..., A6) eine elektromotorische Bremse (G1a, ..., G6a) zugeordnet ist, die über eine Steuereinheit (16) definiert betätigbar ist.

14. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (16) ferner für mindestens eine auszubalancierende Achse (A1, ..., A6) mindestens einen Steuer- oder Regelkreis enthält, der die Zeitdauer T des Öffnens der elektromotorischen Bremse (G1a, ..., G6a) sowie die dabei erfolgende Drehbewegung um die jeweilige Achse (A1, ..., A6) während dieser Zeitdauer als Ausbalancier-Stellgrößen erfasst, daraus die erforderliche Steuer- oder Regelgrösse zur Betätigung der drehmomentkompensierenden Mittel bestimmt und die drehmomentkompensierenden Mittel entsprechend ansteuert.

15. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass als drehmomentkompensierendes Mittel mindestens ein motorisch verschiebbares Ausgleichsgewicht (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) vorgesehen ist.

16. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (16) ein Display (7) umfasst, über welches der Benutzer Balancier-Instruktionen erhält.

17. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass den Ausgleichsgewichten (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) Lagedetektoren zugeordnet sind, die eine präzise Erfassung der Positionen der Ausgleichsgewichte (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) ermöglichen.

18. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sämtliche Achsen (A1, ..., A6) des Statives mit Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) zur Bestimmung von Drehwinkel-Messwerten ausgestattet sind und aus den Drehwinkel-Messwerten über die Steuereinheit (16) eine Bestimmung stereotaktischer Koordinaten möglich ist.

19. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Operationsmikroskop inklusive Zubehör daran angeordnet ist.

20. Ausbalancierbares Stativ mit nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die X-Y-Verschiebeeinheit zwischen dem Stativ und der Last angeordnet ist und ein motorisches Positionieren einer Last in einer Ebene ermöglicht, dadurch gekennzeichnet, dass die X-Y-Verschiebeeinheit (8) mindestens einen Gleichgewichts-Sensor (21a, 21b) umfasst, der ein Erfassen der an der X-Y-Verschiebeeinheit (8) angreifenden Last-Kräfte ermöglicht.

21. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 20,

dadurch gekennzeichnet, dass die X-Y-Verschiebeeinheit (8) weiterhin mindestens einen Neigungs-Sensor umfasst.

22. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass drei radialsymmetrisch angeordnete Gleichgewichts-Sensoren (21a, 21b) zur Erfassung der angreifenden Lastkräfte vorgesehen sind, die sowohl mit der Last als auch mit dem Stativ beweglich verbunden sind, wobei die Gleichgewichts-Sensoren einen definierten Messweg zurücklegen können.

23. Verfahren zur mindestens teil-automatisierten Balancierung eines Statives nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass für mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein Regelkreis (R1, R2, R3, R4) vorgesehen ist, der nach dem Erfassen eines Nicht-Gleichgewichts-Zustandes der Achse mittels Gleichgewichts-Sensoren (21a, 21b) solange auf drehmoment-kompensierende Mittel einwirkt, bis für diese Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein Gleichgewichtszustand erreicht ist.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass für jede auszubalancierende Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein separater Regelkreis (R1, R2, R3, R4) vorgesehen ist und sämtliche Achsen (A2, A3, A4, A5, A6) des Statives derart nacheinander ausbalanciert werden.

25. Verfahren zur mindestens teil-automatisierten Balancierung eines Statives nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass für mindestens eine Achse (A2, A3, A4, A5, A6) ein Steuerkreis (S1, S2, S3) vorgesehen ist, der nach dem Erfassen eines Nicht-Gleichgewichts-Zustandes der Achse mittels Gleichgewichts-Sensoren und dem Bestimmen erforderlicher Stellgrößen für drehmomentkompensierende Mittel diese Stellgrößen auf die drehmoment-kompensierenden Mittel einwirken lässt.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass für jede auszubalancierende Achse ein separater Steuerkreis vorgesehen ist und sämtliche Achsen des Statives derart nacheinander ausbalanciert werden.

27. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass im nicht-ausbalancierten Zustand einer oder mehrerer Achsen (A1, ..., A6) des Statives die resultierenden Drehbewegungen mittels Drehwinkelsensoren als Gleichgewichts-Sensoren innerhalb einer definierten Zeit T erfasst werden und die erfassten Verstell-Bewegungen als Stellgrösse für drehmomentkompensierende Mittel innerhalb eines Steuer- und/oder Regelkreises dienen, die solange auf die jeweilige Achse einwirken, bis ein ausbalancierter Zustand relativ zu dieser Achse vorliegt.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass nach Abschluss des Ausbalancierverfahrens für sämtliche auszubalancierenden Achsen (A1, ..., A6) über die Steuereinheit (16) ein abschliessender Gesamt-Test erfolgt, bei dem kurzzeitig die den Achsen zugeordneten Bremsen (G1a, ..., G6a) gelöst werden und anhand noch eventuell registrierter Drehbewegungen um ein oder mehrere Achsen (A1, ..., A6) eine entsprechende Ausbalancierung dieser Achsen (A1, ..., A6) erfolgt.

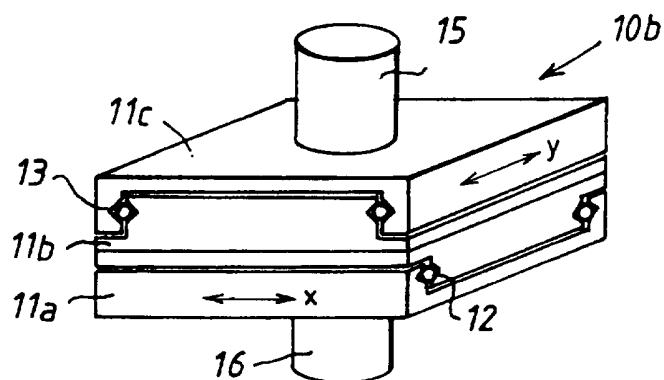
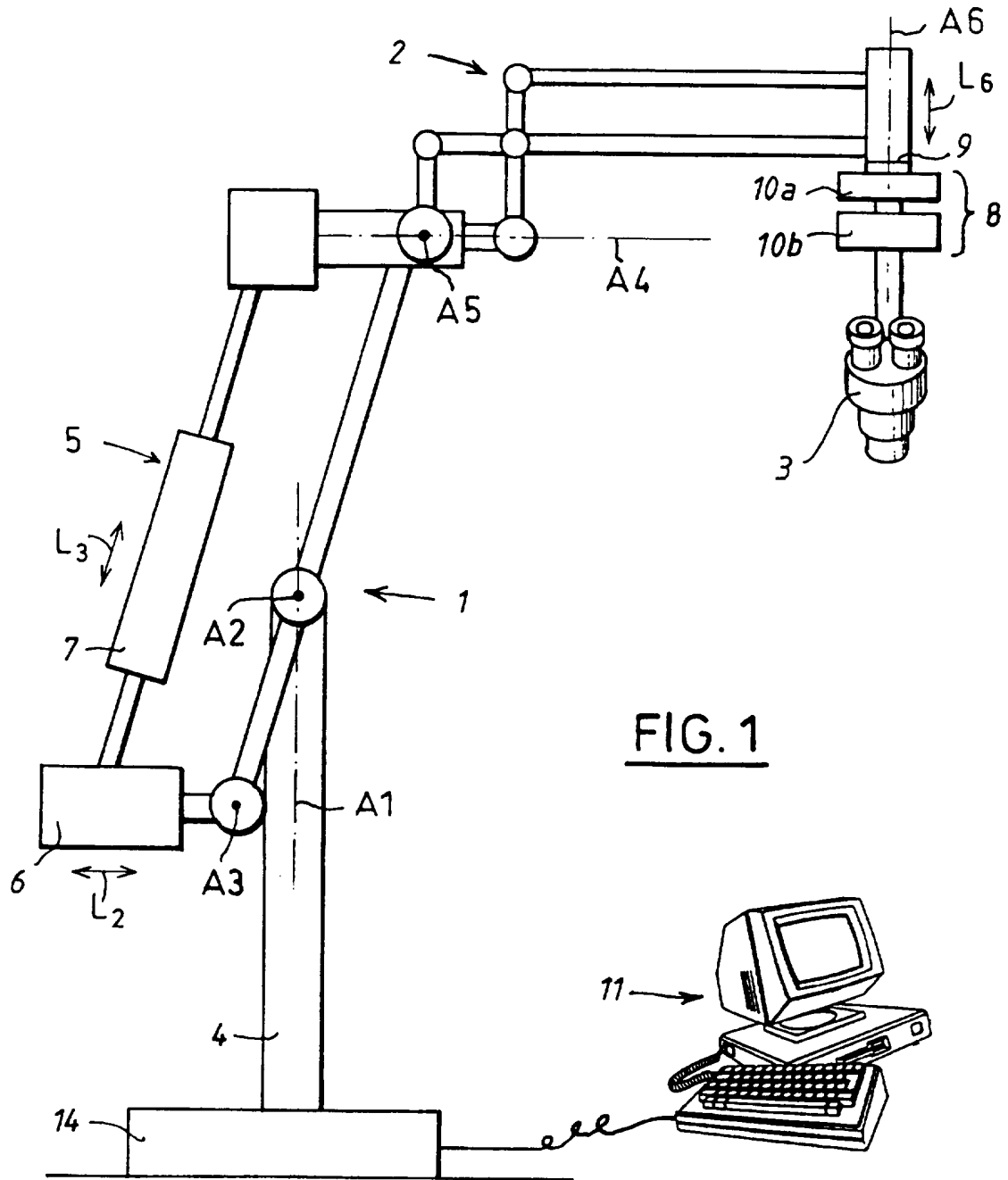


FIG.3

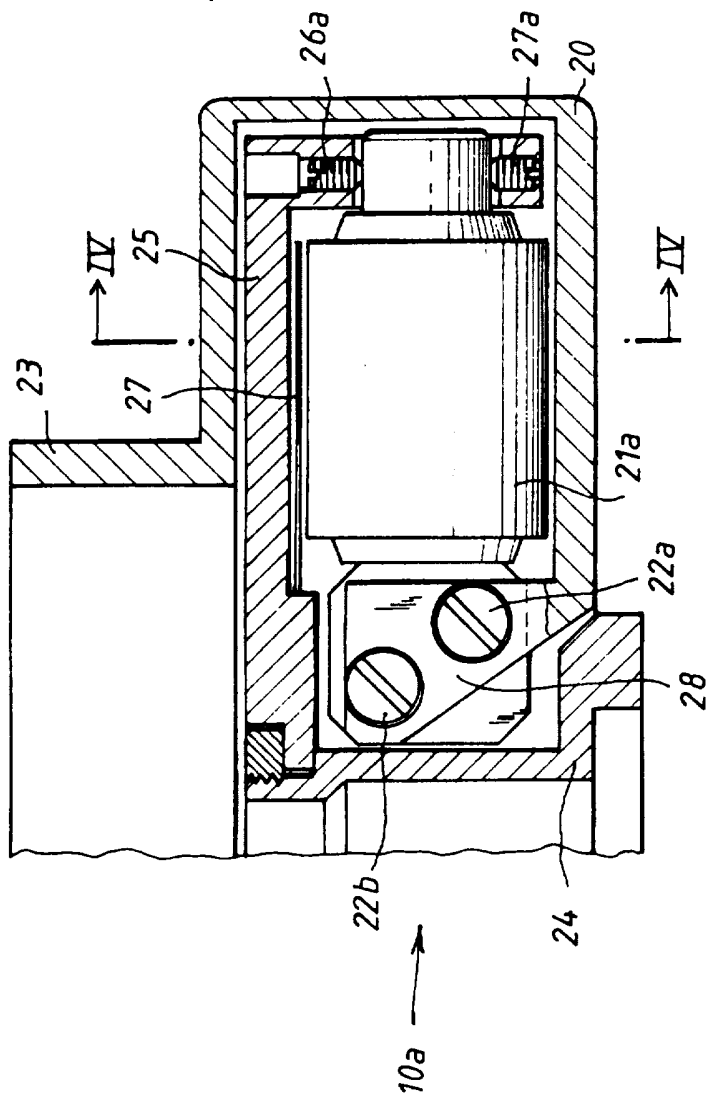


FIG.4

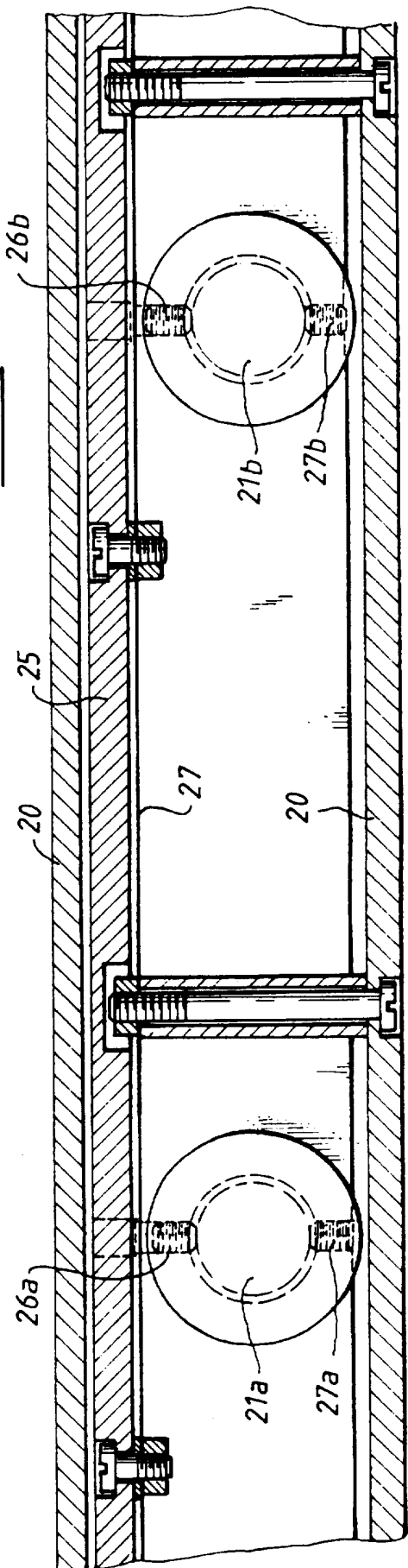


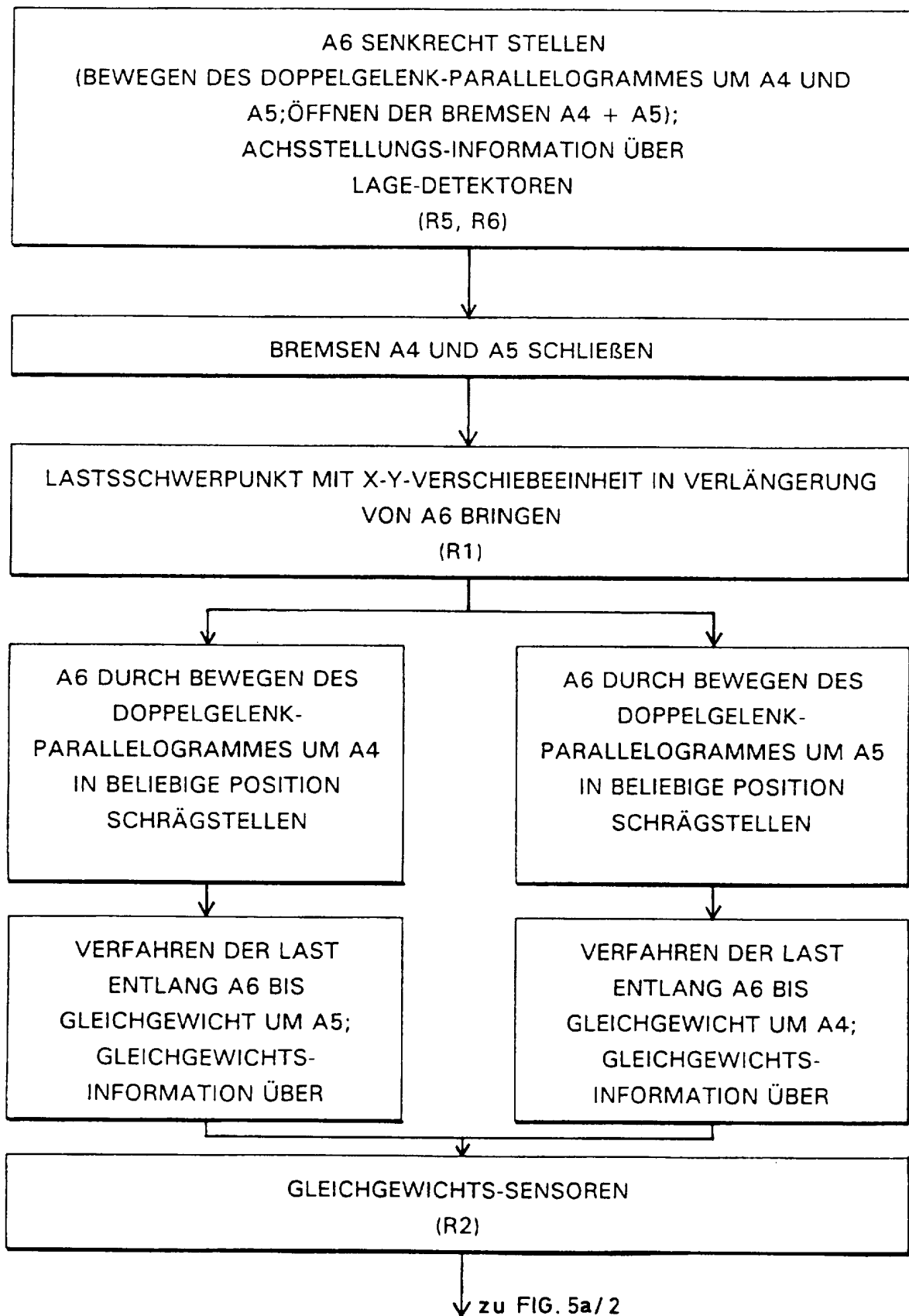
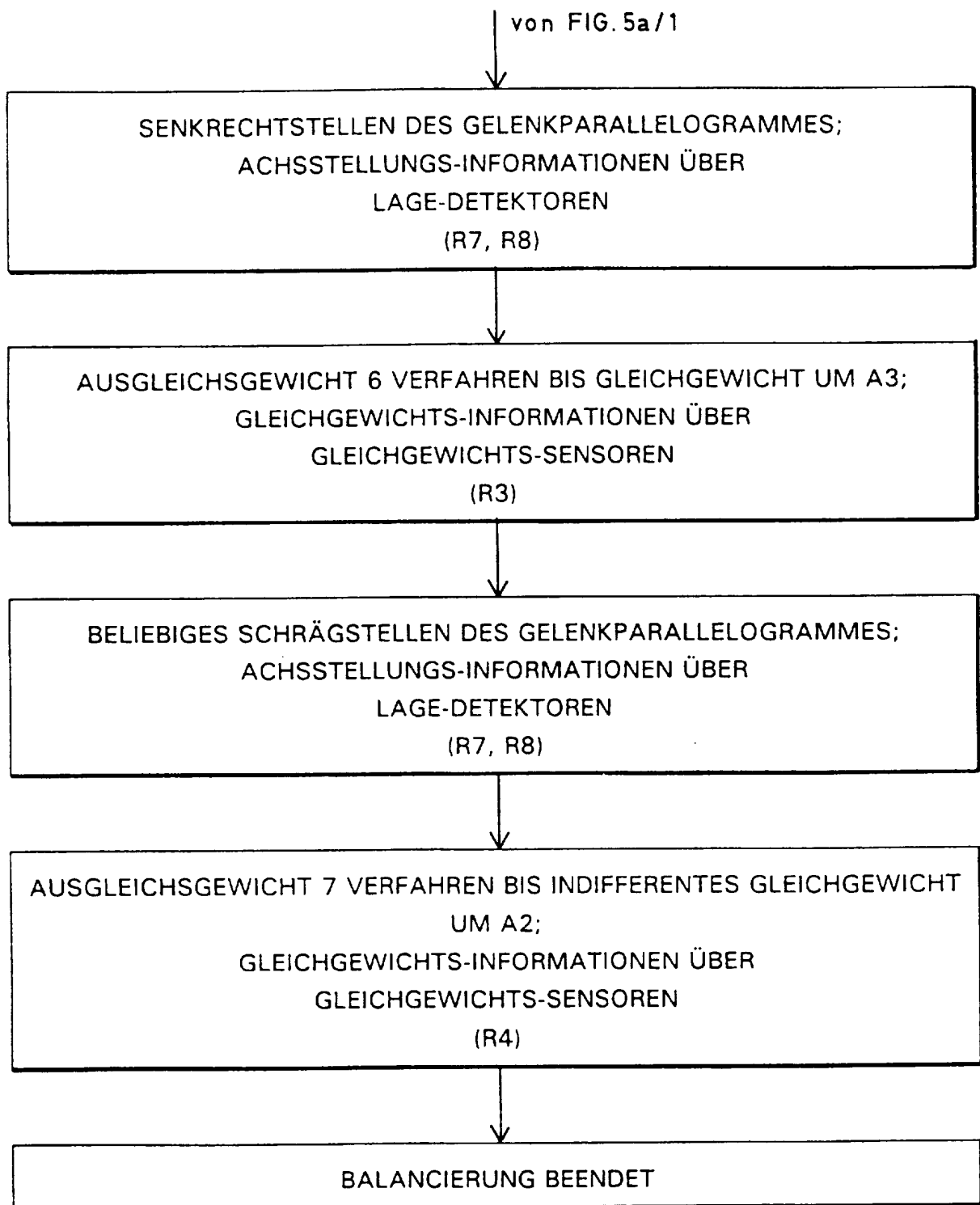
FIG. 5a / 1

FIG. 5a/2



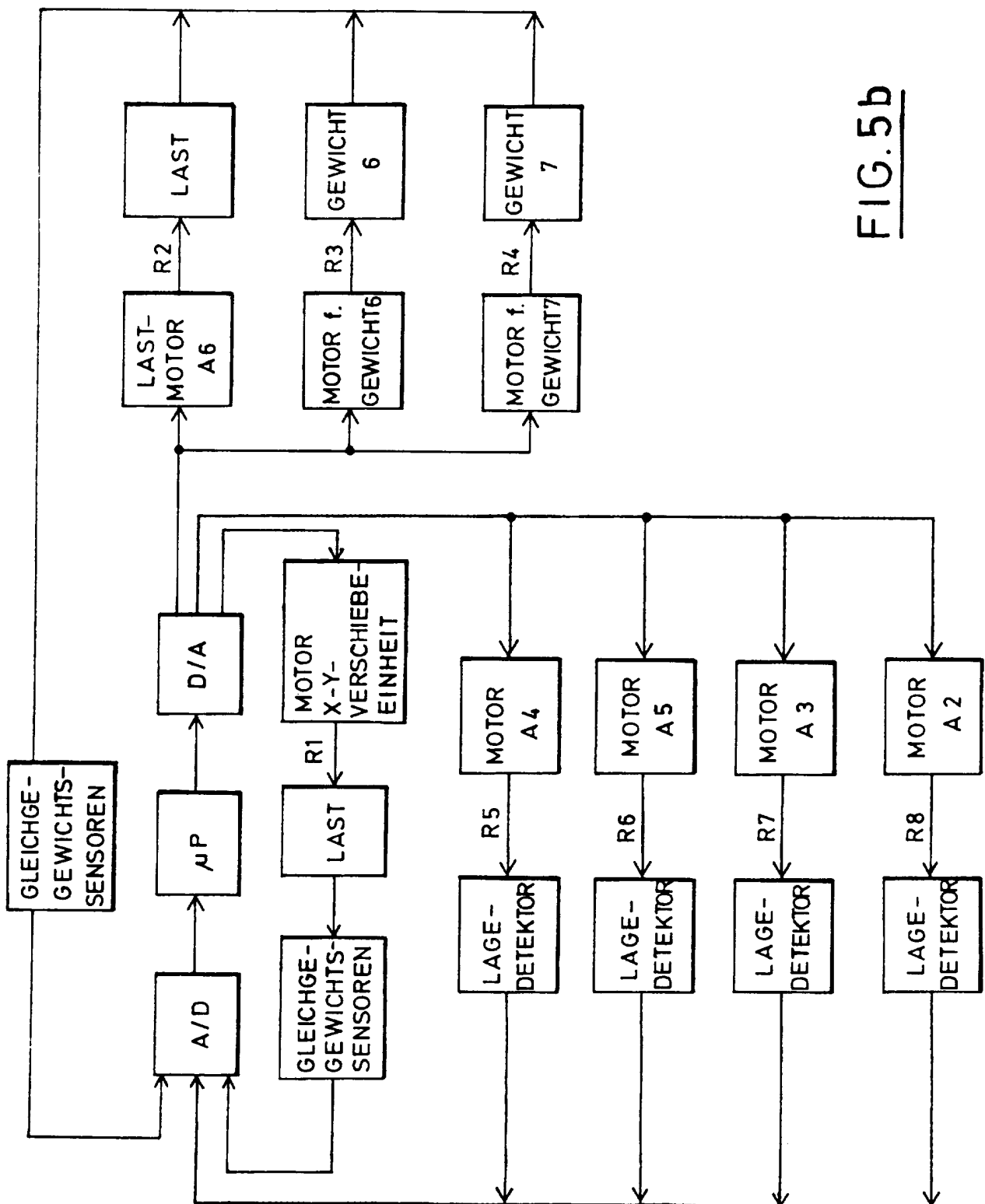


FIG. 5b

FIG. 6a/1

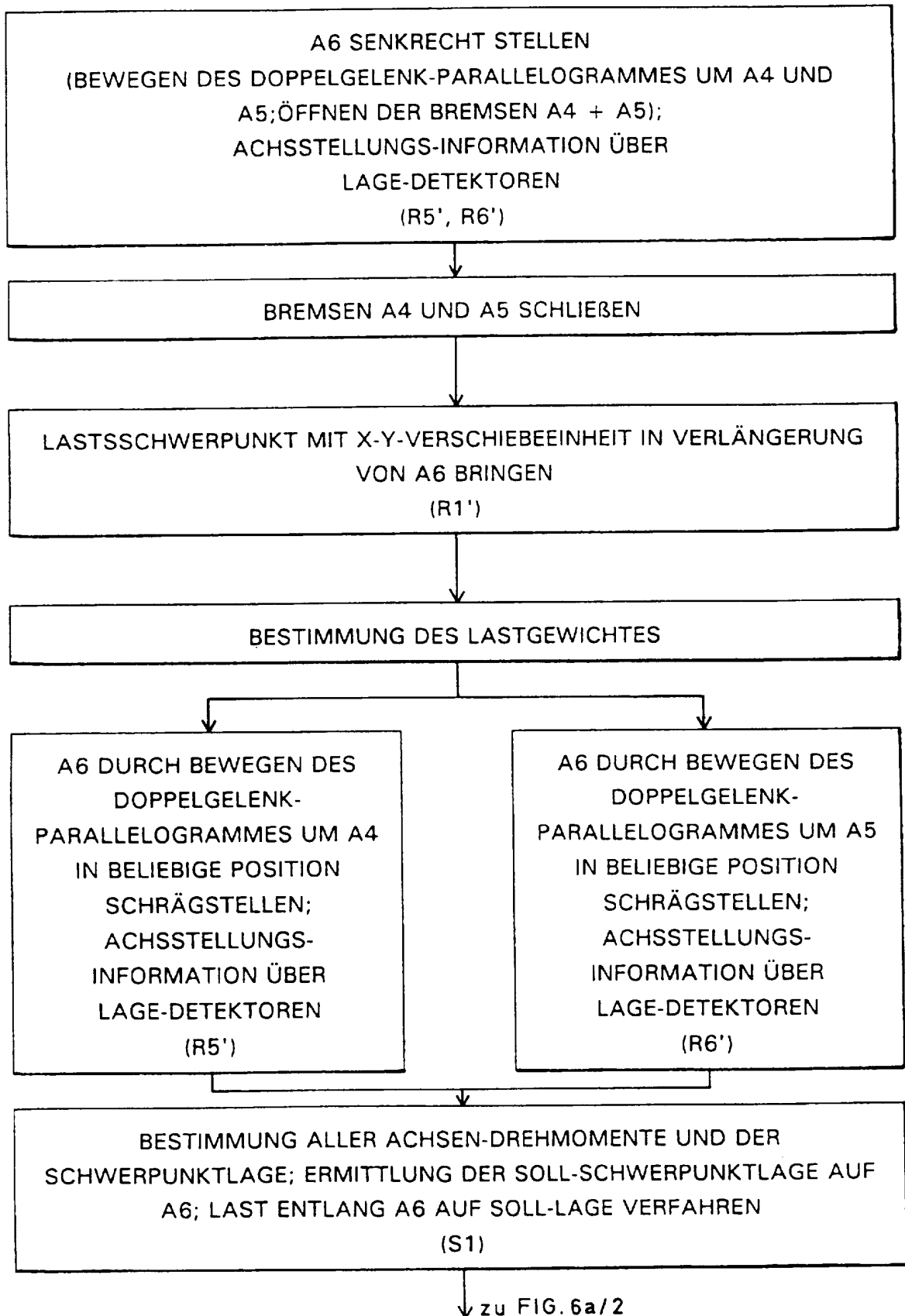
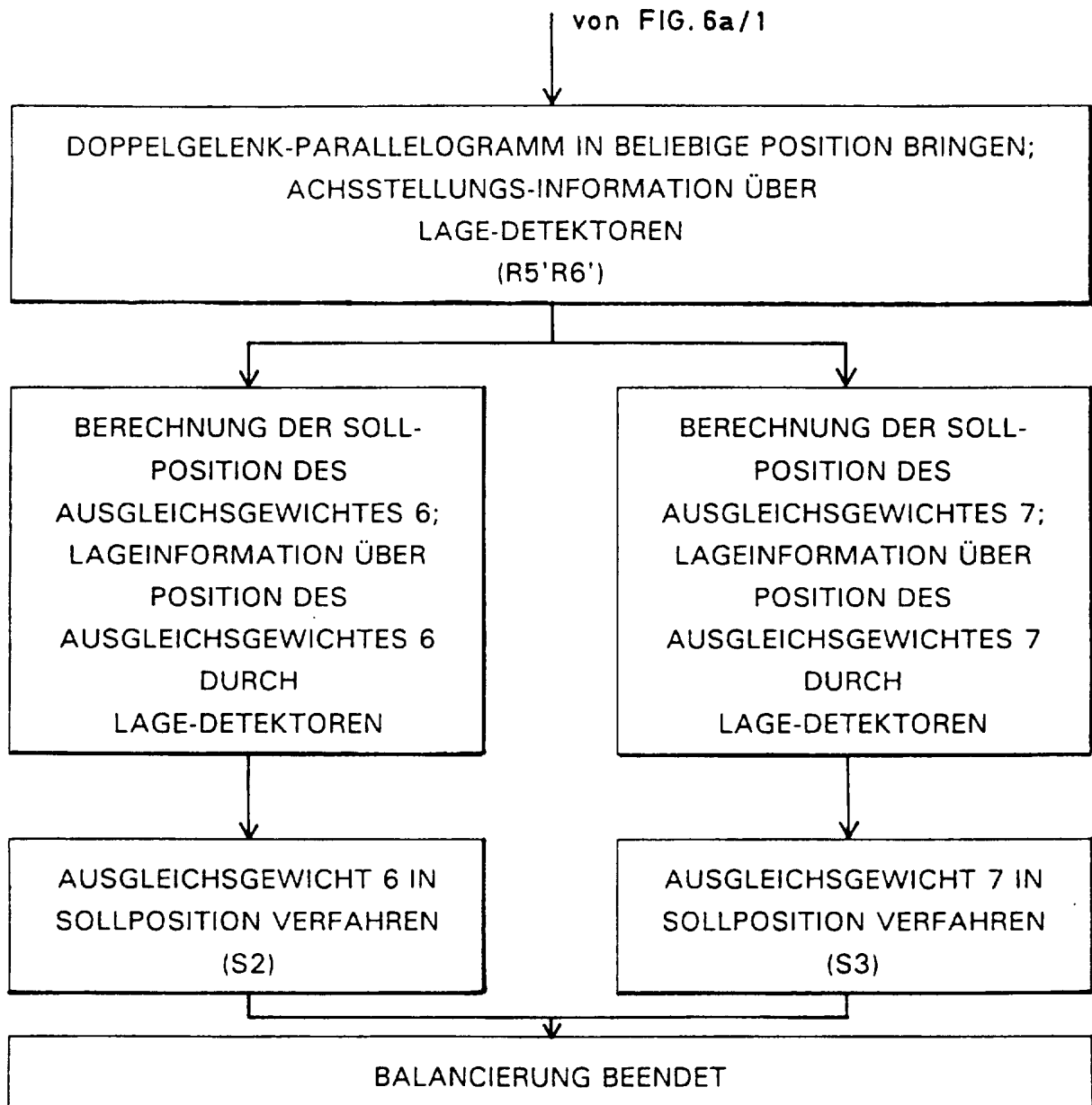


FIG. 6a/2



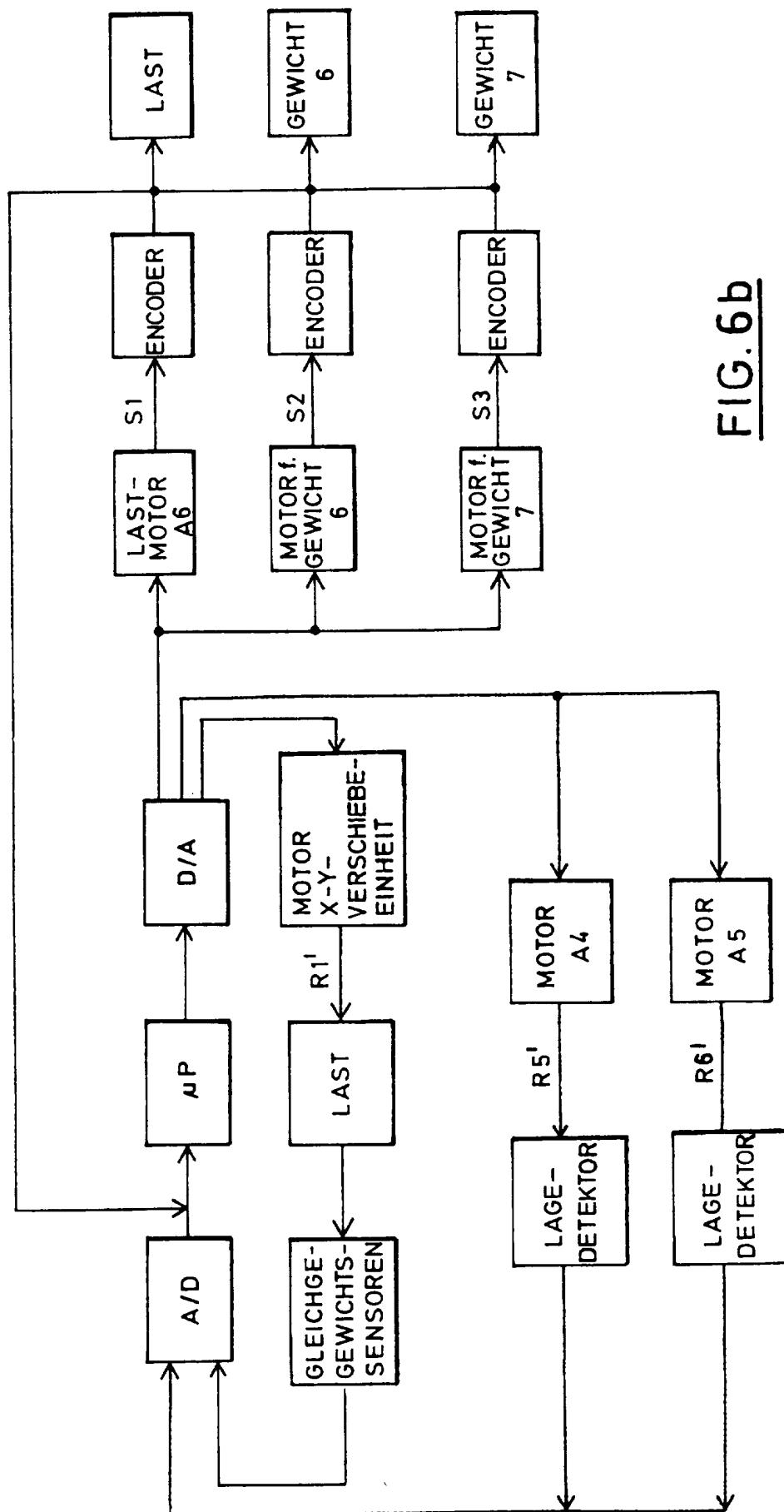


FIG. 6b

FIG. 7

