

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Oktober 2007 (18.10.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/115565 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:

A61B 5/11 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000646

(22) Internationales Anmeldedatum:

10. April 2007 (10.04.2007)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2006 017 221.3 10. April 2006 (10.04.2006) DE  
06010903.0 27. Mai 2006 (27.05.2006) EP  
60/867,002 22. November 2006 (22.11.2006) US

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: ERNST, Arneborg [DE/DE]; 3 Biesal-  
skistrasse, 14169 Berlin (DE). BASTA, Dietmar [DE/DE];  
33 Wustermarker Strasse, 14656 Brieselang (DE).

(74) Anwälte: LANGE, Sven usw.; HERTIN Anwaltssozietät,  
54-55 Kurfürstendamm, 10707 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,  
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,  
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,  
LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS,  
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,  
MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,  
TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.



WO 2007/115565 A2

(54) Title: MOBILE BALANCING PROSTHESIS

(54) Bezeichnung: MOBILE GLEICHGEWICHTSPROTHESE

(57) Abstract: The invention relates to a mobile balancing device and the use of said balancing device for training a body to stay balanced. The invention further relates to a method for training athletes or patients in a mobile manner to keep their balance, for example.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein mobiles Gleichgewichtsgerät sowie die Verwendung des Gleichgewichtsgeräts zum Gleichgewichtstraining eines Körpers; weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum mobilen Gleichgewichtstraining z. B. bei Sportlern oder Patienten.

## Mobile Gleichgewichtsprothese

### Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft ein mobiles Gleichgewichtsgerät sowie die Verwendung des Gleichgewichtsgeräts zum Gleichgewichtstraining eines Körpers; weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum mobilen Gleichgewichtstraining z. B. bei Sportlern oder Patienten.

Alle Organismen, insbesondere die Wirbeltiere und hier wiederum insbesondere die aufrecht gehenden, verfügen über einen speziellen Gleichgewichtssinn. Der Gleichgewichtssinn dient zur Feststellung der Körperhaltung und Orientierung im Raum. Er hat beispielsweise beim Menschen sein Zentrum im Gleichgewichtsorgan, im Innenohr und im Kleinhirn, wobei er aber eng mit den Augen und anderen Sinnen sowie Reflexen verbunden ist. Zum Gleichgewichtssinn gehört das Empfinden für oben und unten (Lotrichtung), für Winkel bzw. Neigungen (Lageorientierung) und Rhythmus sowie Linear- und Drehbeschleunigungen insbesondere des Kopfes in alle Richtungen. Der Gleichgewichtssinn des Menschen wird komplettiert durch den Gesichtssinn (zur Raumlage), durch die Muskulatur des Skeletts (bei Körperdehnungen und Beschleunigungen), das Gesäß (bei Beschleunigung vor allem in vertikaler Richtung), das Gehör (zur Einschätzung von Geschwindigkeit mithilfe von Luftgeräuschen) sowie den Hautsinn (für Eigen- und Luftbewegungen bei Linear- und Drehbeschleunigung). Stoffwechseländerungen, Erkrankungen, Unfälle aber auch

natürliche Vorgänge wie das Altern können den Gleichgewichtssinn stören.

Im Stand der Technik sind mehrere Möglichkeiten beschrieben, einen gestörten Gleichgewichtssinn zu therapieren bzw. den Patienten so zu trainieren, dass er durch den gestörten Gleichgewichtssinn nur bedingt eingeschränkt ist. Wenn beispielsweise die Augenbewegung und Haltungsreaktion außerhalb der Grenzwerte für eine gute Gleichgewichtsorientierung liegen, kann mithilfe von Medikamenten die Tätigkeit der peripheren Gleichgewichtssinne im Gehirn reduziert werden. Die betroffene Person kann dann das eigene Gehirn darauf trainieren, mit einem verminderten Gleichgewichtssinn den Körper aufrecht zu halten. Die Medikamente weisen jedoch zahlreiche Nebenwirkungen auf, so dass diese Methode nicht immer angewandt werden kann.

Im Stand der Technik sind zahlreiche Vorrichtungen beschrieben, mit denen der Gleichgewichtssinn trainiert werden kann. So beschreibt die US 4092633 ein System zur Messung des Bewegungsstatus mit einem Detektor, der einen Puls erzeugt, wenn ein Parameter eines überwachten Bewegungsstatus eine definierte Schwelle überschreitet. Ein rücksetzbarer Bewegungsstatusmesser zählt jeden Puls, wobei ein gewisser Zeitrahmen durch einen Zeitmesser vorgegeben wird. Der Bewegungsstatusmesser erzeugt ein Signal, wenn die Gesamtzahl der Pulse innerhalb des Zeitrahmens größer oder gleich der vorgegebenen Anzahl ist. Eine Überwachungsvorrichtung erzeugt als Antwort auf die einlaufenden Pulse und das Bewegungsstatussignal Steuersignale, welche die Vorrichtung kontrollieren.

Weitere Vorrichtungen zur Auswertung von charakteristischen Bewegungen, die mit dem Gleichgewichtssinn assoziiert sind, sind beispielsweise in der US 5361778, US 5469861 und in der WO 8804909 beschrieben.

5

Die DE 3416837 offenbart ein System zur Erlangung einer aufrechten Gehhaltung, bei dem Sensoren und Nervenstimulatoren verwendet werden, wobei die Vorrichtung mittels eines Computers gesteuert wird. Die US 5281957 offenbart  
10 einen tragbaren Computer und eine am Kopf montierte, durchsichtige Anzeige in Form einer Brille, bei der die Linsen in Form einer Flüssigkeitskristallanzeige ausgebildet sind.

15 Die US 5,919,149 offenbart eine mobile Gleichgewichtsprothese, bei der Veränderungen der Körperposition nur zweidimensional erfasst werden. Die WO 2004/103176 offenbart ein Gleichgewichtsmittel für rein diagnostische Zwecke, welches in seiner Gesamtheit nicht am Körper getragen  
20 werden kann. Außerdem erlaubt dieses Gerät nicht, Signale der Winkelgeschwindigkeitsänderungen eines Körpers zu erfassen. Die US 3,612,060 beschreibt einen Stimulator, der auf den Körper des in Narkose befindlichen Patienten aufgesetzt wird. Dieses Gerät weist eine portable Schwach-  
25 stromquelle für die periphere, aber nicht die zentrale Nervenstimulation während einer Vollnarkose auf. Nachteilhafterweise können Signale der Winkelgeschwindigkeitsänderungen nicht erfasst werden.

30 In der WO 98/46127 wird eine dreh- und schwenkbare und somit frei bewegliche Plattform für die Diagnose und Therapie von Gleichgewichtsstörungen vorgestellt. Bei dem

Gleichgewichtstraining auf der rotierenden Plattform ist ein Feedback möglich.

Die WO 2005/002436 beschreibt ein Sensorsystem für Kraft-  
5 aufnahmen, insbesondere beim Heben oder Tragen von Last. Mit diesem System können mithilfe von Sensoren am Körper Winkelgeschwindigkeitsbeschleunigungen einzelner Körpersegmente bestimmt werden.

10 Ein technisches Gerät zur Korrektur bei Gleichgewichtsproblemen wird in der EP 1 593 931 diskutiert. Dieses Gerät kann allerdings nicht am Körper getragen werden und ist somit für den Anwender mobil nur bedingt einsetzbar.

15 Die EP 1 400 138, WO 00/35345 und GB 1 385 954 A offenbaren Mittel (i) zum Erfassen von Kräften, die bei Gelenken laufender Zweibeiner auftreten, (ii) zur Erfassung der LWS-Lordose und von Haltungsschäden oder aber (iii) Implantate zur invasiven Elektrostimulation. Mit diesen Ge-  
20 räten ist entweder keine der Veränderung der Winkelgeschwindigkeiten in einem dreidimensionalen Raum möglich, oder aber die aufgenommenen Signale einer Winkelgeschwindigkeitsbestimmung stehen in keinem Verhältnis zur Aktivität von möglichen Aktoren.

25

Es ist bekannt, dass die Funktion des menschlichen Gleichgewichtsorgans objektiv durch die Kontrolle verschiedener vestibulärer Reflexe sowie durch die Testung der Haltungsreaktionen in bestimmten Bewegungs- bzw.

30 Testsituationen quantifizierbar ist. Dabei wird geprüft, ob die bei normaler Gleichgewichtsfunktion zu erwartenden Normbereiche eingehalten werden. Bei signifikanten Abwei-

chungen von diesen Normbereichen wird, entsprechend der diagnostizierten spezifischen Fehlfunktion, meistens eine medikamentöse, chirurgische oder physiotherapeutische Behandlung eingeleitet. Diese Methoden sind derzeit jedoch

5 nicht in jedem Fall erfolgreich. So ist eine medikamentöse Behandlung (siehe oben) nicht immer spezifisch möglich und bewirkt daher zumeist nur eine Abschwächung der Schwindelbeschwerden.

10 Chirurgische Eingriffe stellen aufgrund möglicher perioperativer Komplikationen nur bei sehr wenigen Erkrankungen eine Methode der Wahl dar. Im Rahmen der Behandlung wird meist zusätzlich ein physiotherapeutisch ausgerichtetes Gleichgewichtstraining absolviert. Während solcher

15 Trainingseinheiten setzt sich der Patient wiederholt definierten, das Gleichgewichtssystem destabilisierenden Grenzsituationen aus mit dem Ziel, die Gleichgewichtskontrolle zu verbessern. Im Laufe dieser Übungen (mehrere Monate) kommt es beim Patienten zu einer mehr oder weniger ausgeprägten zentralnervösen Kompensation der veränderten Gleichgewichtsinformation unter Zuhilfenahme anderer sensorischer Modalitäten (optisch, somatosensorisch). Bei vielen Patienten reicht, aufgrund von unklaren Therapieresistenzen oder der Schwere der Erkrankung, ein solches Training zur vestibulären Rehabilitation allerdings

20 nicht aus. Dennoch konnte eine Verbesserung der Gleichgewichtskontrolle bei diesen Patienten mit Hilfe von Geräten erreicht werden, die Informationen über die Positionsänderung des Körpers in einen kompensatorischen Stimulus (z.B. optisch, akustisch) umkodieren und diesen dann

25 intakten sensorischen Eingängen des Patienten (z.B. Auge, Ohr) verstärkt darbieten. Bisher ist die Therapie ortsge-

30

bunden und nur für ein Training mit bestimmten vorgegebenen Aufgaben geeignet. Ein alltagstaugliches, mobiles Gerät zur individuellen Unterstützung des Gleichgewichtssystems in allen Alltagssituationen (z. B. auch beim Jogging, Fahrradfahren usw.) ist derzeit nicht verfügbar. Ein solches Gerät sollte vor allem in der Lage sein, willkürliche Bewegungen des Trägers von Bewegungen zu unterscheiden, die durch Gleichgewichtsstörungen verursacht werden. Bisherige Geräte sind dazu nicht in der Lage. Zudem dürfen die verbliebenen Sinneseindrücke nicht durch die Verwendung des Gerätes behindert bzw. beeinflusst werden. Diese Anforderungen werden bisher auch von keinem Gerät erfüllt. Aktuelle Geräte haben nur eine eingeschränkte Trainings- oder Prothesefunktion während einer bestimmten Aufgabe. Außerdem verhindert bei diesen Geräten die Art der Stimulation (optisch, gustatorisch oder akustisch) zusätzlich den Alltagsgebrauch. In bisherigen Geräten wird häufig u. a. die Beschleunigung von Körperteilen gemessen und beim Überschreiten von Schwellenwerten eine Signal bereitgestellt. Beim Laufen, Fahrradfahren oder ähnlichen Aktivitäten treten lineare Beschleunigungen auf, die nichts mit der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes zu tun haben. Hat diese Beschleunigung Einfluss auf den angebotenen kompensatorischen Stimulus, ist das Gerät nicht geeignet, in Alltagssituationen eingesetzt zu werden.

Die im Stand der Technik bekannten pharmazeutischen Mittel, wie auch Vorrichtungen und Verfahren, erlauben es aber nicht, fehlende Gleichgewichts- oder Raumorientierungsinformationen in alltäglichen Situationen zu kompensieren, mit deren Hilfe das Gehirn die Körperhaltung im

Raum bestimmen könnte und so eine notwendige Haltungskorrektur einleiten kann. Die im Stand der Technik bekannten Vorrichtungen erlauben es auch nicht, sie als Trainingsgerät im Rahmen der Rehabilitation bei Gleichgewichtsstörungen und/oder als Gleichgewichtsprothese zur Sturzprävention und/oder Haltungskontrolle zu verwenden.

Aufgabe der Erfindung war es, ein Mittel bereitzustellen, welches die Nachteile des Standes der Technik nicht aufweist.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein mobiles Gleichgewichtsgerät, wobei das Gleichgewichtsgerät so ausgebildet ist, dass es bevorzugt als Gürtel um die Hüfte getragen werden kann und ein Gyrometer aufweist, welches die Veränderung einer Körperposition als Veränderung der Winkelgeschwindigkeit von Vorwärts-, Rückwärts- und/oder Seitwärtsbewegungen des Körpers dreidimensional bestimmt und die Signale der Winkelgeschwindigkeitsbestimmung proportional zur Aktivität der Aktoren sind und innerhalb auf den Bewegungsablauf bezogener Grenzen der Werte der Winkelgeschwindigkeit die Aktivierung der Aktoren im wesentlichen unterbleibt.

Die anmeldungsgemäße Lehre weist gegenüber dem Stand der Technik mehrere Vorteile auf:

- Abkehr vom technisch Üblichen
- neue Aufgabenstellung (gleichzeitiges Lösen des Problems von Gleichgewichtsstörungen und als Gleichgewichtsprothese zur Sturzprävention oder Haltungskontrolle)

- Vorliegen eines seit langem ungelösten, dringenden Bedürfnisses für die Lösung des mit der Erfindung gelösten Problems
- bisheriges vergebliches Bemühen der Fachwelt
- 5 - die Einfachheit der Lösung spricht für erfinderische Tätigkeit, insbesondere da sie kompliziertere Lehren ersetzt
- Entwicklung der wissenschaftlichen Technik ging in eine andere Richtung
- 10 - entwicklungsstraffende Leistung
- Fehlvorstellungen der Fachwelt über die Lösung des entsprechenden Problems (Vorurteil)
- technischer Fortschritt, wie z. B.: Verbesserung, Leistungssteigerung, Verbilligung, Ersparnis an
- 15 Zeit, Material, Arbeitsstufen, Kosten oder schwer beschaffbaren Rohstoffen, erhöhte Zuverlässigkeit, Beseitigung von Fehlern, Qualitätshebung, Wartungsfreiheit, größere Effektivität, höhere Ausbeute, Vermehrung der technischen Möglichkeiten,
- 20 Bereitstellung eines weiteren Mittels, Eröffnung eines zweiten Weges, Eröffnung eines neuen Gebietes, erstmalige Lösung einer Aufgabe, Reservemittel, Alternativen, Möglichkeit der Rationalisierung, Automatisierung oder Miniaturisierung
- 25 - Irrtum in Entgegenhaltungen
- junges Gebiet der Technik
- Kombinationserfindung, d.h. mehrere bekannte Elemente werden zu einer Kombination zusammengeführt, die einen überraschenden Effekt aufweist
- 30 - Lizenzvergabe
- Lob der Fachwelt und
- wirtschaftlicher Erfolg.

Insbesondere die vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung weisen mindestens einen oder mehrere der genannten Vorteile auf.

5 Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Gleichgewichtsgerätes ist es, dass die Veränderungen der Körperposition in Ruhe und in Bewegung im Raum bestimmt werden können. Die Messdaten werden zunächst zweidimensional erfasst und mithilfe der u. g. mathematischen Formel in eine  
10 dreidimensionale Raumpräsentation umgewandelt. Die beigefügten Daten gemäß Tabelle 1 belegen die individual- und ablaufspezifische Spezifität des erfindungsgemäßen Gerätes und der mit diesem gewonnenen Messdaten. Das erfindungsgemäße Gerät ist spezifischer als die im Stand  
15 der Technik bekannten Geräte. Die sehr gute Programmierbarkeit und herausragende Individualisierbarkeit wird durch die Hinterlegung der alters- und geschlechtsspezifischen Datenbank für spezielle Bewegungsabläufe belegt (Tabelle 1). Aus diesem Grunde ist es möglich, das Gerät  
20 auch jenseits des Medizin- und Rehabereichs anzuwenden. Dies ist durch die umfassende Programmierbarkeit auch in den Bereichen möglich, wo es um Training des gesunden, noch zu verbessernden Gleichgewichtssinnes geht, wie z. B. bei Balanceübungen im Sport oder beim Training von Para-Troupers beim Militär. Ein besonderer Vorteil ist die  
25 Verarbeitung der Signale in eine dreidimensionale Rauminformation. Ein Modulator oder Stellknopf dient in diesem Zusammenhang dazu, verschiedene Programme (z. B. 1 bis 5) zu aktivieren, die dann nach Auslegung den Aktor von  
30 „sehr leicht“ (z. B. bei einem Turner, der eine Gleichgewichtsfähigkeit trainieren will) bis hin zu „sehr schwer“ aktiviert (z. B. bei einem Patienten nach einem Schlagan-

fall, wo Teile des Gleichgewichtszentrums zerstört sind).  
Vorteilhafterweise weist das erfindungsgemäße Gerät eine  
überraschend große Breite der Systemvielfalt auf, da es  
im Unternormbereich z. B. für den Turner bzw. im Über-  
5 normbereich für den schwer erkrankten Patienten einge-  
setzt werden kann. Ein weiterer, bereits diskutierter  
Vorteil ist die freie Programmierbarkeit durch Auswahl  
einzelner Bewegungsprogramme, supportiert durch die Norm-  
werte und die Datenbank gemäß Tabelle 1.

10

Die Gleichgewichtsprothese kann mit Vorteil an der Kör-  
permitte getragen werden und bevorzugt einen Sensor auf-  
weisen, der den räumlichen Verschiebungsvektor ( $a = (a_1,$   
 $a_2, a_3)$ ) beschreibt. Der Verschiebungsvektor in den Ebe-  
15 nen des Raumes wird von Bewegungen des Körpers, bevorzugt  
mittels orthogonal zueinanderstehenden Gyrometern be-  
stimmt. Der maximale Wert des mithilfe der Erfindung er-  
mittelten räumlichen Verschiebungsvektors ist für einen  
konkreten Bewegungsablauf konstant (Normwert) und wird  
20 einem elektrischen Widerstand gleichgesetzt. Die Stärke  
des elektrischen Widerstandes ist dabei vorteilhafterwei-  
se in einer besonderen Ausführungsform der Erfindung so  
hoch, dass die Aktivität von angeschlossenen Stimulatoren  
(Aktoren) gleich Null ist. Im Gegensatz dazu werden die  
25 Stimulatoren (Aktoren) aktiviert, sobald der Normwert für  
den räumlichen Verschiebungsvektor überschritten wird.  
Die bei einem konkreten komplexen Bewegungsablauf auftre-  
tenden Werte aller räumlichen Verschiebungsvektoren kön-  
nen bevorzugt gleichmäßig und zentral über die Erhöhung  
30 oder Verringerung der entsprechenden Widerstände mittels  
eines Stellknopfes korrigiert werden.

Die individuellen Programme sind, bezogen auf die Körperpositionen im Raum, frei einstellbar. Vorteilhafterweise gibt es daher keine einfache, linear-proportionale Beziehung zwischen dem Ansprechen der Gyrometer und dem Ansprechen der Aktoren. Bevorzugte Aktoren im Sinne der Erfindung sind Unruhemotoren wie z. B. Pager Motor 6CH-1201-WL-00, Namiko Corp., Tokyo. Die Drehzahl des Unruhemotors ist hierbei bevorzugt abhängig von der Frequenz der ausgegebenen Impulse. Das Tastverhältnis der ausgegebenen Impulse beträgt in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung 50%. Wenn dies nicht möglich ist, sollte die Impulsbreite des negativen bzw. positiven Anteils des Impulses 5µs nicht unterschreiten. Der Unruhemotor hat in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eine Auflösung von 1,8°. Die Treiberelektronik kann den Motor in diesem Zusammenhang den Motor in Mikroschritttechnologie betreiben. Vorteilhafterweise kann sie so eingestellt sein, dass 64 Impulse die Motorachse um 1,8° weiterbewegen, womit sich die Frequenz des Impulses wie folgt errechnet:

$$\underline{x \text{ [}^\circ \text{/S]}} \\ f \text{ [1/S]} = 1.8 \text{ }^\circ \quad \times 64$$

wobei  $x \text{ [}^\circ \text{/S]}$  = gewünschte Winkelgeschwindigkeit;

1.8° = Grundauflösung der Schrittweite des Motors

64 = Feinauflösung der Grundauflösung der Schrittweite des Motors ist.

Der Motor ist bevorzugt über einen Zeitraum von etwa einer Sekunde auf die Nenndrehzahl zu aktivieren. Die Frequenz (f) sollte in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung 25kHz nicht überschreiten.

5

Überraschenderweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung nicht die Nachteile des Standes der Technik auf. Es wird ein alltagstaugliches mobiles Gerät zur individuellen Unterstützung des Gleichgewichtssystems in allen Alltagssituationen zur Verfügung gestellt. Dieses Gerät ist in der Lage, willkürliche Bewegungen des Trägers von Bewegungen zu unterscheiden, die durch Gleichgewichtsstörungen verursacht werden.

15 Demgemäß wird durch die erfindungsgemäße Lehre ein mobiles, programmierbares Gerät zur Kompensation fehlender Gleichgewichts- und/oder Orientierungsinformationen in alltäglichen Situationen zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe das Gehirn die Körperhaltung bestimmen und eine  
20 Korrektur einleiten kann. Vorteilhafterweise misst die Mess- und Integreatoreneinheit des Gerätes die Veränderung der Winkelgeschwindigkeit (Corioliskraft) des Körpers oder eines Körperteils in zwei Ebenen des Raumes (x; y) mithilfe von Gyrometern. Es war völlig überraschend, dass  
25 Gyrometer verwendet werden können, um den Gleichgewichtssinn eines Menschen zu trainieren, wenn die Messdaten mit der u. g. Formel (siehe auch Beispiel) in eine dreidimensionale Raumpräsentation umgewandelt werden.

30 Am Körper angebrachte Stimulatoren werden in einer Vorzugsvariante der Erfindung aktiviert, wenn sich das Körperteil, an dem das Gerät getragen wird, schneller als

durch ein bewegungsspezifisches, persönliches Programm zugelassen, bewegt. Das Programm ist hierbei in einer vorteilhaften Ausführungsform eine Kombination von Signallabschwächern, die den vier Ausgängen der Gyrometer (hinten, vorn, links, rechts) nachgeschaltet sind. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, wenn den vier Ausgängen der Gyrometer Signalverstärker nachgeschaltet werden.

Das Programm ist jeweils spezifisch für eine Tätigkeit oder einen Bewegungsablauf eines individuellen Trägers. Das für die Kontrolle der Körperhaltung geeignete Programm wird für die entsprechende Tätigkeit oder den Bewegungsablauf vom Träger beispielsweise manuell oder mittels Sprachsteuerung oder durch das Gerät selbständig aktiviert, indem beispielsweise durch das Gerät Bewegungsabläufe mithilfe der Auswertung von Hirn- oder Muskelaktivitäten erkannt werden. Durch diese bevorzugte Programmwahl erfolgt eine spezifische Anpassung der Stärke der Abschwächung oder aber auch der Aktivierung oder Erhöhung der Ausgangssignale der Gyrometer, die ein Muster der Ansprechschwellen der Stimulatoren hervorruft, wodurch Aktivitäten und Tätigkeiten im Rahmen der Willkürmotorik stimulationsfrei bleiben.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Aktoren Unruhemotoren. Es ist bevorzugt, dass die Drehzahl des Unruhemotors von der Frequenz eines ausgehenden Impulses abhängt. Es ist besonders vorteilhaft, wenn die Bewegungen des Körpers mittels orthogonal zueinanderstehenden Gyrometern als Verschiebungsvektor ( $a = (a_1, a_2, a_3)$ ) bestimmt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Gleichgewichtsgerät dadurch gekennzeichnet, dass die Veränderung der Körperposition für eine dritte Bezugsachse wie folgt berechnet wird:

5

$$\alpha' = \arccos \frac{(b'^2 + c'^2 - a'^2)}{2b'c'}$$

mit:

$$a' = \frac{b}{\cos(\alpha)} - b$$

$$b' = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$c'^2 = a'^2 + b'^2 - 2a'b' \cdot \cos(\gamma')$$

$$\gamma' = 180 - 90 + \alpha$$

10

Im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen mobilen Gleichgewichtsgerät war es überraschend, dass bei dem Gleichgewichtsgerät, das so ausgebildet ist, dass es bevorzugt als Gürtel insbesondere im Hüftbereich direkt am Körper tragbar ist und ein Gyrometer aufweist, welches die Veränderung einer Körperposition dreidimensional im Raum als Veränderung der Winkelgeschwindigkeit von Vorwärts-, Rückwärts- und/oder Seitwärtsbewegungen des Körpers bestimmt und die Signale der Winkelgeschwindigkeitsbestimmung proportional zur Aktivität der Aktoren ist und innerhalb auf den Bewegungsablauf bezogener Grenzen der Werte der Winkelgeschwindigkeit die Aktivierung der Aktoren im wesentlichen unterbleibt, die Verwendung von Gyrometern zu überraschenden Vorteilen führt.

25

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Vorzugsvarianten des Gerätes könnten beispielsweise in der manuellen Bedienung des Programmwahlschalters bestehen oder in der Programmwahl über eine Sprachsteuerung, weiterhin ist die Auswahl des Programms durch die Auswertung von Aktivitäten der Muskulatur oder des Nervensystems möglich.

In einer weiteren Vorzugsvariante der Erfindung wird die Umsetzung von Programmen durch die Kombination von elektrischen Widerständen, die mit dem Programmwahlschalter und den Stimulatoren verbunden sind, realisiert.

Bei einer weiteren Vorzugsvariante ist die Umsetzung von Programmen mithilfe einer Software, die eine Kombination von Abschwächungen in einem Mikroprozessor speichert, vorgesehen.

Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn die Ausgabe der Stimulationen durch Vibrationsstimulatoren erfolgt.

Weiterhin kann es auch bevorzugt sein, dass die Stimulation durch elektrische Reizung auf der Körperoberfläche bzw. von motorischen Nerven bzw. der Muskulatur realisiert wird.

Des weiteren kann es bevorzugt sein, wenn die Stimulation durch Reizung von sensorischen Nerven bzw. von Sinnesorganen oder Teilen dieser erfolgt.

Das Gerät kann bevorzugt am Kopf, Oberkörper, Oberschenkel, Unterschenkel, Oberarm, Unterarm an dem Patienten befestigt werden.

- 5 In einer weiteren Vorzugsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Befestigung am Körper mit einem Gummiband oder mit einem gummifaserhaltigen Textilband erfolgt. Die Befestigung am Körper kann selbstverständlich auch über ein Ledergeschirr, Textilgeschirr oder über ein  
10 Synthetikledergeschirr erfolgen.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum mobilen Gleichgewichtstraining, wobei mittels eines Sensors die Veränderung der Winkelgeschwindigkeit in zwei Ebenen des  
15 Raumes von Vorwärt- und/oder Rückwärtsbewegungen des Körpers und/oder die Veränderung der Winkelgeschwindigkeit von Seitwärtsbewegungen des Körpers bestimmt werden, wobei insbesondere Gyrometer einsetzbar sind und wobei das von den Sensoren ermittelte Signal der Winkelgeschwindig-  
20 keitsmessung abgeschwächt wird.

Im Folgenden soll die Erfindung näher erläutert werden.

Der in Abb. 1 dargestellte beispielhaft erläuterte Typ  
25 der Vorrichtung stellt eine bevorzugte Variante der Erfindung dar. Dabei werden Vibrationsstimulatoren und eine Mess- und Integreatoreneinheit an einem Band um die Körpermitte getragen. In Abb. 2 ist das Funktionsschaltbild einer bevorzugten Variante der Erfindung beispielhaft  
30 dargestellt. Die Mess- und Integreatoreneinheit enthält einen Sensor zur Messung der Winkelgeschwindigkeit von Bewegungen in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung sowie einen

Sensor zur Messung der Winkelgeschwindigkeit von Seitwärtsbewegungen (Abb. 2 Abschnitt f). Das Signal wird kanalspezifisch (Kanal = Bewegungsrichtung) verstärkt (Abb. 2 Abschnitt e). Die Höhe der Verstärkung ist mit einem  
5 Potentiometer regelbar, um den Stimulus an die Sensitivität des Trägers anzupassen. An einem Programmwahlschalter (Abb. 2 Abschnitt d) wählt der Träger ein, dem Bewegungsablauf angemessenes Programm aus.

10 Die Programme beinhalten in dieser bevorzugten Ausführungsvariante Informationen über die Höhe der Ansprechschwellen der einzelnen Stimulatoren während bestimmter Aktivitäten oder Tätigkeiten des Trägers. Dieses aktivitäts- oder tätigkeitsspezifische Muster der Schwellen der  
15 Stimulatoren entspricht dem Muster, das beim gesunden Menschen während der entsprechenden Verhaltensweise vorliegt. Eine Vorzugsvariante, wie das Muster der Schwellen in einem speziellen Programm umgesetzt wird, ist die Kombination von elektrischen Widerständen, die mit dem Programmwahlschalter und den Stimulatoren verbunden sind  
20 (Abb. 2 Abschnitt c).

Die Anpassung an die Leistungsfähigkeit des Trägers hinsichtlich der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes in  
25 einer spezifischen Situation wird in der Vorzugsvariante zusätzlich durch einen Substraktor - als Modulator oder Stellknopf - wahlweise gleichzeitig und gleichmäßig oder separat für die Schwellen aller Stimulatoren erfolgen. Eine Möglichkeit der Umsetzung dieser Anpassung ist ein  
30 stimulatorspezifisches, Potentiometer (Abb. 2 Abschnitt b). Dies erfolgt allerdings in der bevorzugten Variante des Beispiels nicht so, dass automatisch (linear-

proportional) das Ansprechen eines Gyrometers zu einer  
entsprechend linear-proportionalen Reaktion der Vibrato-  
ren bzw. der Aktoren führt. Da das System des mobilen  
Gleichgewichtsgerätes auch jenseits des medizinisch-  
5 rehabilitativen Bereichs eingesetzt werden kann, muss der  
Motor der Aktoren in der erläuterten Vorzugsvariante über  
einen Zeitraum von etwa 1 Sekunde auf Nenndrehzahl zu  
bringen sein. Die Frequenz ( $f$ ) sollte bevorzugt 35kHz  
nicht überschreiten. Einsätze außerhalb des medizinisch-  
10 rehabilitativen Bereichs sind z. B. Turner und Wasser-  
springer, die das erfindungsgemäße Gerät als Trainingsge-  
rät nutzen können. Ein weiterer Einsatz ergibt sich aus  
dem militärtechnischen Bereich, beispielsweise für Pa-  
ratrouper oder Sondereinsatzkräfte, die im wesentlichen  
15 per se gleichgewichtsgesund sind, jedoch hohe Ansprüche  
an ihr Gleichgewichtsvermögen haben.

Entsprechend des Funktionsablaufes in dem Beispiel gemäß  
Abb. 2 ist die Stärke der Vibration proportional zur Än-  
20 derung der Winkelgeschwindigkeit und erfolgt an den Sti-  
mulatoren, die der Richtung der überschwelligen Bewegung  
entsprechen. Die folgenden Ausführungen sind nicht auf  
die Beispiele gemäß Abb. 1 und 2 beschränkt, sondern  
betreffen Vorzugsvarianten der erfindungsgemäßen Lehre.

25 Das Gerät kann in allen Ausführungsvarianten der Erfin-  
dung bevorzugt so ausgebildet sein, dass 2 Gyrometer, de-  
ren Bezugsachsen ( $x$ ,  $y$ ) senkrecht zueinander stehen (Abb.  
3), verwendet werden. Die Werte für eine dritte Be-  
30 zugsachse im dreidimensionalen Raum ( $z$ ) (Abb. 3) werden  
im Mikroprozessor in dem Gerät aus den Daten der anderen  
Gyrometer mithilfe der untenstehenden Formeln berechnet.

Der bevorzugte Verzicht auf ein Gyrometer für die z -  
 Achse ermöglicht aufgrund des geringeren Platz- und  
 Strombedarfes eine besonders flache und leichte Bauform  
 des Gerätes, was für die Anwendung als mobiles und kör-  
 5 perteilbezogenes Gerät einen erheblichen Vorteil dar-  
 stellt.

$$\alpha' = \arccos \frac{(b'^2 + c'^2 - a'^2)}{2b'c'}$$

10 mit:

$$a' = \frac{b}{\cos(\alpha)} - b$$

$$b' = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$c'^2 = a'^2 + b'^2 - 2a'b' \cdot \cos(\gamma')$$

$$\gamma' = 180 - 90 + \alpha$$

wobei die Formel Bezug nimmt auf Abbildung 4.

15

Zur Beschreibung der während eines konkreten Bewegungsab-  
 laufes auftretenden maximalen räumlichen Verschiebungs-  
 vektoren werden in dem Gerät die 4 maximalen räumlichen  
 Verschiebungsvektoren in jedem Raumviertel eines Bewe-  
 20 gungsablaufes verwendet. Die Vorgehensweise ist in Abbil-  
 dung 5 veranschaulicht. Die kürzeste Verbindung zwischen  
 allen räumlichen Verschiebungsvektoren bei dem als Bei-  
 spiel gegebenen Bewegungsablauf, bildet eine in Abbildung  
 5 dargestellte Ellipse. Die darin liegenden gestrichelten  
 25 Pfeile (a1-a4) symbolisieren in jedem Raumviertel die ma-  
 ximalen räumlichen Verschiebungsvektoren.

Mithilfe des Gerätes wurden an 100 gesunden Personen (48 Frauen, 52 Männer) altersspezifische Normwerte für die maximalen räumlichen Verschiebungsvektoren bei konkreten Bewegungsabläufen für jedes Raumviertel (a1-a4, siehe

5 Abb. 5) in der Form

$$a = (x, y, z) \text{ erstellt (Tabelle 1).}$$

Tabelle 1: Normwerte in %s für 4 maximale räumliche Verschiebungsvektoren a1-a4 in der Form  $a = (x, y, z)$  bei konkreten Bewegungsabläufen.

**Altersgruppe: 20-30**

Aufgabe:

Stehen	a1 = (0,69, 1,36, -0,68)	a2 = (-1,73, 1,36, -0,86)	a3 = (0,69, -1,85, -0,93)	a4 = (-1,73, -1,85, -0,93)
Stehen in Dunkelheit	a1 = (0,81, 1,38, -0,69)	a2 = (-1,90, 1,38, -0,95)	a3 = (0,81, -2,29, -1,14)	a4 = (-1,90, -2,29, -1,14)
Stehen auf einem Bein	a1 = (3,35, 3,82, -1,91)	a2 = (-4,36, 3,82, -2,18)	a3 = (3,35, 4,92, -2,46)	a4 = (-4,36, 4,92, -2,46)
Stehen auf einem Bein in Dunkelheit	a1 = (15,98, 22,54, -11,27)	a2 = (-16,16, 22,54, -11,27)	a3 = (15,98, -20,51, -10,26)	a4 = (-16,16, -20,51, -10,26)
Balancieren	a1 = (13,46, 16,68, -8,34)	a2 = (-20,01, 16,68, -10,01)	a3 = (13,46, -25,55, -12,77)	a4 = (-20,01, -25,55, -12,77)
Stehen auf weichem Untergrund	a1 = (0,71, 1,83, -0,92)	a2 = (-2,46, 1,83, -1,23)	a3 = (0,71, -3,07, -1,53)	a4 = (-2,46, -3,07, -1,53)
Stehen auf weichem Untergrund in Dunkelheit	a1 = (0,94, 1,83, -0,91)	a2 = (-2,39, 1,83, -1,20)	a3 = (0,94, -2,69, -1,35)	a4 = (-2,39, -2,69, -1,35)
Stehen auf einem Bein (weicher Untergrund)	a1 = (4,83, 5,95, -2,97)	a2 = (-5,94, 5,95, -2,97)	a3 = (4,83, -6,75, -3,38)	a4 = (-5,94, -6,75, -3,38)
Balancieren auf weichem Untergrund	a1 = (17,19, 24,20, -12,10)	a2 = (-25,17, 24,20, -12,59)	a3 = (17,19, -34,65, -17,32)	a4 = (-25,17, -34,65, -17,32)
Gehen mit seitlicher Kopfbewegung	a1 = (20,69, 27,20, -13,60)	a2 = (-25,04, 27,20, -13,60)	a3 = (20,69, -27,43, -13,71)	a4 = (-25,04, -27,43, -13,71)
Gehen mit vertikaler Kopfbewegung	a1 = (21,41, 27,13, -13,56)	a2 = (-26,20, 27,13, -13,56)	a3 = (21,41, -32,91, -16,45)	a4 = (-26,20, -32,91, -16,45)
Gehen in Dunkelheit	a1 = (18,19, 25,36, -12,68)	a2 = (-26,82, 25,36, -13,41)	a3 = (18,19, -33,33, -16,66)	a4 = (-26,82, -33,33, -16,66)
Treppensteigen	a1 = (29,06, 33,86, -16,93)	a2 = (-32,96, 33,86, -16,93)	a3 = (29,06, 43,91, -21,95)	a4 = (-32,96, 43,91, -21,95)
Gehen über Hindernisse	a1 = (37,81, 49,18, -24,59)	a2 = (-36,01, 49,18, -24,59)	a3 = (37,81, 49,13, -24,57)	a4 = (-36,01, 49,13, -24,57)
Gehen	a1 = (21,23, 27,77, -13,88)	a2 = (-30,11, 27,77, -15,06)	a3 = (21,23, -33,94, -16,97)	a4 = (-30,11, -33,94, -16,97)
Hinsetzen	a1 = (30,77, 26,80, -15,39)	a2 = (-41,64, 26,80, -20,82)	a3 = (30,77, 41,85, -20,93)	a4 = (-41,64, 41,85, -20,93)
Aufstehen	a1 = (53,49, 48,60, -26,75)	a2 = (-29,55, 48,60, -24,30)	a3 = (53,49, -24,24, -26,75)	a4 = (-29,55, -24,24, -14,78)

**Altersgruppe: 31-40**

Aufgabe:

Stehen	a1 = (0,92, 1,28, -0,64)	a2 = (-1,75, 1,28, -0,88)	a3 = (0,92, -2,35, -1,17)	a4 = (-1,75, -2,35, -1,17)
Stehen in Dunkelheit	a1 = (0,75, 1,14, -0,57)	a2 = (-1,54, 1,14, -0,77)	a3 = (0,75, -2,00, -1,00)	a4 = (-1,54, -2,00, -1,00)
Stehen auf einem Bein	a1 = (2,77, 2,95, -1,47)	a2 = (-4,16, 2,95, -2,08)	a3 = (2,77, -3,71, -1,86)	a4 = (-4,16, -3,71, -2,08)
Stehen auf einem Bein in Dunkelheit	a1 = (18,34, 20,18, -10,09)	a2 = (-17,27, 20,18, -10,09)	a3 = (18,34, -19,46, -9,73)	a4 = (-17,27, -19,46, -9,73)
Balancieren	a1 = (15,30, 16,63, -8,31)	a2 = (-21,55, 16,63, -10,77)	a3 = (15,30, -25,66, -12,83)	a4 = (-21,55, -25,66, -12,83)
Stehen auf weichem Untergrund	a1 = (2,57, 3,15, -1,58)	a2 = (-3,62, 3,15, -1,81)	a3 = (2,57, -3,46, -1,73)	a4 = (-3,62, -3,46, -1,81)
Stehen auf weichem Untergrund in Dunkelheit	a1 = (0,94, 1,49, -0,75)	a2 = (-2,24, 1,49, -1,12)	a3 = (0,94, -3,25, -1,62)	a4 = (-2,24, -3,25, -1,62)
Stehen auf einem Bein (weicher Untergrund)	a1 = (8,86, 7,98, -4,43)	a2 = (-10,28, 7,98, -5,14)	a3 = (8,86, -8,01, -4,43)	a4 = (-10,28, -8,01, -5,14)
Balancieren auf weichem Untergrund	a1 = (18,30, 23,97, -11,99)	a2 = (-25,94, 23,97, -12,97)	a3 = (18,30, -32,33, -16,16)	a4 = (-25,94, -32,33, -16,16)
Gehen mit seitlicher Kopfbewegung	a1 = (21,60, 26,38, -13,19)	a2 = (-25,29, 26,38, -13,19)	a3 = (21,60, -32,72, -16,36)	a4 = (-25,29, -32,72, -16,36)
Gehen mit vertikaler Kopfbewegung	a1 = (21,88, 23,20, -11,60)	a2 = (-21,79, 23,20, -11,60)	a3 = (21,88, -28,50, -14,25)	a4 = (-21,79, -28,50, -14,25)
Gehen in Dunkelheit	a1 = (16,03, 21,38, -10,69)	a2 = (-23,40, 21,38, -11,70)	a3 = (16,03, -28,18, -14,09)	a4 = (-23,40, -28,18, -14,09)
Treppensteigen	a1 = (24,62, 39,98, -19,99)	a2 = (-30,64, 39,98, -19,99)	a3 = (24,62, -41,38, -20,69)	a4 = (-30,64, -41,38, -20,69)
Gehen über Hindernisse	a1 = (33,25, 55,01, -27,50)	a2 = (-32,23, 55,01, -27,50)	a3 = (33,25, -55,35, -27,67)	a4 = (-32,23, -55,35, -27,67)
Gehen	a1 = (19,95, 25,43, -12,72)	a2 = (-27,39, 25,43, -13,70)	a3 = (19,95, -31,01, -15,51)	a4 = (-27,39, -31,01, -15,51)
Hinsetzen	a1 = (37,80, 35,72, -18,90)	a2 = (-40,22, 35,72, -20,11)	a3 = (37,80, -43,72, -21,86)	a4 = (-40,22, -43,72, -21,86)
Aufstehen	a1 = (50,08, 49,36, -25,04)	a2 = (-29,87, 49,36, -24,68)	a3 = (50,08, -31,24, -25,04)	a4 = (-29,87, -31,24, -15,62)

**Altersgruppe: 41-50**

Aufgabe:

Stehen	a1 = (0,69, 1,08, -0,54)	a2 = (-1,78, 1,08, -0,89)	a3 = (0,69, -2,26, -1,13)	a4 = (-1,78, -2,26, -1,13)
Stehen in Dunkelheit	a1 = (0,65, 1,02, -0,51)	a2 = (-1,88, 1,02, -0,94)	a3 = (0,65, -2,43, -1,22)	a4 = (-1,88, -2,43, -1,22)
Stehen auf einem Bein	a1 = (6,67, 7,64, -3,82)	a2 = (-7,12, 7,64, -3,82)	a3 = (6,67, -6,76, -3,38)	a4 = (-7,12, -6,76, -3,56)
Stehen auf einem Bein in Dunkelheit	a1 = (26,21, 31,79, -15,90)	a2 = (-25,62, 31,79, -15,90)	a3 = (26,21, -33,98, -16,99)	a4 = (-25,62, -33,98, -16,99)
Balancieren	a1 = (14,75, 19,55, -9,77)	a2 = (-20,77, 19,55, -10,38)	a3 = (14,75, -32,58, -16,29)	a4 = (-20,77, -32,58, -16,29)
Stehen auf weichem Untergrund	a1 = (1,53, 2,09, -1,05)	a2 = (-2,94, 2,09, -1,47)	a3 = (1,53, -3,53, -1,77)	a4 = (-2,94, -3,53, -1,77)
Stehen auf weichem Untergrund in Dunkelheit	a1 = (1,24, 1,46, -0,73)	a2 = (-3,01, 1,46, -1,50)	a3 = (1,24, -3,65, -1,82)	a4 = (-3,01, -3,65, -1,82)
Stehen auf einem Bein (weicher Untergrund)	a1 = (11,88, 13,09, -6,55)	a2 = (-11,16, 13,09, -6,55)	a3 = (11,88, -13,13, -6,57)	a4 = (-11,16, -13,13, -6,57)
Balancieren auf weichem Untergrund	a1 = (20,97, 24,87, -12,43)	a2 = (-26,00, 24,87, -13,00)	a3 = (20,97, -36,75, -18,37)	a4 = (-26,00, -36,75, -18,37)
Gehen mit seitlicher Kopfbewegung	a1 = (18,87, 29,07, -14,53)	a2 = (-26,50, 29,07, -14,53)	a3 = (18,87, -30,44, -15,22)	a4 = (-26,50, -30,44, -15,22)
Gehen mit vertikaler Kopfbewegung	a1 = (17,83, 22,81, -11,41)	a2 = (-24,71, 22,81, -12,35)	a3 = (17,83, -29,32, -14,66)	a4 = (-24,71, -29,32, -14,66)
Gehen in Dunkelheit	a1 = (16,21, 21,97, -10,98)	a2 = (-23,39, 21,97, -11,69)	a3 = (16,21, -29,72, -14,86)	a4 = (-23,39, -29,72, -14,86)
Treppensteigen	a1 = (23,21, 40,15, -20,07)	a2 = (-30,01, 40,15, -20,07)	a3 = (23,21, -46,22, -23,11)	a4 = (-30,01, -46,22, -23,11)
Gehen über Hindernisse	a1 = (41,71, 52,30, -26,15)	a2 = (-35,03, 52,30, -26,15)	a3 = (41,71, -53,46, -26,73)	a4 = (-35,03, -53,46, -26,73)
Gehen	a1 = (17,78, 26,08, -13,04)	a2 = (-27,76, 26,08, -13,88)	a3 = (17,78, -32,92, -16,46)	a4 = (-27,76, -32,92, -16,46)
Hinsetzen	a1 = (38,42, 31,36, -19,21)	a2 = (-46,14, 31,36, -23,07)	a3 = (38,42, -45,03, -22,51)	a4 = (-46,14, -45,03, -23,07)
Aufstehen	a1 = (54,58, 46,19, -27,29)	a2 = (-33,15, 46,19, -23,09)	a3 = (54,58, -28,31, -27,29)	a4 = (-33,15, -28,31, -16,58)

**Altersgruppe: 51-60**

Aufgabe:

Stehen	a1 = (1,31, 1,18, -0,66)	a2 = (-1,82, 1,18, -0,91)	a3 = (1,31, -2,83, -1,42)	a4 = (-1,82, -2,83, -1,42)
Stehen in Dunkelheit	a1 = (0,90, 1,10, -0,55)	a2 = (-1,83, 1,10, -0,92)	a3 = (0,90, -2,53, -1,26)	a4 = (-1,83, -2,53, -1,26)
Stehen auf einem Bein	a1 = (3,83, 5,00, -2,50)	a2 = (-4,28, 5,00, -2,50)	a3 = (3,83, -5,76, -2,88)	a4 = (-4,28, -5,76, -2,88)
Stehen auf einem Bein in Dunkelheit	a1 = (23,80, 35,06, -17,53)	a2 = (-24,60, 35,06, -17,53)	a3 = (23,80, -30,47, -15,23)	a4 = (-24,60, -30,47, -15,23)
Balancieren	a1 = (15,06, 18,79, -9,39)	a2 = (-19,62, 18,79, -9,81)	a3 = (15,06, -27,10, -13,55)	a4 = (-19,62, -27,10, -13,55)
Stehen auf weichem Untergrund	a1 = (1,60, 1,58, -0,80)	a2 = (-3,23, 1,58, -1,61)	a3 = (1,60, -3,75, -1,87)	a4 = (-3,23, -3,75, -1,87)
Stehen auf weichem Untergrund in Dunkelheit	a1 = (1,56, 1,92, -0,96)	a2 = (-2,76, 1,92, -1,38)	a3 = (1,56, -3,34, -1,67)	a4 = (-2,76, -3,34, -1,67)
Stehen auf einem Bein (weicher Untergrund)	a1 = (15,44, 17,67, -8,83)	a2 = (-16,37, 17,67, -8,83)	a3 = (15,44, -16,27, -8,13)	a4 = (-16,37, -16,27, -8,18)
Balancieren auf weichem Untergrund	a1 = (24,61, 26,51, -13,25)	a2 = (-22,83, 26,51, -13,25)	a3 = (24,61, -29,69, -14,84)	a4 = (-22,83, -29,69, -14,84)
Gehen mit seitlicher Kopfbewegung	a1 = (22,53, 31,92, -15,96)	a2 = (-24,79, 31,92, -15,96)	a3 = (22,53, -31,95, -15,97)	a4 = (-24,79, -31,95, -15,97)
Gehen mit vertikaler Kopfbewegung	a1 = (16,52, 22,94, -11,47)	a2 = (-21,48, 22,94, -11,47)	a3 = (16,52, -24,11, -12,06)	a4 = (-21,48, -24,11, -12,06)
Gehen in Dunkelheit	a1 = (16,14, 20,72, -10,36)	a2 = (-20,44, 20,72, -10,36)	a3 = (16,14, -23,97, -11,98)	a4 = (-20,44, -23,97, -11,98)
Treppensteigen	a1 = (26,53, 44,67, -22,34)	a2 = (-27,79, 44,67, -22,34)	a3 = (26,53, -39,80, -19,90)	a4 = (-27,79, -39,80, -19,90)
Gehen über Hindernisse	a1 = (43,24, 71,09, -35,55)	a2 = (-34,88, 71,09, -35,55)	a3 = (43,24, -61,64, -30,82)	a4 = (-34,88, -61,64, -30,82)
Gehen	a1 = (19,36, 28,46, -14,23)	a2 = (-25,80, 28,46, -14,23)	a3 = (19,36, -29,91, -14,95)	a4 = (-25,80, -29,91, -14,95)
Hinsetzen	a1 = (44,06, 42,20, -22,03)	a2 = (-40,96, 42,20, -21,10)	a3 = (44,06, -46,81, -23,41)	a4 = (-40,96, -46,81, -23,41)
Aufstehen	a1 = (51,90, 55,69, -27,84)	a2 = (-35,93, 55,69, -27,84)	a3 = (51,90, -38,22, -25,95)	a4 = (-35,93, -38,22, -19,11)

Im Unterschied zu anderen Messsystemen zur Bestimmung von Bewegungen des Körpers berücksichtigt das Gerät gemäß der Erfindung, insbesondere dass die Verlagerung des Körperschwerpunktes in der Form  $f(x)=ax^2$  von der Größe der jeweiligen Verschiebungsvektoren abhängig ist. Bisherige Systeme gehen fälschlicherweise von einem linearen Zusammenhang aus. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, den Körperschwerpunkt nicht mehr zu kontrollieren, stark unterschätzt. Mit Hilfe der räumlichen Verschiebungsvektoren ist es einfach möglich, in jedem Raumviertel die nicht lineare (Potenzfunktion) Verlagerung des Körperschwerpunktes zu berechnen. Unter Verwendung der erstellten Normwerte (Tabelle 1) konnte dafür eine Formel in der Form  $f(x)=0,0017x^{1,9462}$  aus  $\sin\alpha'/c'$  (s. Abb. 4) ermittelt werden. Ein weiterer Vorteil des Gerätes ist, dass dieser Zusammenhang nicht allgemein sondern in Abhängigkeit von den alters- und aufgabenspezifischen Normwerten insbesondere denen der z-Achse bei der Aktivierung der Stimulatoren berücksichtigt wird. Dabei wird der, dem Zusammenhang zwischen der Verlagerung des Körperschwerpunktes und den jeweiligen Verschiebungsvektoren entsprechende Faktor mit dem Quotient zwischen dem alters- und aufgabenspezifischen Normwert des Verschiebungsvektors der z-Achse und dem gemessenen Wert des Verschiebungsvektors der z-Achse multipliziert. Die Berechnung ergibt sich wie folgt:

$$f = \frac{z}{z_{\text{Normwert}}} * 0,0017x^{1,9462}$$

wobei x den Werten des jeweiligen räumlichen Verschiebungsvektors der Form

a = (x, y, z) entspricht wenn  $x > y$ . Ist  $y > x$  wird bei der Berechnung der Wert von y verwendet.

Das Ergebnis (f) wird dem Wert x (wenn  $x > y$ ) bzw. y (wenn  $y > x$ ) des entsprechenden Verschiebungsvektors eines Raumviertels zugeschlagen. Somit wird die nichtlineare Zunahme der Verlagerung des Körperschwerpunktes bei Körperneigungen genau eingeschätzt und bei der Stimulation berücksichtigt. Die Vorteile der beispielhaft erläuterten Vorrichtung gelten für die gesamte technische Lehre der Erfindung. Der Begriff Gerät meint jedes bevorzugte Gerät der Erfindung und ist nicht auf die beispielhaft genannten beschränkt.

Die Abbildungen 3 bis 5 zeigen folgendes:

Abb. 3: Räumliche Bezugsachsen der dreidimensionalen Bewegungsmessung.

Abb. 4: Schema und Grundlage der Berechnung der Werte der dritten räumlichen Bezugsachse ( $z = \alpha'$ ) aus den Daten der anderen Bezugsachsen (x oder  $y = \alpha$ ).

Abb. 5: Darstellung der maximalen räumlichen Verschiebungsvektoren (gestrichelte Pfeile a1-a4) in jedem Raumviertel eines exemplarischen Bewegungsablaufes, deren kürzeste Verbindung zwischen allen räumlichen Verschiebungsvektoren eine Ellipse bildet.

### Patentansprüche

1. Mobiles Gleichgewichtsgerät, umfassend am Körper angebrachte Aktoren,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass  
das Gleichgewichtsgerät so ausgebildet ist, dass es bevorzugt als Gürtel insbesondere im Hüftbereich direkt am Körper tragbar ist und ein Gyrometer aufweist, welches die Veränderung einer Körperposition  
10 dreidimensional im Raum als Veränderung der Winkelgeschwindigkeit von Vorwärts-, Rückwärts- und/oder Seitwärtsbewegungen des Körpers bestimmt und die Signale der Winkelgeschwindigkeitsbestimmung proportional zur Aktivität der Aktoren ist und innerhalb auf den Bewegungsablauf bezogener Grenzen der Werte der Winkelgeschwindigkeit die Aktivierung der Aktoren im wesentlichen unterbleibt.  
15
- 20 2. Gleichgewichtsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gyrometer ausgewählt sind aus der Gruppe umfassend AD x RS 150EB.
- 25 3. Gleichgewichtsgerät nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktoren Unruhemotoren sind.
4. Gleichgewichtsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis  
30 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl des Unruhemotors von der Frequenz ei-

nes ausgehenden Impulses abhängt, wobei sich die Frequenz des Impulses gemäß

$$f [1/S] = 1.8 \frac{X [^\circ /S]}{64}$$

ergibt,

wobei  $X [^\circ /S]$  = gewünschte Winkelgeschwindigkeit;

10

$1.8 \text{ }^\circ$  = Grundauflösung der Schrittweite des Motors und

15

64 = Feinauflösung der Grundauflösung der Schrittweite des Motors ist.

5. Mobiles Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- 20 Bewegungen des Körpers mittels orthogonal zueinanderstehender Gyrometer als Verschiebungsvektor ( $a = (a_1, a_2, a_3)$ ) bestimmt werden.
6. Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden
- 25 Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- es mithilfe eines Gummibandes, eines gummifaserhaltigen Textilbandes, eines Ledergeschirrs, eines Textilgeschirrs oder eines Synthetikledergeschirrs
- 30 am Körper positionierbar und/oder befestigbar ist.

7. Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
es einen manuell bedienbaren Programmschalter auf-  
weist.  
5
8. Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 die Programmwahl mittels Sprachsteuerung und/oder durch Auswertung von Aktivitäten der Muskulatur oder des Nervensystems erfolgt.
9. Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass die Umsetzung von Programmen durch Kombination von elektrischen Widerständen, die mit dem Programmwahlschalter und Aktoren verbunden sind, erfolgt.
- 20
10. Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Umsetzung von Programmen mithilfe von Software  
25 erfolgt, die eine Kombination von Abschwächungen der Signale in einem Mikroprozessor speichert.
11. Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet, dass die Aktoren Vibrationsaktoren sind, wobei die Aktoren durch elektrische Reizung auf der Körperober-

fläche angesprochen werden, durch elektrische Reizung von motorischen Nerven bzw. der Muskulatur und/oder durch elektrische Reizung von sensorischen Nerven bzw. Sinnesorganen oder Teilen dieser.

5

12. Gleichgewichtsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Veränderung der Körperposition für eine dritte  
10 Bezugsachse wie folgt berechnet wird:

$$\alpha' = \arccos \frac{(b'^2 + c'^2 - a'^2)}{2b'c'}$$

mit:

$$a' = \frac{b}{\cos(\alpha)} - b$$

$$b' = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$c'^2 = a'^2 + b'^2 - 2a'b' \cdot \cos(\gamma')$$

$$\gamma' = 180 - 90 + \alpha$$

15

13. Verwendung des Gleichgewichtsgeräts nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Gleichgewichtstraining eines Körpers.

20

14. Verfahren zum mobilen Gleichgewichtstraining eines Körpers,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
mittels eines Sensors die Veränderung der Winkelgeschwindigkeit in zwei Ebenen des Raumes von Vorwärts- und/oder Rückwärtsbewegungen des Körpers  
25 und/oder die Veränderung der Winkelgeschwindigkeit

von Seitwärtsbewegungen des Körpers bestimmt werden, wobei Gyrometer eingesetzt werden und das von den Sensoren ermittelte Signal der Winkelgeschwindigkeitsmessungen abgeschwächt wird.

Abb. 1

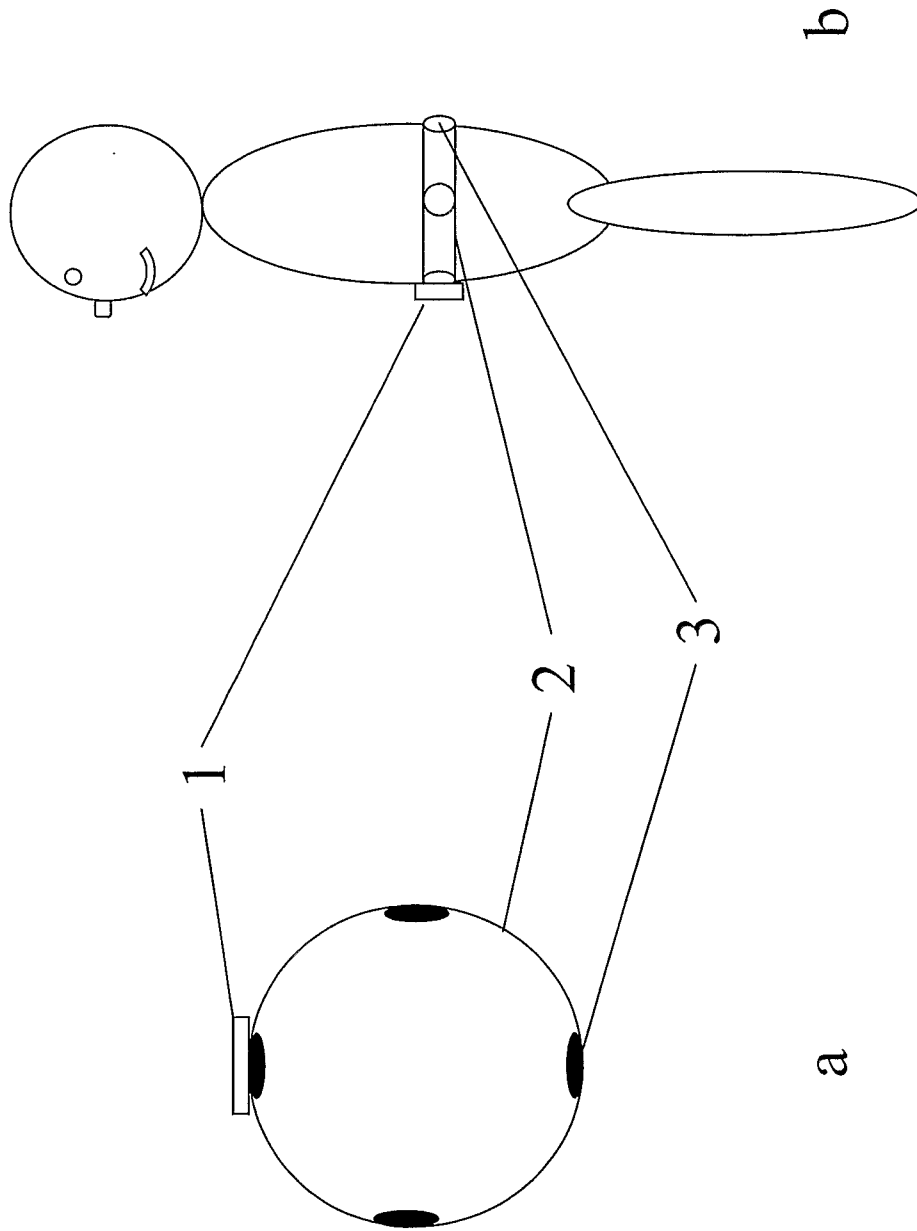


Abb. 2

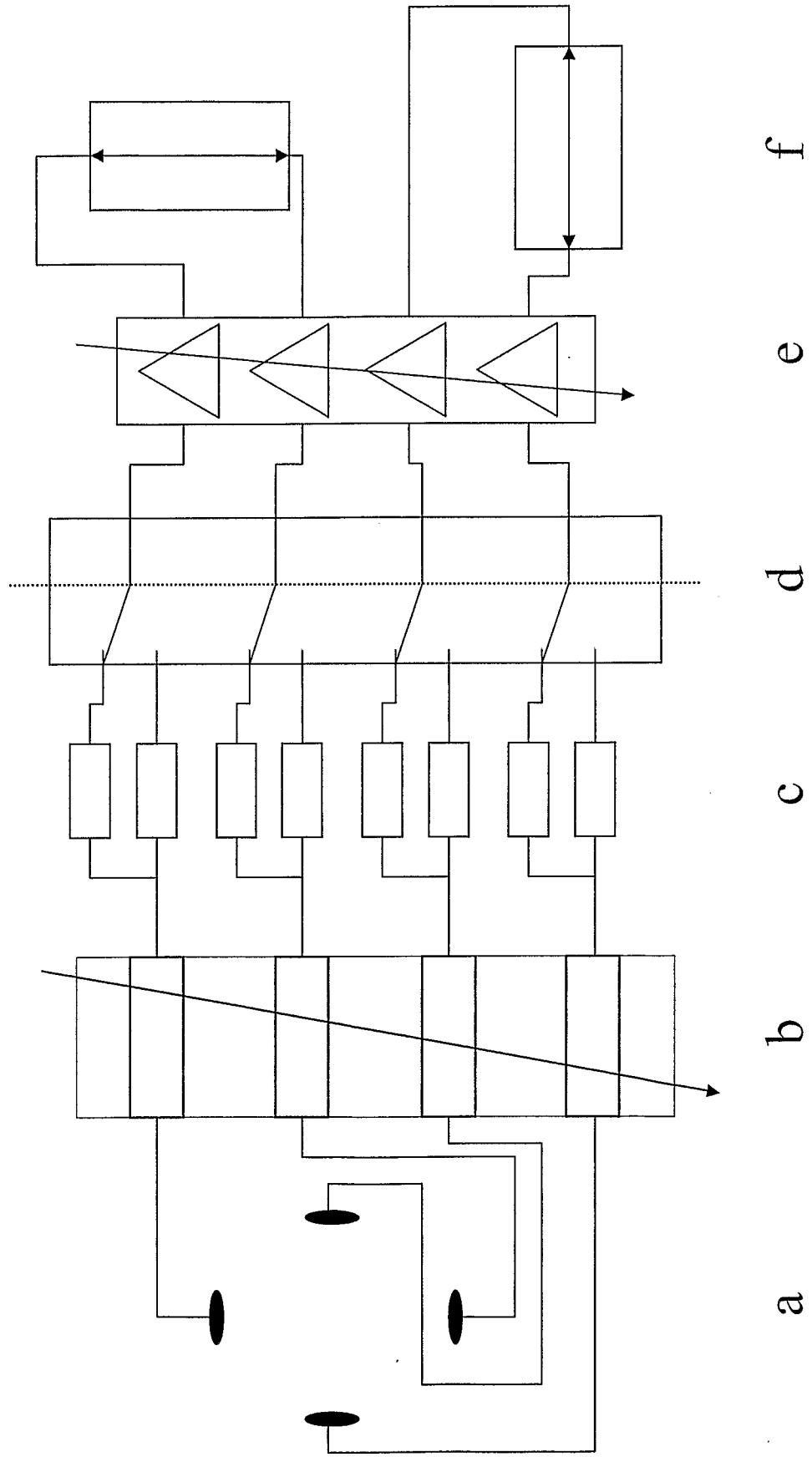


Abb. 3

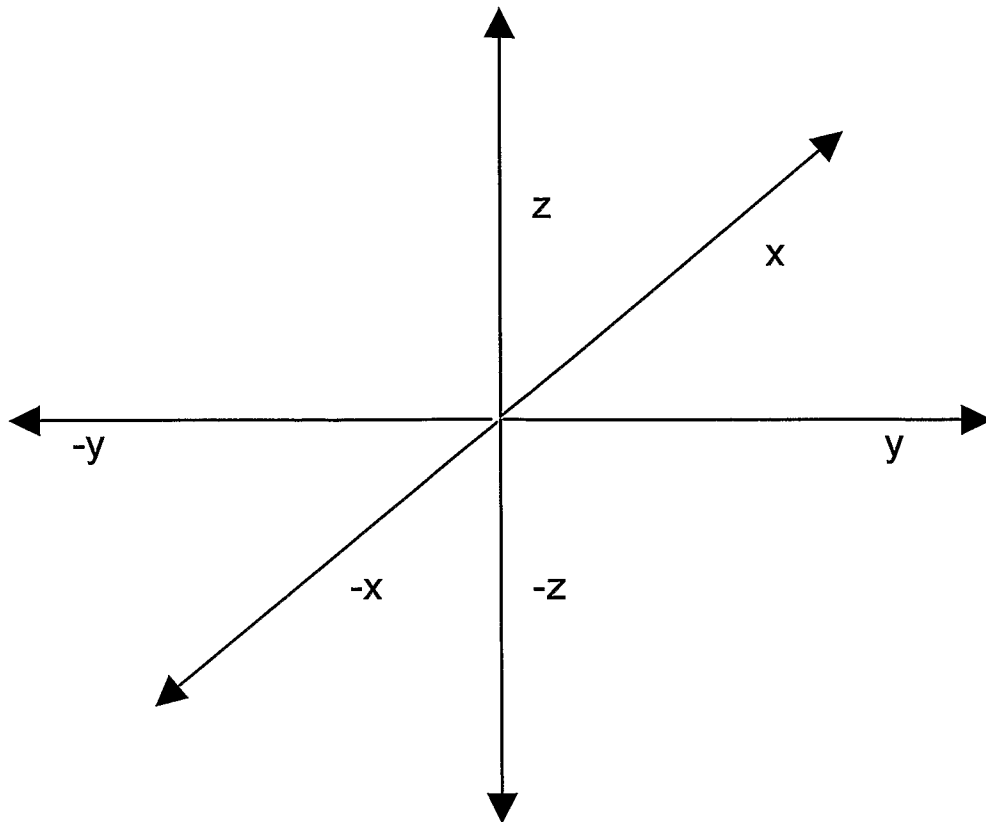


Abb. 4

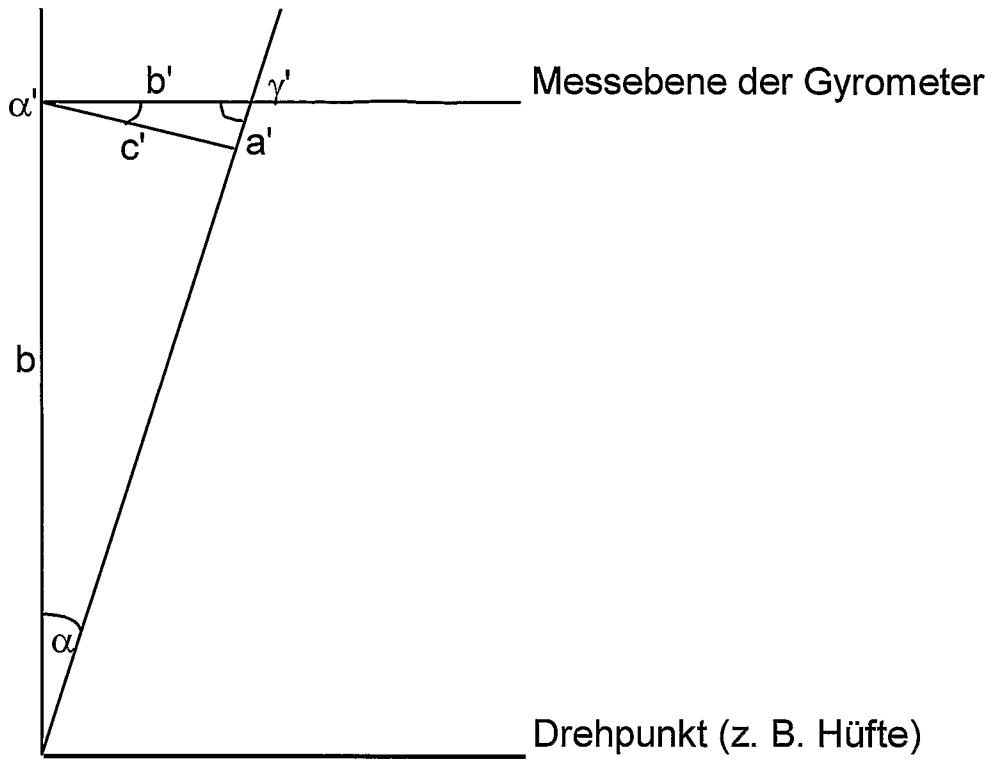


Abb. 5

