

(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  
17. Mai 2001 (17.05.2001)

PCT

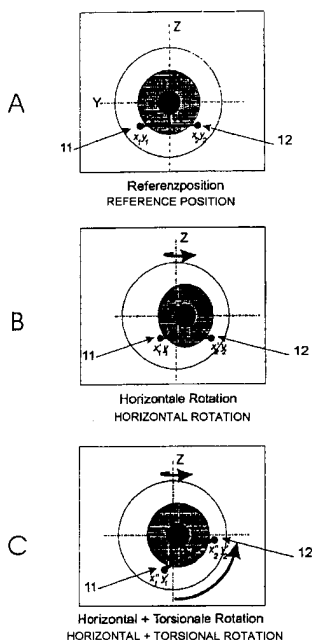
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/34021 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: A61B 3/113, G06F 3/00, A61B 5/00 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CHRONOS VISION GMBH [DE/DE]; Wiesenweg 10, 12247 Berlin (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03728 (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CLARKE, Andrew, A. [GB/DE]; Lindenfelder Weg 4, 14163 Berlin (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 17. Oktober 2000 (17.10.2000) (74) Anwalt: HANNIG, Wolf-D.; Cohausz Hannig Dawidowicz & Partner, Friedlander Str. 37, 12489 Berlin (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (30) Angaben zur Priorität: 199 54 047.0 29. Oktober 1999 (29.10.1999) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ASSEMBLY FOR DETECTING MULTI-DIMENSIONAL EYE MOVEMENTS AND A STAINING TINCTURE THEREFOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ERFASSEN VON MEHRDIMENSIONALEN AUGENBEWEGUNGEN SOWIE MARKIERUNGS-TINKTUR HIERFÜR



(57) Abstract: The invention relates to a method and an assembly for detecting multi-dimensional eye movements and a staining tincture therefor. The invention aims to improve a method and an assembly of the aforementioned type by allowing the measurement of horizontal, vertical and torsional movement components of the eye in the head, omitting the computationally intensive processing of grey values, with a high resolution and in real time, whilst providing an artificial staining tincture which can be washed out by lachrymal fluid without the additional use of water. According to the inventive method, the measured values are measured and processed in the following steps: a) application of at least two non-toxic tincture stains according to predetermined geometry to the conjunctiva of the eye outside the cornea, in order to produce a clear contrast marking under infra-red illumination; b) unique determination of the co-ordinates of a reference point of neutral rotation (centre of the pupil when looking straight ahead) as a reference position before commencing the measuring process; c) detection, conversion into digital form and saving of the image sequences, using the optoelectronic sensor d) conversion into binary form and division of each eye image into segments by separating the threshold values, based on the artificial contrast marking and determination of the co-ordinates of the stains in accordance with step b); assignment of the co-ordinates of the rotationally neutral reference point to the co-ordinates of the stains and drawing up of a surface over each segmented eye image; f) determination of the centroids of the stains applied at a distance from each other in accordance with step a) and determination of the deviation from the co-ordinates of the reconstructed reference point in accordance with step b) as a measurement for the horizontal, vertical and torsional position of the eye.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Erfassen von mehrdimensionalen Augenbewegungen sowie eine Markierungs-Tinktur hierfür. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart zu verbessern, dass unter Wegfall der rechneraufwendigen Grauwertverarbeitung die Messung von horizontalen, vertikalen und torsionalen Bewegungskomponenten des Auges im Kopf mit hoher Auflösung in Echtzeit ermöglicht wird und zugleich die Künstliche Markierung ohne zusätzliche Anwendung von Wasser durch die Tränenflüssigkeit auswaschbar ist. Die Messung und Verarbeitung der Meßwerte nach dem erfindungsgemäßen Verfahren umfaßt folgende Schritte: a) Aufbringen von mindestens zwei nichttoxischen Tinktur-Markierungen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/34021 A1



**Veröffentlicht:**

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

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

---

in einer vorgegebenen Geometrie auf die Bindehaut des Auges außerhalb des Kornea zur Herstellung einer eindeutigen Kontrast-Signatur unter Infrarotbeleuchtung; b) einmaliges Bestimmen der Koordinaten eines rotationsneutralen Bezugspunktes Pupillenmittelpunkt beim Geradeausblick als Referenzposition vor Beginn der Messung; c) Erfassen, Digitalisieren und Speichern der Bildsequenzen mit dem optoelektronischen Sensor; d) Binarisieren und Segmentieren eines jeden Augenbildes durch Schwellwerttrennung nach der künstlichen Kontrast-Signatur und Bestimmen der Koordinaten der Markierungen gemäß Schritt b); e) Zuordnen der Koordinaten des rotationsneutralen Bezugspunktes der Markierungen und Aufspannen einer Fläche über jedem segmentierten Augenbild; f) Bestimmen der Schwerpunkte aus den voneinander beabstandeten Markierungen nach Schritt a) und Ermittlung der Abweichung von den Koordinaten des rekonstruierten Bezugspunktes nach Schritt b) als Maß für die horizontale, vertikale und torsionale Position des Auges.

5

10

VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ERFASSEN VON MEHRDIMENSIONALEN AUGENBEWEGUNGEN  
SOWIE MARKIERUNGS-TINKTUR HIERFÜR

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen von mehrdimensionalen Augenbewegungen, insbesondere horizontalen, vertikalen und torsionalen, Augenbewegungen, bei dem das Auge mit diffusem Infrarotlicht beleuchtet wird und durch einen optoelektronischen Sensor Bildsequenzen des Auges erfaßt werden, die einer dedizierten Rechenarchitektur zur Verarbeitung zugeführt werden, die die Koordinaten der Augenbewegung bestimmt und wahlweise die Bildsequenzen mit den ermittelten Koordinaten aufzeichnet und auf einem Monitor anzeigt.

Die Erfindung betrifft ferner eine Anordnung zum Erfassen von mehrdimensionalen Augenbewegungen, insbesondere horizontalen, vertikalen und torsionalen, Augenbewegungen, mit einer das Auge beleuchtenden diffusen IR-Lichtquelle, einem optoelektronischen Sensor zur Erfassung von Bildsequenzen des Auges, einer dedizierten Rechenarchitektur zur Bildverarbeitung für die Bestimmung der Augenbewegungen und künstlich auf der Bindehaut aufgetragenen Markierungen aus nichttoxischer Tinktur.

Des weiteren betrifft die Erfindung eine Tinktur zur künstlichen Markierung der Bindehaut des Auges für die Erfassung von mehrdimensionalen Augenbewegungen.

Die Messung von Augenbewegungen ist ein wesentliches Hilfsmittel für Wissenschaftler in den unterschiedlichsten Arbeitsgebieten, beispielsweise Physiologen, Psychologen, Ergonomen, Ophthalmologen und Neurologen. Dementsprechend steht die Entwicklung bzw. Verbesserung universell einsetzbarer hochauflösender Meßtechniken stets im Mittelpunkt des allgemeinen Interesses.

Das menschliche Auge wird von drei mehr oder weniger rechtwinklig zueinander angeordneten Muskelpaaren positioniert bzw. bewegt. Dies erlaubt die Rotation des Auges um die drei orthogonalen Achsen des Auges im Kopf. Allgemein bezeichnet man diese Komponenten als horizontale, vertikale und torsionale Rotationskomponenten.

In der Vergangenheit wurden zunächst Methoden zur ein- bzw. zweidimensionalen Messung der Augenbewegungen, d.h. zur Messung der horizontalen und vertikalen Komponenten der Augenbewegungen, entwickelt. Darunter sind fotografische bzw. video-okulografische Ansätze zu finden, die auf einem sogenannten "Objekt-Tracking" im Bild basieren (CLARKE A.H., TEIWES W, SCHERER, H. "Videoculography - an alternative method for measurement of three-dimensional eye movements", 1991, S. 431-443 in Schmidt R. Zambarbieri D (Eds) Oculomotor Control and Cognitive Processes Elsevier, Amsterdam). Diese bekannten auf Bildverarbeitung basierenden Systeme gestatten die Messungen der horizontalen und vertikalen

Augenposition mit Meßgenauigkeiten von 0,1 Grad über einen Bereich von +/- 20 Grad. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Pupillenmittelpunkt einen festen Punkt auf dem Augensbulbus, und somit als akkurater Indikator der horizontalen und vertikalen Position des Auges im Kopf dient. Neuerdings wird diese Annahme in Frage gestellt (WYATT, H.J. (1995) "The form of the human pupil", Vision Res. 35, 14, 2021-2036). In diesem bekannten Stand der Technik wird festgestellt, dass der Schwerpunkt der Pupille bei Konstriktion bzw. Dilatation variiert.

Zur dreidimensionalen Messung der Augenbewegung, d.h. der horizontalen, vertikalen und torsionalen Rotationskomponenten, sind prinzipiell zwei Lösungsansätze bekannt.

So erlaubt die auf elektromagnetische Induktion basierende sklerale "Search-Coil"-Technik die genaueste Messung der Rotation des Auges um alle drei Achsen. Bei dieser im Jahre 1963 eingeführten Methode wird eine in einem kontaktlinsen-ähnlichen Annulus eingebettete Spule mit etwa 10 Windungen auf das zu messende Auge aufgesetzt, während sich der Kopf des Probanden innerhalb eines homogenen Magnetfeldes befindet. Nach dem elektromagnetischen Induktionsgesetz wird eine Spannung proportional zum Winkel zwischen der Spule und dem magnetischen Feld induziert. Diese Spannung gibt die Winkelposition des Auges im Raum wieder

Trotz ihrer hohen Auflösung hat die "Search-Coil-Technik" eine Reihe von Nachteilen. Der Proband muß eine Haftschiene mit der eingebetteten Drahtspule auf dem Auge tragen. Dies bedeutet einen halb-invasiven Eingriff mit einigen Risiken für den Probanden. Außerdem verursachen die individuell

verschiedenen Krümmungen des Auges bzw. der Kornea Probleme bei der Kalibrierung. Darüber hinaus kommt es immer wieder zum Wegrutschen der Haftschale, beispielsweise durch  
5 Blinzeln. Bedingt durch das Prinzip der elektromagnetischen Induktion erlaubt diese Meßtechnik eine Messung der Rotation, nicht aber der Translation des Auges. Hinzu kommt, dass der elektromagnetische Aufbau durch diverse metallische Gegenstände gestört werden kann. Schließlich sind die Kosten  
10 der verwendeten Haftschalen hoch. Die Lebensdauer der Haftschalen ist mit 1 bis 6 Messungen relativ gering.

Die Messung der dreidimensionalen Augenbewegungen mit Hilfe der Bildverarbeitungstechnik (Video-Okulographie) ist aus  
15 CLARKE A.H., TEIWES W., SCHERER H. ("Videoculography - an alternativ method for the registration of eye movements in three dimensions", 5<sup>th</sup> European Conference on Eye Movements, Pavia, 1993), CLARKE A.H. ("Image processing techniques for the measurement of eye movement", Ygge J, Lennerstrand G  
20 (Eds), Eye Movements in Reading, Elsevier, Oxford, NY pp 21-38, 1991), CLARKE A.H. ("Neuere Aspekte des vestibulo-okulären Reflexes", Europ Arch ORL, Suppl. 1995/I, 117-153) und der EP-A 0 456 166 bekannt.

Diese bekannten Verfahren basieren ausschließlich auf der  
25 Auswertung von Bildsequenzen des natürlichen Auges, die mit herkömmlichen Videokameras aufgezeichnet werden. Sie gestatten die Messung der horizontalen, vertikalen und torsionalen Augenposition mit einer Meßgenauigkeit von 0,1 Grad. Die jeweiligen Abtastraten entsprechen den Standard-  
30 Bildfrequenzen für Videosysteme, d.h. 25 bzw. 30 Hz. Dabei werden verschiedene Algorithmen zur Verfolgung des Pupillenmittelpunktes sowie natürlicher Kontrastmerkmale auf der Iris eingesetzt.

Wie bei den zweidimensionalen Systemen wird vorausgesetzt, dass der Pupillenmittelpunkt einen festen Punkt auf dem  
5 Augenhilfs darstellt, und somit als akkurater Indikator der horizontalen und vertikalen Position des Auges im Kopf dient. Hinzu kommt, dass der ermittelte Pupillenmittelpunkt auch als Referenzpunkt für die Definition der Irismerkmale herangezogen wird.

10 Die Ermittlung des Pupillenmittelpunktes kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Bei fast all diesen bekannten Methoden wird als erster Schritt das Augenbild binär quantisiert. Durch Vorgabe einer Luminanzschwelle kann die "schwarze Pupille" leicht segmentiert werden. Auf der  
15 Grundlage des so entstandenen binär quantisierten Bildes kann nun das Pupillenzentrum berechnet werden. Gängige Verfahren verwenden die Berechnung der Momente nullter Ordnung (sogenannte "centre-of-gravity-Methode") oder die geometrische Analyse der erkannten Randpunkte der "schwarzen  
20 Pupille".

Zusätzlich zu der Bestimmung der Pupillenkoordinaten wird nach CLARKE, A.H., TEIWES, W., SCHERER, H. ("Videoculography - an alternative method for the registration of eye movements in three dimensions", Proc. 5<sup>th</sup> European Conference on Eye  
25 Movements, Pavia 1989) die Drehung des Auges um den ermittelten Pupillenmittelpunkt (Augentorsion) anhand der sogenannten Polarkorrelation berechnet. Bei der Polarkorrelation wird von jedem Bild ein durch Polarkorrelation definiertes Kreissegment auf der Iris  
30 abgetastet. Die Lage des Segmentes wird für jedes Auge individuell so ausgewählt, dass eine sogenannte Irissignatur mit kontraststarken Merkmalen abgetastet werden. Eine anschließende Kreuzkorrelation der Irissignatur aus dem

aktuellen gegenüber derer aus einem Referenzbild ermöglicht die Berechnung der relativen torsionalen Augenposition.

Bei dieser bekannten Methode ist es wichtig, die geometrischen Fehler zu korrigieren, die durch die orthogonale Projektion des kugelförmigen Auges auf der Sensorebene entstehen (HASLWATER T., MOORE S., "A theoretical analysis of three dimensional eye position measurement using polar cross-correlation", IEEE Trans ME 42, 11 1053-1061, 1995).

Es sind weiter eine Reihe ähnlicher Verfahren bekannt geworden (CLARKE, A.H. ("Neuere Aspekte des vestibulo-olulären Reflexes", Europ Arch ORL, (Suppl. 1995/I)117-153), die zweidimensionale Korrelationsberechnungen bzw. Fast-Fourier-Transformationen einsetzen. Alle diese bekannten Verfahren arbeiten mit der Erkennung natürlicher Irissignaturen.

Das Bestimmen der horizontalen und vertikalen Augenkoordinaten aus dem Mittelpunkt der Pupille ist immer mit einem gewissen Fehler behaftet. Wie von WYATT, H.J. ("The form of the human pupil", Vision res. 35, 14, 2021-2036, 1995) beschrieben, ändert sich während der Dilatation bzw. Konstriktion auch die Form der Pupille und somit ändern sich auch die Koordinaten des Mittelpunktes, ohne dass eine Bewegung des Augapfels stattgefunden hätte.

Ein weiterer Nachteil ist dadurch bedingt, dass die Qualität der Messung der dritten Rotationskomponente, die Torsion um die Blickachse, sehr stark von der Ausprägung der natürlichen Irissignatur abhängig ist. Die Meßqualität wird daher vom "Rauschabstand" in der Irissignatur bestimmt.

Video-okulografische Verfahren arbeiten regelmäßig mit Infrarotbeleuchtung, die oft ein sehr kontrastarmes Bild der Irisstrukturen liefert, wodurch die Meßqualität weiter  
5 vermindert wird. Bei denjenigen Probanden mit schwach ausgeprägtem Irismuster mißlingt die zuverlässige Messung der torsionalen Komponente. Dieser Nachteil trifft auch für das aus der EP 0 456 166 B1 bekannte Verfahren der Extraktion  
10 eines natürlichen Irismerkmals zu.

Die bekannten Verfahren erfordern, bedingt durch die Grauwertverarbeitung der Irismerkmalen und den Korrelationsalgorithmus, einen sehr hohen Rechenaufwand, so dass eine Echtzeitmessung selbst bei der gängigen  
15 Bildfrequenz von 25 bzw. 30 Hz bisher nicht erreicht werden konnte.

Aus der DE-A 38 00 076 ist des weiteren ein Träger zur Aufnahme von optischen Markierungen oder optischen  
20 Abdeckungen oder Filtern oder sonstigen optisch relevanten Elementen zum Aufsetzen auf die menschliche Hornhaut bekannt. Auf der der Hornhaut zugewandten Seite sind an der Peripherie des Trägers kleine Spitzen angebracht, die sich in die Hornhaut oder in die Bindehaut des Auges einbohren, so dass  
25 der Träger relativ zum Auge bei Augenbewegungen fixiert bleibt. Der Träger dient zur Aufnahme von optischen Markierungen für Bewegungssensoren oder zur Ausblendung eines Teils des verwendeten Lichts.

Einerseits führt ein mehrmalige Aufsetzen des bekannten  
30 Trägers auf das Auge zu nicht vernachlässigbaren Deformationen bzw. Verletzungen der Horn- oder Bindehaut, andererseits ist das Markieren an ein- und derselben Stelle nicht mehr möglich, weil der Träger mit seinen Spitzen keinen Halt mehr findet.

Die Anwendung einer Markiertinte zum Auftragen auf die  
5 Bindehaut und die Hornhaut ist aus der JP-A 04-329 925  
bekannt. Diese bekannte Markiertinte wird entweder mit einem  
Pinsel, Stift oder einer Düse aufgetragen und dient der  
Beobachtung der torsionalen Augenbewegung. Die nichtinvasive  
Tinte besteht aus einer Mischung aus schwarzem Kohlenstoff und  
10 einem schnell trocknenden Bindemittel wie Polysacharid- oder  
Polyvinylalkohol. Sie klebt gleichermaßen auf der Haut und  
läßt sich nur mit von außen aufgebrachtem Wasser entfernen.  
Eine Erfassung der horizontalen und vertikalen  
Bewegungskomponente ist nicht möglich.

15

Bei diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe  
zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs  
genannten Art derart zu verbessern, dass unter Wegfall der  
rechneraufwendigen Grauwertverarbeitung die Messung von  
20 horizontalen, vertikalen und torsionalen Bewegungskomponenten  
des Auges im Kopf mit hoher Auflösung und in Echtzeit  
ermöglicht wird und zugleich die künstliche Markierung ohne  
zusätzliche Anwendung von Wasser durch die Tränenflüssigkeit  
auswaschbar ist.

25

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten  
Gattung mit den Merkmalen des Anspruches 1, durch eine  
Anordnung mit den Merkmalen des Anspruches 11 und durch die  
30 Markierungs-Tinktur mit den Merkmalen des Anspruches 14  
gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens und der Anordnung  
sind den Unteransprüchen entnehmbar.

35

- Die Erfindung zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass der Pupillenmittelpunkt bzw. der Bezugspunkt nur ein einziges Mal vor Beginn der Messung ermittelt werden muß. Es entfällt die rechnerintensive Graustufenverarbeitung des Augenbildes, so dass die Messung in Echtzeit möglich wird. Das Meßverfahren wird vereinfacht, ist kostengünstiger und zugleich genauer.
- Die Markierungen aus der erfindungsgemäßen Tinktur werden nach der Messung problemlos durch die Tränenflüssigkeit des Probanden ausgewaschen. Es entfällt die Nachfolgeprozedur des Auswaschens mit Wasser aus dem Auge.
- Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen.
- Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Darstellung eines Augapfels mit an diesem angreifenden Muskeln,
- Fig. 2 eine Vorderansicht eines mit einer kreisförmigen Markierungen versehenen Auges,
- Fig. 3 eine weitere Vorderansicht eines mit zwei kreisförmigen Markierungen versehenen Auges,

Fig. 4 eine schematische Darstellung der  
5 Lageveränderung der Markierung gemäß Fig. 1  
im Falle einer Rotation des Auges um die  
Z-Achse des Auges,

Fig. 5 eine weitere schematische Darstellung der  
10 Lageveränderung der Markierung gemäß Fig. 1  
im Falle einer Rotation des Auges um die  
Y-Achse des Auges,

Fig. 6 eine weitere schematische Darstellung der  
15 Lageveränderung der Markierung gemäß Fig. 1  
im Falle einer Rotation des Auges um die  
torsionale Augenachse (Blickrichtung) und

Fig. 7 bis 9 in schematischer Darstellung die den Fig. 4  
20 bis 6 entsprechenden Lageveränderungen von  
vier punktförmigen Markierungen.

In Fig. 1 ist der Augapfel **1** mit den drei okulären Muskeln **2**,  
25 **3**, **4** dargestellt. Durch die Hebelwirkung dieser Muskeln wird  
das Auge um die Achsen **X, Y, Z** gedreht, wobei eine Drehung um  
die Z-Achse als horizontale, um die Y-Achse als vertikale und  
um die X-Achse als torsionale Augenbewegung bezeichnet wird.  
Dabei ist das orthogonale Koordinatensystem **5** so angeordnet,  
30 dass die X-Achse parallel zur Blickrichtung durch die Pupille  
**6** liegt.

In Fig. 2 ist schematisch ein mit einer Markierung **10** und in  
Fig. 3 ein mit zwei Markierungen **11**, **12** versehenes Auge

dargestellt. Dabei liegen die Markierungen außerhalb der  
5 Pupille 6 am Rand 7 zwischen Iris 8 und Sklera 9.

Vor der Applikation der Markierungen wird das Auge mit einem  
herkömmlichen Lokalanästhetikum, beispielsweise Kerakain in  
Tropfenform, ähnlich wie vor einer Messung des okulären  
10 Druckes behandelt. Anschließend werden die Markierungen aus  
nichttoxischer Tinktur mit einem sterilen Stift entsprechend  
aufgebracht. Dabei werden die Markierungen stets nur auf der  
Bindehaut (Sklera) außerhalb der verletzbaren Kornea  
aufgebracht. Die aufgebrauchten Markierungen werden aus dem  
15 Auge nach etwa einer Stunde auf natürliche Weise durch die  
Tränenflüssigkeit ausgewaschen. Als besonders vorteilhaft  
erweist sich die Verwendung einer oder mehrerer kreisförmiger  
Markierungen. Bei der Durchführung des Verfahrens wird in  
bekannter Weise eine Bildsequenz des Auges mit Hilfe eines  
20 Videosensors oder anderweitigen optoelektronischen Matrix  
erfaßt und mit digitalen Bildverarbeitungstechniken  
verarbeitet. Unter unsichtbarer Infrarotbeleuchtung,  
beispielsweise LED's mit einer Wellenlänge von 880 bzw. 930  
nm, setzen sich die aufgebrauchten Markierungen deutlich von  
25 den übrigen Teilen des Bildes ab, so dass eine  
Schwellwerttrennung des Luminanzsignals möglich wird. Auf  
diese Weise wird jedes Bild der Sequenz binarisiert und die  
Koordinaten der zwei (oder mehreren) diskriminierten  
Objekte mit bekannten Algorithmen berechnet. Da die Form und  
30 die Anordnung der aufgebrauchten Markierungen vorgegeben ist,  
eignen sich hierfür die Berechnung des nullten und ersten  
Moments der Markierungsform sowie die Anwendung eines  
"template-matching"-Verfahrens (vgl. CLARKE A.A. u.a. in  
Elsevier).

Mit diesem Ansatz entfällt das komplexe  
5 Graustufenberechnungsverfahren (FFT, Korrelation), so dass  
eine Echtzeiterfassung und darüber hinaus eine Erhöhung der  
Messung (d.h. höhere Bild-Abtastfrequenz mit entsprechend  
schnellen optoelektronischen Bildsensoren) erreicht wird.

10 Fig. 4 A (oben) zeigt die Lage der Markierung **11** und **12** in  
der Referenzposition und Fig. 4B (Mitte) die Lage der  
Markierungen **11** und **12** nach einer Rotation um die Z-Achse  
(horizontale Rotation). In Fig. 4C ist die Lage der  
Markierungen 11 und 12 nach einer obliquen Rotation um die Z-  
15 Achse und dann um die X-achse (torsional) dargestellt.

Fig. 5 A und 5 B zeigt die Lagen der Markierungen **11** und **12**  
vor und nach einer Rotation um die Y-Achse (vertikale  
Rotation). Fig. 5 C stellt die Lage der Markierungen 11 und  
20 12 nach einer obliquen Drehung um die Y-Achse, gefolgt von  
einer Drehung um die X-Achse dar.

In Fig. 6 A und Fig. 6 B sind die Lagen der Markierung **11** und  
**12** vor (oben) und nach (Mitte) einer Rotation um die  
25 torsionale Augenachse **X** illustriert.

Fig. 6 C zeigt die Lage der Markierungen 11 und 12 nach einer  
obliquen Drehung um die Z-Achse, um die Y-Achse und um die X-  
Achse.

30 Entsprechend der Bildsequenz entsteht eine zeitliche Folge  
von Koordinatendaten, die die Berechnung der drei  
Rotationskomponenten der Augenbewegung auf einfache Weise  
erlaubt.

Ähnlich dem von HASLWATER T. und MOORE S. ("A theoretical  
5 analysis of three dimensional eye position measurement using  
polar cross-correlation", IEEE Trans ME 42, 11 1053-1061,  
1995) beschriebenen Verfahrens kann hier auch eine Korrektur  
des Projektionsfehlers vorgenommen werden.

10 Ein wichtiger Aspekt besteht darin, die Zweideutigkeit der  
Anordnung von jeweils zwei aufgebrauchten Markierungen für die  
Bestimmung der Augenposition zu nutzen.

Aus Fig. 4 bis 6 ist zu ersehen, dass sobald eine Änderung  
der torsionalen Position eintritt, es fälschlicherweise zu  
15 einer horizontalen bzw. vertikalen Verschiebung kommt. Durch  
die Einbeziehung der geometrischen Anordnung des  
Pupillenmittelpunktes zu den beiden Markierungen läßt sich  
über die Abbildung des Auges eine Fläche aufspannen, die die  
eindeutige Berechnung der horizontalen, vertikalen und  
20 torsionalen Position erlaubt. Hierfür muß der  
Pupillenmittelpunkt nur einmal bei der Meßvorbereitung  
durchgeführt werden, am besten mit dem Auge in der  
"Geradeaus"-Referenzposition. Da angenommen wird, dass das  
Auge ein fester Körper ist und somit die Anordnung der  
25 Markierungen und der Pupillenmittelpunkt ortsfest ist, kann  
danach dieser dritte Punkt für jedes Bild von den Koordinaten  
der beiden Markierungen, und somit die dreidimensionale  
Position des Auges numerisch ermittelt werden.

Die horizontale und vertikale Koordinaten der Augenposition  
30 sind durch die ermittelten Koordinaten des dritten Punktes  
des aufgespannten Dreiecks, d.h. des rekonstruierten  
Pupillenmittelpunktes, gegeben.

Die Drehung des Auges um Blickachse wird durch Ermittlung der  
35 Lage der Verbindungslinien zwischen den Markierungen mit

deren Ausgangs- bzw. Referenzlage

5

$$\Psi_i = \Psi_{\text{akt}} - \Psi_{\text{null}}$$

bestimmt.

Natürlich ist es auch möglich, durch zusätzliche  
10 Markierungen ohne Bezug auf den Pupillenmittelpunkt eine  
entsprechende Fläche zur Ermittlung der Augenposition auf dem  
Augenbild aufzuspannen.

Im letzten Schritt werden aus der Folge der Objektkoordinaten  
15 aus jedem Bild die drei Rotationskomponenten der  
Augenbewegung in Grad-Einheiten bestimmt.

Dies geschieht beispielsweise auf folgende Weise:

20 Mit Hilfe einer Blickwinkelkalibrierung wird der effektive  
Radius des Augapfels bestimmt. Dabei betrachtet der Proband  
mit dem zu messenden Auge eine Tafel mit einem Achsenkreuz,  
auf dem punktförmige Lichtquellen in bestimmten  
Winkelabständen montiert sind (siehe Fig. 9).

25

Da der Abstand zwischen Auge und Tafel im Vergleich zum  
Augenradius groß ist, lassen sich die Blickwinkel zwischen  
dem mittleren Punkt und den exzentrischen Punkten auf den  
Achsen durch  $\Phi = \arctan(y/a)$  bzw.  $\theta = \arctan(x/a)$  berechnen.

30 Die Augenbewegungen werden gemessen, während der Proband  
abwechselnd die Lichtpunkte fixiert.

35

Die Berechnung des Augenradius  $\Gamma_{\text{auge}}$  erfolgt nach folgender Gleichung

5

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Gamma_{\text{auge}} \sin\theta_i \cos\phi_i \\ \Gamma_{\text{auge}} \sin\phi_i \end{bmatrix}$$

10 für jeden der fixierten Punkte, dessen Winkel ungleich null ist. Diese Gleichung ergibt sich aus der klassischen Lehre der Rotationstransformation (siehe HASLWANTER T, MOORE S., "A theoretical analysis of three dimensional eye position measurement using polar cross-correlation", IEEE Trans BME  
15 42, 11, 1053-1061).

Wenn der Drehradius des Augapfels bekannt ist, kann die horizontale und vertikale Koordinate des Auges für jeden Abtastpunkt anhand der Gleichungen

20  $\theta = \arcsin((x_i - x_{i+1}) / \Gamma_{\text{auge}})$ ;  $\Phi = \arcsin((y_i - y_{i+1}) / \Gamma_{\text{auge}})$   
bestimmt werden.

In den Fig. 7 bis 9 ist eine Anordnung dargestellt, bei der mit vier punktförmigen Markierungen gearbeitet wird. Diese Lösung erlaubt eine Bestimmung der Augenbewegung ohne Ermittlung des Augenradius bzw. ohne Kalibrierungsprozedur.  
25 Die Fig. 7 zeigt die Lage der Markierungen bei einer Drehung um die horizontale, Fig. 8 eine Drehung um die vertikale und Fig. 9 eine Drehung um die torsionale Achse mit den entsprechenden Projektionsverzerrungen.  
30

Wegen der kugelförmigen Form des Augapfels führt eine Drehung um die horizontale bzw. vertikale Achse zu einer Verzerrung in der Projektion der Markierungen bzw. ihrer Anordnung auf  
35 der Abbildungsebene des Bildsensors. Die Drehung um die Z-

und Y-Achsen kann durch trigonometrische Berechnung bestimmt  
5 werden. Der Drehwinkel, der durch eine Verkürzung bzw.  
Verlängerung der orthographischen Projektion einer  
horizontalen bzw. vertikalen Linie (Markierung oder Abstand  
zwischen zwei Markierungen) abgebildet wird, entspricht

10 
$$\theta = \arccos(A'B'/AB) \text{ bzw. } \Phi = \arccos(A'C'/AC).$$

Bei beiden Ansätzen wird die Drehung des Auges um die  
Blickachse durch Bestimmung der Lage der Markierung  
dargestellt bzw. der Verbindungslinien zwischen den  
15 Markierungen mit deren Referenzlagen ermittelt.

20

25

30

35

5

Aufstellung der verwendeten Bezugszeichen

|    |                                   |          |
|----|-----------------------------------|----------|
|    | Augapfel                          | 1        |
|    | okuläre Muskel                    | 2, 3, 4  |
| 10 | orthogonales Koordinatensystem    | 5        |
|    | Pupille                           | 6        |
|    | Rand der Pupille                  | 7        |
|    | Iris                              | 8        |
|    | Sklera                            | 9        |
| 15 | Markierung                        | 10       |
|    | weitere Markierungen              | 11, 12   |
|    | torsionale Achse (Blickachse)     | X        |
|    | horizontale Achse                 | Z        |
|    | vertikale Achse                   | Y        |
| 20 | Winkelstellung um das Drehzentrum | $\theta$ |
|    | Winkeldrehung um das Drehzentrum  | $\phi$   |
|    | Winkeldrehung um die Blickachse   | $\Psi$   |

25

30

35

### Patentansprüche

5

1. Verfahren zum Erfassen von mehrdimensionalen Augenbewegungen, insbesondere horizontalen, vertikalen und torsionalen Augenbewegungen, bei dem das Auge mit diffusem Infrarotlicht beleuchtet wird und durch einen optoelektronischen Sensor Bildsequenzen des Auges erfaßt werden, die einer dedizierten Rechenarchitektur zur Verarbeitung zugeführt werden, die die Koordinaten der Augenbewegung bestimmt und wahlweise die Bildsequenzen mit den ermittelten Koordinaten auf einem Massenspeicher aufzeichnet und auf einem Monitor anzeigt, umfassend folgende Schritte

a) Aufbringen von mindestens zwei nichttoxischen Tinktur-Markierungen in einer vorgegebenen Geometrie auf die Bindehaut des Auges außerhalb der Kornea zur Herstellung einer eindeutigen Kontrast-Signatur unter Infrarotbeleuchtung;

b) einmaliges Bestimmen der Koordinaten eines rotationsneutralen Bezugspunktes (Pupillenmittelpunkt beim Geradeausblick) als Referenzposition vor Beginn der Messung;

c) Erfassen, Digitalisieren und Speichern der Bildsequenzen mit dem optoelektronischen Sensor,

30

d) Binarisieren und Segmentieren eines jeden Augenbildes durch Schwellwerttrennung nach der künstlichen Kontrast-Signatur und Bestimmen der Koordinaten der Markierungen gemäß Schritt b);

35

- 5 e) Zuordnen der Koordinaten des rotationsneutralen  
Bezugspunktes zu den Koordinaten der Markierungen  
und Aufspannen einer Fläche über jedem  
segmentierten Augenbild,
- 10 f) Bestimmen der Schwerpunkte aus den voneinander  
beabstandeten Markierungen nach Schritt a) und  
Ermittlung der Abweichung von den Koordinaten des  
rekonstruierten Bezugspunktes nach Schritt b)  
als Maß für die horizontale, vertikale und  
torsionale Position des Auges.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass die Koordinaten von zwei  
oder mehreren künstlich Markierungen ermittelt werden, so  
20 dass die Erfassung der Augenbewegung unabhängig von der  
Verfolgung natürlicher Merkmale, beispielsweise der Pupille,  
durchführbar ist.

25 3. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass als Anordnung der  
Markierungen eine einfache geometrische Form, vorzugsweise  
Dreiecksform, gewählt wird, deren Eckpunkte die  
Koordinatenpaare bilden.

30

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass die Markierungen im  
Bereich des Übergangs von der Iris zur Sklera aufgebracht  
35 werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass die Markierungen selbst  
5 einfache geometrische Formen, vorzugsweise Kreise, bilden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass das Auge mit einem  
10 Lokalanästhetikum, vorzugsweise Kerakain in Tropfenform,  
behandelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h**  
15 **g e k e n n z e i c h n e t**, dass als Markierungs-Tinktur  
eine lebensmittelverträgliche farbstoffhaltige Lösung  
verwendet wird, die unter Infrarotbeleuchtung detektierbar  
ist.

20

8. Verfahren nach Anspruch 7, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass als Farbstoff Eisenoxide,  
vorzugsweise  $Fe_3O_4$ , verwendet werden.

25

9. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass anstelle der Markierungen  
aus Markierungs-Tinktur durch Laserstrahlen applizierte  
Markierungen verwendet werden.

30

10. Verfahren nach Anspruch 1 bis 9, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass als optoelektronische  
Sensoren, vorzugsweise CCD- oder CMOS-Bildsensoren, verwendet  
35 werden.

11. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer das Auge beleuchtenden diffusen IR-  
5 Lichtquelle, einem optoelektronischen Sensor zur Erfassung von Bildsequenzen des Auges, einer dedizierten Rechenarchitektur zur Bildverarbeitung für die Bestimmung der Augenbewegungen und künstlich auf der Bindehaut aufgetragenen Markierungen aus nichttoxischer Tinktur,  
10 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass mindestens zwei, an der Haut anhaftende Markierungen **(11,12)** in einer vorgegebenen Geometrie nahe des Randes der Iris außerhalb der Kornea angeordnet sind, die mittels eines mit Tinktur getränkten Faserstiftes auf der Bindehaut  
15 positionierbar sind.

12. Anordnung nach Anspruch 11, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass die Markierungen **(11,12)** im  
20 Bereich des Überganges von der Iris zur Sklera angeordnet sind.

13. Anordnung nach Anspruch 11, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass die Geometrie der  
25 Markierungen **(11,12)** Dreieck- oder Rechteckform aufweist.

14. Tinktur zur künstlichen Markierung der Bindehaut des  
30 Auges für mehrdimensionale Augenbewegungen, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass die Tinktur aus einem gesundheitsverträglichen, auf dem Epithel der Bindehaut temporär anhaftenden Farbstoff auf Eisenoxidbasis und Wasser besteht, wobei die Tinktur mehr als 80 Gew.-% Eisen enthält.

15. Tinktur nach Anspruch 14, **d a d u r c h**  
**g e k e n n z e i c h n e t**, dass in der Tiktur  $\text{Fe}_3\text{O}_4$   
5 enthalten ist.

10

15

20

25

30

35

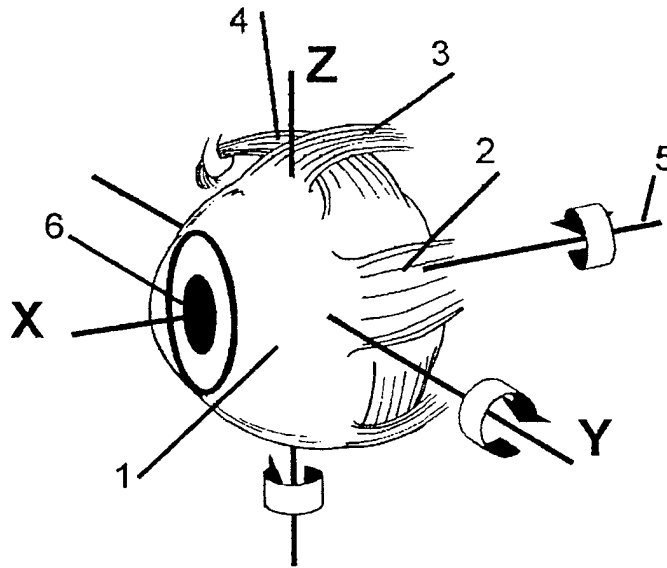


Fig. 1

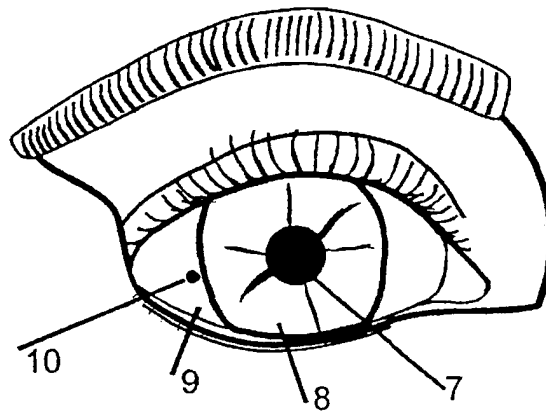


Fig. 2

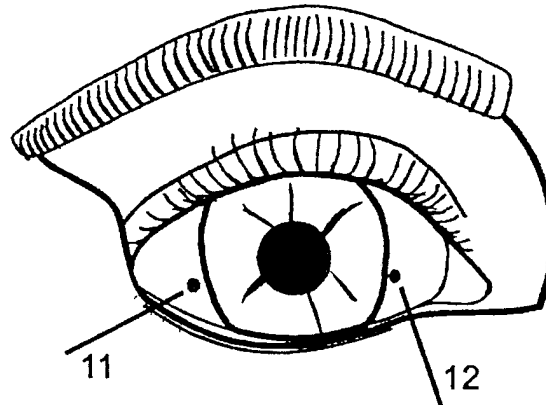


Fig. 3

Fig. 4

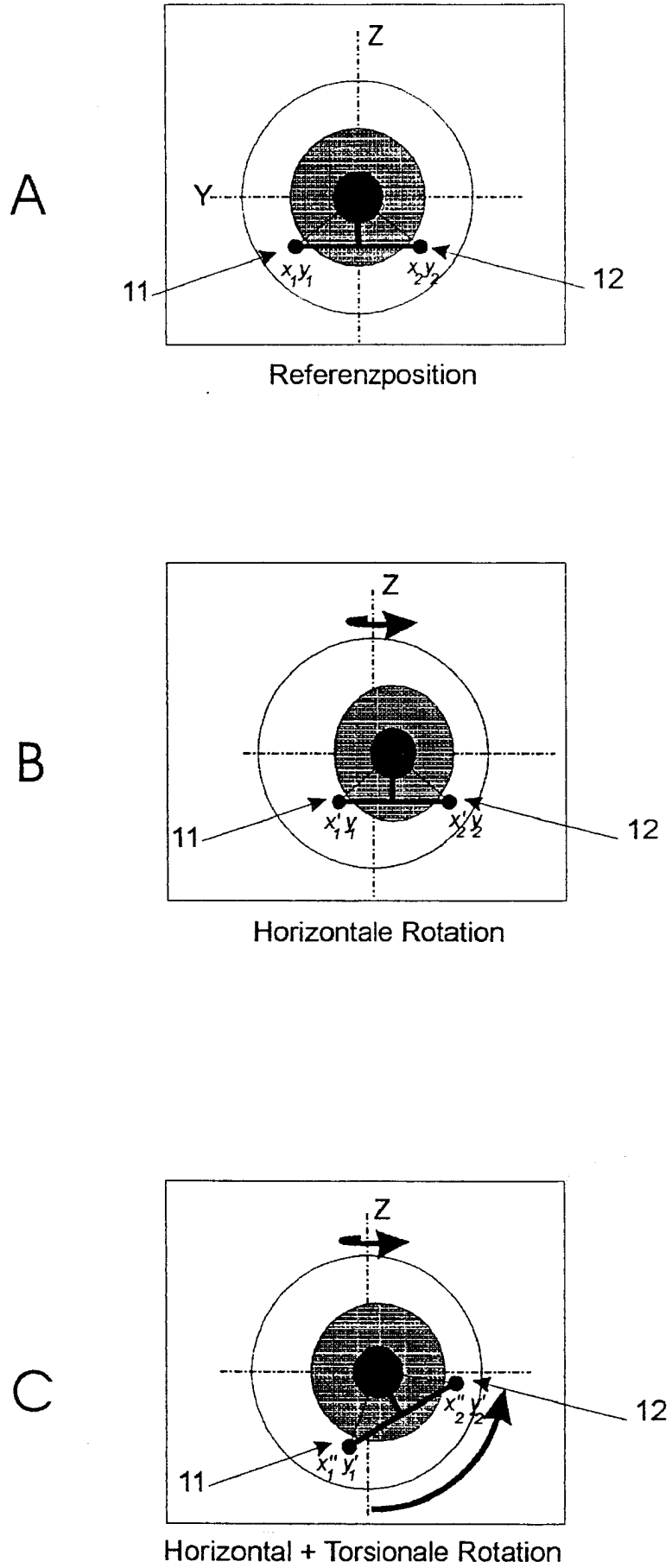


Fig. 5

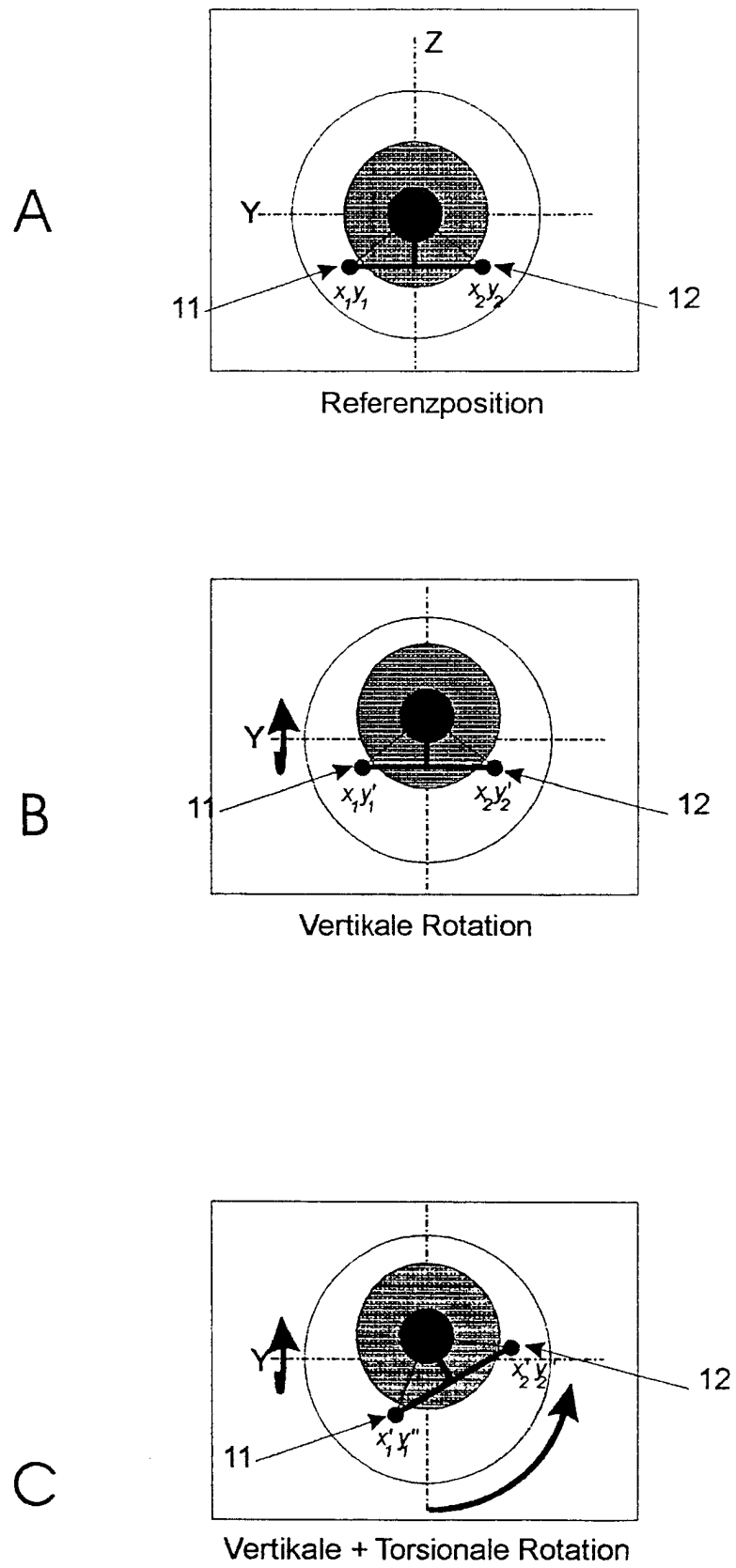
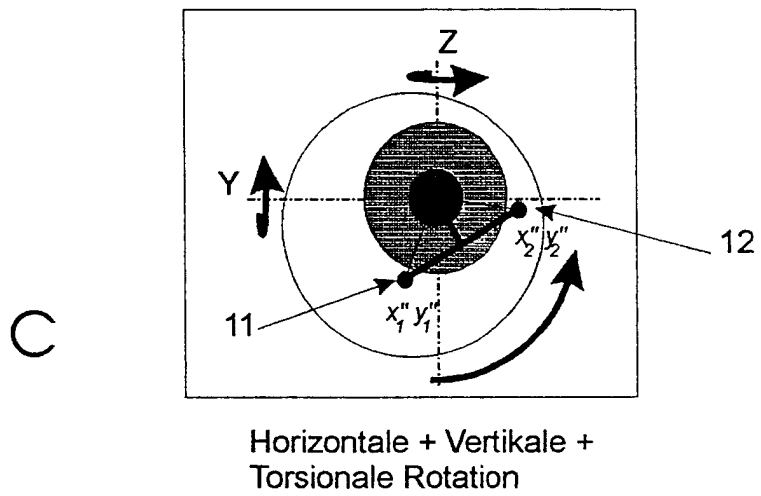
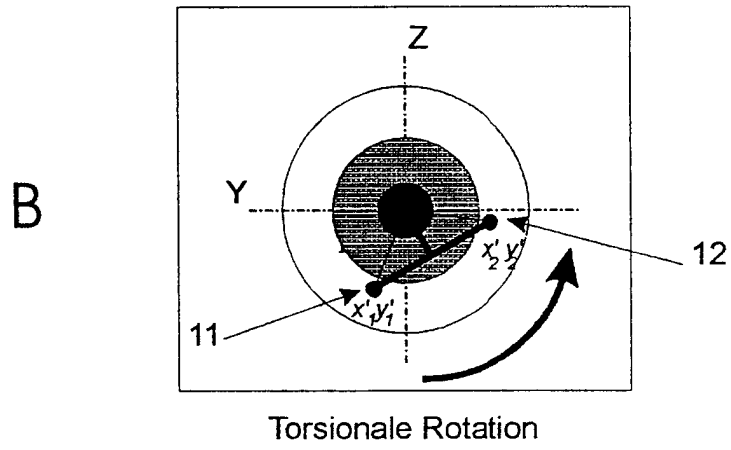
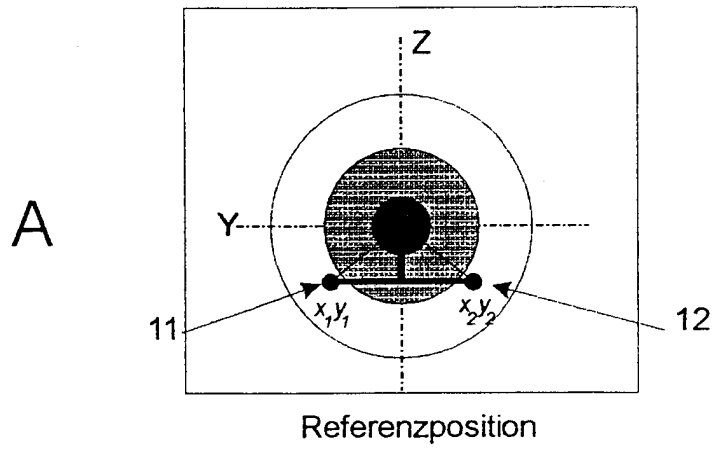


Fig. 6



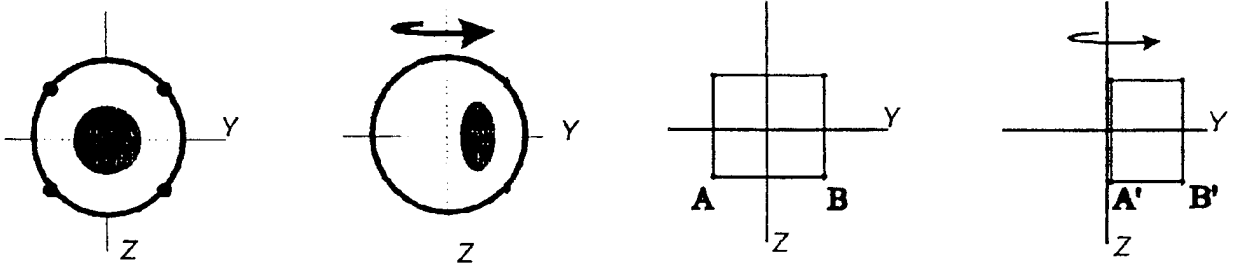


Fig. 7

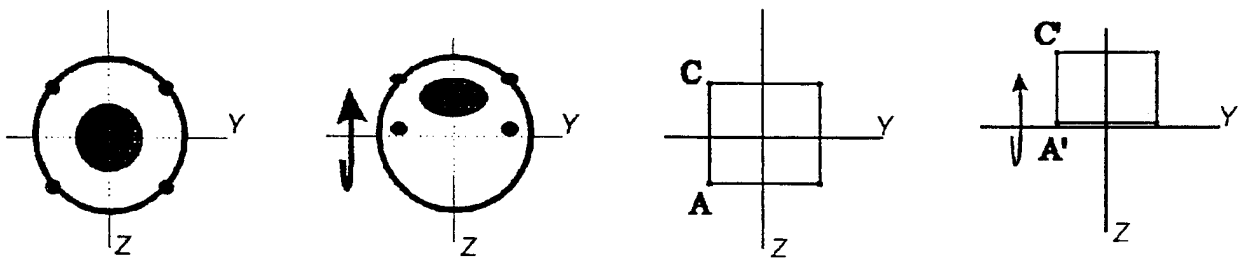


Fig. 8

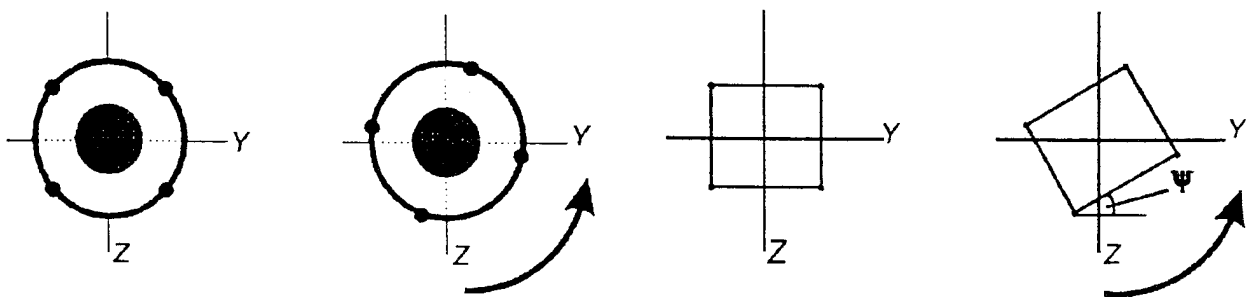


Fig. 9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
PCT/DE 00/03728

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 A61B3/113 G06F3/00 A61B5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 A61B G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| Y          | US 5 632 742 A (FREY RUDOLPH W ET AL)<br>27 May 1997 (1997-05-27)<br>column 3, line 28 -column 4, line 48;<br>figures 1C-1E,2  | 1-5,<br>10-13         |
| Y          | EP 0 350 957 A (ATR TSUSHIN SYST<br>KENKYUSHO) 17 January 1990 (1990-01-17)<br>page 3, line 8-36; figures<br>2,,3A,3B,15A,15B<br>page 10, line 32-44<br>page 12, line 24-58; figures 20-22<br>page 23, line 45 -page 24, line 23;<br>figures 40-42 | 1-5,<br>10-13         |
| A          | US 4 848 340 A (BILLE JOSEF F ET AL)<br>18 July 1989 (1989-07-18)<br>column 4, line 59 -column 5, line 65;<br>figure 4   | 1-3,9,10              |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

6 April 2001

19/04/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Casse, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat Application No

PCT/DE 00/03728

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.      |
|------------|---|----------------------------|
| A          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 017, no. 171 (C-1044),<br>2 April 1993 (1993-04-02)<br>& JP 04 329925 A (KOONAN:KK;OTHERS: 01),<br>18 November 1992 (1992-11-18)<br>cited in the application<br>abstract<br>----- | 1,7,8,<br>11,14            |
| A          | WO 99 23936 A (BEKKER CARSTEN ;DODD PAUL<br>WILLIAM (US); TELFAIR WILLIAM B (US); HO)<br>20 May 1999 (1999-05-20)<br>page 15, line 8 -page 16, line 3; figures<br>2,5<br>-----                                      | 1,2,4,5,<br>7,10-12,<br>14 |
| A          | US 5 620 436 A (LANG STEFAN ET AL)<br>15 April 1997 (1997-04-15)<br>column 8, line 40 -column 9, line 47;<br>figures 5,6<br>-----   | 1-5,<br>10-13              |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/03728

| Patent document cited in search report |   | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|---|------------------|-------------------------|------------------|
| US 5632742                             | A | 27-05-1997       | AU 2382595              | A 16-11-1995     |
|  |   |                  | CA 2188038              | A 02-11-1995     |
|  |   |                  | EP 0789531              | A 20-08-1997     |
|  |   |                  | IL 113354               | A 30-10-1998     |
|  |   |                  | JP 10503940             | T 14-04-1998     |
|  |   |                  | WO 9528879              | A 02-11-1995     |
|  |   |                  | ZA 9503144              | A 04-01-1996     |
|  |   |                  | -----                   |                  |
| EP 0350957                             | A | 17-01-1990       | DE 68926192             | D 15-05-1996     |
|  |   |                  | DE 68926192             | T 12-09-1996     |
|  |   |                  | DE 68927275             | D 31-10-1996     |
|  |   |                  | DE 68927275             | T 06-03-1997     |
|  |   |                  | DE 68928825             | D 05-11-1998     |
|  |   |                  | DE 68928825             | T 01-04-1999     |
|  |   |                  | EP 0603157              | A 22-06-1994     |
|  |   |                  | EP 0596868              | A 11-05-1994     |
|  |   |                  | JP 2061813              | C 10-06-1996     |
|  |   |                  | JP 2138673              | A 28-05-1990     |
|  |   |                  | JP 7082539              | B 06-09-1995     |
|  |   |                  | US 5016282              | A 14-05-1991     |
|  |   |                  | US 5818954              | A 06-10-1998     |
|  |   |                  | JP 1685975              | C 11-08-1992     |
|  |   |                  | JP 2224637              | A 06-09-1990     |
|  |   |                  | JP 3051407              | B 06-08-1991     |
| -----                                  |   |                  |                         |                  |
| US 4848340                             | A | 18-07-1989       | CA 1322779              | A 05-10-1993     |
| -----                                  |   |                  |                         |                  |
| JP 04329925                            | A | 18-11-1992       | NONE                    |                  |
| -----                                  |   |                  |                         |                  |
| WO 9923936                             | A | 20-05-1999       | AU 1796399              | A 31-05-1999     |
|  |   |                  | DE 19852318             | A 30-09-1999     |
| -----                                  |   |                  |                         |                  |
| US 5620436                             | A | 15-04-1997       | AU 697055               | B 24-09-1998     |
|  |   |                  | AU 2305395              | A 30-10-1995     |
|  |   |                  | CA 2187373              | A 19-10-1995     |
|  |   |                  | WO 9527453              | A 19-10-1995     |
|  |   |                  | EP 0754019              | A 22-01-1997     |
|  |   |                  | JP 10501707             | T 17-02-1998     |
| -----                                  |   |                  |                         |                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03728

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 A61B3/113 G06F3/00 A61B5/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 A61B G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| Y          | US 5 632 742 A (FREY RUDOLPH W ET AL)<br>27. Mai 1997 (1997-05-27)<br>Spalte 3, Zeile 28 -Spalte 4, Zeile 48;<br>Abbildungen 1C-1E,2   | 1-5,<br>10-13      |
| Y          | EP 0 350 957 A (ATR TSUSHIN SYST<br>KENKYUSHO) 17. Januar 1990 (1990-01-17)<br>Seite 3, Zeile 8-36; Abbildungen<br>2,,3A,3B,15A,15B<br>Seite 10, Zeile 32-44<br>Seite 12, Zeile 24-58; Abbildungen 20-22<br>Seite 23, Zeile 45 -Seite 24, Zeile 23;<br>Abbildungen 40-42 | 1-5,<br>10-13      |
| A          | US 4 848 340 A (BILLE JOSEF F ET AL)<br>18. Juli 1989 (1989-07-18)<br>Spalte 4, Zeile 59 -Spalte 5, Zeile 65;<br>Abbildung 4   | 1-3,9,10           |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. April 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/04/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Casse, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03728

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr.         |
|-----------|---|----------------------------|
| A         | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 017, no. 171 (C-1044),<br>2. April 1993 (1993-04-02)<br>& JP 04 329925 A (KOONAN:KK;OTHERS: 01),<br>18. November 1992 (1992-11-18)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Zusammenfassung<br>---- | 1,7,8,<br>11,14            |
| A         | WO 99 23936 A (BEKKER CARSTEN ;DODD PAUL<br>WILLIAM (US); TELFAIR WILLIAM B (US); HO)<br>20. Mai 1999 (1999-05-20)<br>Seite 15, Zeile 8 -Seite 16, Zeile 3;<br>Abbildungen 2,5<br>----                                      | 1,2,4,5,<br>7,10-12,<br>14 |
| A         | US 5 620 436 A (LANG STEFAN ET AL)<br>15. April 1997 (1997-04-15)<br>Spalte 8, Zeile 40 -Spalte 9, Zeile 47;<br>Abbildungen 5,6<br>-----  | 1-5,<br>10-13              |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung..., die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 00/03728

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 5632742 A                                       | 27-05-1997                    | AU 2382595 A                      | 16-11-1995                    |
|  |                               | CA 2188038 A                      | 02-11-1995                    |
|  |                               | EP 0789531 A                      | 20-08-1997                    |
|  |                               | IL 113354 A                       | 30-10-1998                    |
|  |                               | JP 10503940 T                     | 14-04-1998                    |
|  |                               | WO 9528879 A                      | 02-11-1995                    |
|  |                               | ZA 9503144 A                      | 04-01-1996                    |
| EP 0350957 A                                       | 17-01-1990                    | DE 68926192 D                     | 15-05-1996                    |
|  |                               | DE 68926192 T                     | 12-09-1996                    |
|  |                               | DE 68927275 D                     | 31-10-1996                    |
|  |                               | DE 68927275 T                     | 06-03-1997                    |
|  |                               | DE 68928825 D                     | 05-11-1998                    |
|  |                               | DE 68928825 T                     | 01-04-1999                    |
|  |                               | EP 0603157 A                      | 22-06-1994                    |
|  |                               | EP 0596868 A                      | 11-05-1994                    |
|  |                               | JP 2061813 C                      | 10-06-1996                    |
|  |                               | JP 2138673 A                      | 28-05-1990                    |
|  |                               | JP 7082539 B                      | 06-09-1995                    |
|  |                               | US 5016282 A                      | 14-05-1991                    |
|  |                               | US 5818954 A                      | 06-10-1998                    |
|  |                               | JP 1685975 C                      | 11-08-1992                    |
|  |                               | JP 2224637 A                      | 06-09-1990                    |
| JP 3051407 B                                       | 06-08-1991                    |                                   |                               |
| US 4848340 A                                       | 18-07-1989                    | CA 1322779 A                      | 05-10-1993                    |
| JP 04329925 A                                      | 18-11-1992                    | KEINE                             |                               |
| WO 9923936 A                                       | 20-05-1999                    | AU 1796399 A                      | 31-05-1999                    |
|  |                               | DE 19852318 A                     | 30-09-1999                    |
| US 5620436 A                                       | 15-04-1997                    | AU 697055 B                       | 24-09-1998                    |
|  |                               | AU 2305395 A                      | 30-10-1995                    |
|  |                               | CA 2187373 A                      | 19-10-1995                    |
|  |                               | WO 9527453 A                      | 19-10-1995                    |
|  |                               | EP 0754019 A                      | 22-01-1997                    |
|  |                               | JP 10501707 T                     | 17-02-1998                    |

|                |                             |         |            |
|----------------|-----------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 用于检测多维眼睛运动的方法和组件及其染色酞       |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">EP1241976A1</a> | 公开(公告)日 | 2002-09-25 |
| 申请号            | EP2000987012                | 申请日     | 2000-10-17 |
| [标]申请(专利权)人(译) | CHRONOS VISION              |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | CHRONOS VISION GMBH         |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | CHRONOS VISION GMBH         |         |            |
| [标]发明人         | CLARKE ANDREW A             |         |            |
| 发明人            | CLARKE, ANDREW, A.          |         |            |
| IPC分类号         | A61B3/113 A61B5/00 G06F3/00 |         |            |
| CPC分类号         | A61B3/113                   |         |            |
| 优先权            | 19954047 1999-10-29 DE      |         |            |
| 其他公开文献         | EP1241976B1                 |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>   |         |            |

#### 摘要(译)

本发明涉及一种用于检测多维眼球运动的方法和组件及其染色酞剂。本发明旨在通过允许测量头部中眼睛的水平，垂直和扭转运动分量，省略灰度值的计算密集处理，以高分辨率和实时地改进上述类型的方法和组件。同时提供人工染色酞剂，其可以通过泪液洗掉而无需额外使用水。根据本发明的方法，测量值在以下步骤中测量和处理：a) 根据预定的几何形状将至少两种无毒的酞剂施加到角膜外的眼睛的结膜上，以产生透明的红外照明下的对比度标记；b) 独特确定中性旋转参考点的坐标（观察时瞳孔的中心）在开始测量过程之前作为参考位置；c) 检测，转换成数字形式并保存图像序列，使用光电传感器d) 转换成二进制形式，并通过分离阈值将每个眼睛图像划分成段，基于人工对比度标记和co的确定根据步骤b) 的污渍的对应物；将旋转中性参考点的坐标分配给污点的坐标，并在每个分割的眼睛图像上绘制表面；f) 根据步骤a) 确定彼此相距一定距离施加的污点的质心，并根据步骤b) 确定与重建参考点的坐标的偏差，作为水平的测量值，眼睛的垂直和扭转位置。