

(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
30. November 2000 (30.11.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/71982 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01L 19/04

COMPANY AG [CH/CH]; Technoparkstrasse 1, CH-8005
Zürich (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH00/00281

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Mai 2000 (19.05.2000)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KANNGIESSER,
Hartmut [DE/CH]; Mutschellenstrasse 126, CH-8038
Zürich (CH).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: ROSHARDT, Werner, A. usw.; Keller &
Partner Patentanwälte AG, Zeughausgasse 5, Postfach,
CH-3000 Bern 7 (CH).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
942/99 19. Mai 1999 (19.05.1999) CH

(81) Bestimmungsstaaten (national): BR, CN, US.

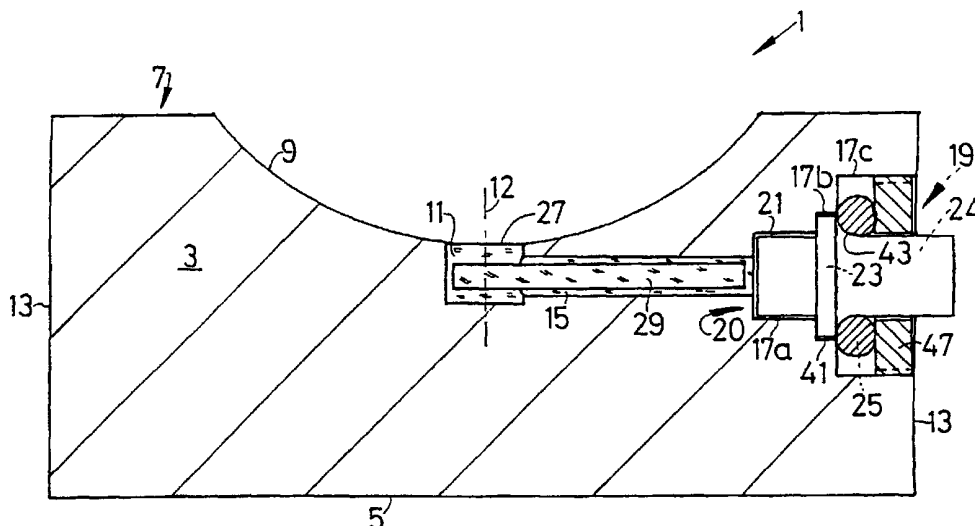
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): ODC OPHTHALMIC DEVELOPMENT

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PRESSURE-MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: DRUCKMESSVORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a pressure-measuring device (1), comprising a hollow chamber (11, 15, 17a, 17b), surrounded by chamber walls, which is filled with a pressure-transmission agent. Said device also comprises a pressure-measuring unit (19) which is connected to the pressure-transmission agent. The materials and dimensions of the hollow chamber walls, the volume of the hollow chamber (V_{11} , V_{15} , V_{17a} , V_{17b}), the pressure-measuring unit (19) and the type of pressure-transmission agent, are selected in such a way that the surface pressure of the pressure-transmission agent on its delimiting walls remains constant over a predetermined temperature range, without any external influence. A compensating element (29) is preferably inserted into the pressure-transmission agent which achieves a temperature compensation during the expansion of the liquid volume in a simple manner. The pressure-measuring device is simply constructed and enables a temperature-compensated pressure measurement, in particular, in the field of ophthalmology.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 00/71982 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.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Druckmessvorrichtung (1) mit einem mit einem Druckübertragungsmittel gefüllten Hohlraum (11, 15, 17a, 17b), der von Hohlraumwänden umgeben ist, und mit einer mit dem Druckübertragungsmittel in Verbindung stehenden Druckmesseinheit (19) sind die Materialien und Abmessungen der Hohlraumwände, des Hohlraumvolumens (V_{11} , V_{15} , V_{17a} , V_{17b}) und der Druckmesseinheit (19) sowie die Art des Druckübertragungsmittels derart gewählt, dass über einen vorgegebenen Temperaturbereich ohne äussere Einwirkung der Flächendruck des Druckübertragungsmittels auf seine Begrenzungswände konstant bleibt. Bevorzugt wird in das Druckübertragungsmittel ein Ausgleichskörper (29) eingesetzt, wodurch eine Temperaturkompensation in der Volumenausdehnung auf einfache Art und Weise erreichbar ist. Die Druckmessvorrichtung ist im Aufbau einfach und gestattet eine temperaturkompensierte Druckmessung, insbesondere in der Ophthalmologie.

5

10

Druckmeßvorrichtung

15 Die Erfindung betrifft eine Druckmeßvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

Bekannte Druckmeßvorrichtungen mit einer Flüssigkeit als Druckübertragungs-
mittel zu einem Druckmeßsensor hatten ein Volumenausgleichselement, mit dem eine
20 Volumenvergrößerung oder -verkleinerung der Flüssigkeit infolge einer Temperaturer-
höhung oder -erniedrigung ausgeglichen werden konnte. Das Volumenausgleichsele-
ment war beispielsweise eine mit der Flüssigkeit in Verbindung stehende Kolben-Zy-
linder-Einheit, bei welcher der Kolben entsprechend der Temperaturänderung bewegt
wurde. Druckübertragungsmittel, insbesondere -flüssigkeiten werden überall dort einge-
25 setzt, wo ein zu messender Druck nicht direkt auf einen Meßsensor aufgebracht werden
kann.

Aufgabe der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Druckmeßvorrichtung mit einem fließfähigen Druckübertragungsmittel mit vereinfachter Bedienung zu schaffen.

Lösung der Aufgabe

- 5 Unter einem fließfähigen Druckübertragungsmittel werden bevorzugt Flüssigkeiten verstanden; es können aber auch gallertartige Massen, insbesondere Gele eingesetzt werden. Es hatte sich gezeigt, daß eine Volumenverstellung des Druckübertragungsmittels zum Ausgleich einer Volumenänderung infolge von Temperaturänderungen aufwendig war und zudem oftmals Fehlmessungen nach sich zog. Die Erfindung
10 schlägt nun einen anderen Weg ein, indem sie auf eine einstellbare Volumenveränderung verzichtet. Statt einer einstellbaren Volumenveränderung bei einer Temperaturänderung schlägt die Erfindung vor, Materialien und Abmessungen der Hohlraumbegrenzungen und der Druckmeßeinheit sowie die Art des Druckübertragungsmittels derart zu wählen, daß über einen vorgegebenen Temperaturbereich ohne äußere Einwirkung der
15 Flächendruck auf die Begrenzungswände des Druckübertragungsmittels ohne äußere Druckeinwirkung konstant bleibt. In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist in das Druckübertragungsmittel ein Ausgleichskörper eingebracht.

- Die temperaturbedingte Volumenänderung der Druckübertragungsflüssigkeit wird nun erfindungsgemäß durch ein thermisches Zusammenspiel von thermischer Volumenänderung, insbesondere unter Einwirkung des Ausgleichskörpers und des das
20 Druckübertragungsmittel aufnehmenden Hohlraums unter einer nahezu vernachlässigbaren Berücksichtigung der thermischen Ausdehnung der Druckmeßeinheit ausgeglichen.

- In einer weiteren bevorzugten Ausführung der Erfindung werden Druckübertragungsmittel sowie Hohlraumwände und wenigstens Teilbereiche der Druckmeßvorrichtung optisch transparent ausgebildet, wodurch die Druckmeßvorrichtung in ein optisches
25 Betrachtungssystem z.B. bei der Augendruckmessung integrierbar ist. Das verwendete Druckübertragungsmittel sollte dann auch mit entsprechendem optischen Brechungsindex ausgewählt werden. Bei einer Ausgestaltung einer Augendruckmeßvorrichtung wird man in einer der Hohlraumwände eine Druckübertragungsmembran anordnen, welche
30 mit der Druckübertragungsflüssigkeit in Verbindung steht. Die Membran wird dann bevorzugt in einem Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts transparent ausgebildet.

Weitere Vorteile der Erfindung sowie der Ausführungsvarianten ergeben sich aus dem untenstehenden Text.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden werden Beispiele der erfindungsgemässen Druckmeßvorrichtung
5 anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch die als Kontaktglas ausgebildete Druckmeßvorrichtung,

Fig. 2 eine skizzenhafte Darstellung einer in der in **Figur 1** dargestellten Druckmeßeinheit in größerem Maßstab und

Fig. 3 einen Querschnitt durch die Einbaustelle der Druckmeßeinheit in einen Grundkörper der in **Figur 1** dargestellten Druckmeßvorrichtung.
10

Wege zur Ausführung der Erfindung

Die in **Figur 1** dargestellte Druckmeßvorrichtung **1** ist beispielsweise als Kontaktglas zur Augendruckmessung ausgebildet. Die Druckmeßvorrichtung **1** hat hier beispielsweise einen zylindrischen Grundkörper **3** mit einer ebenen, optisch planen Grundfläche **5**, der benachbart ein nicht dargestelltes optisches Beobachtungssystem sowie
15 eine nicht dargestellte Beleuchtungseinheit angeordnet ist. Die der Grundfläche **5** gegenüberliegende Seite **7** hat eine konkave Ausnehmung **9**, deren Flächenkontur der menschlichen Augenwölbung angepaßt ist und hier ebenfalls eine optische Oberflächenqualität hat. Im Scheitelpunkt der Ausnehmung **9** ist eine Zylindersacklochbohrung
20 **11** vorhanden. In diese Sacklochbohrung **11** mündet senkrecht zu deren Mittellinie **12** eine weitere, senkrecht zur Mantelfläche **13** des Grundkörpers **3** verlaufende Zylinderbohrung **15**. Diese Zylinderbohrung **15** ist zentrisch mit einer sich dreistufig zur Mantelfläche **13** erweiternden, weiteren Zylinderbohrung **17** verbunden. In die durch die dreistufige Formgebung gebildeten Teilbohrungen **17a**, **17b** und **17c** ist eine Druckmeßeinheit **19** eingesetzt. Der Meßkopf **20** und der Absatz **23** der Druckmeßeinheit **19** ragen,
25 umgeben von umlaufenden Spalten **21** und **41**, in die Teilbohrungen **17a** und **17b** hinein. In der Teilbohrung **17c** ist um einen Schaft **24** der Druckmeßeinheit **19** ein Dichtring **25** gelegt, der mit einer in die Teilbohrung **17c** einschraubbaren Mutter **47** flüssigkeitsdicht einpreßbar ist.

30 Die Sackbohrung **11** ist nach außen mit einer, hier beispielsweise optisch transparenten Membran **27** abgeschlossen. In der Zylinderbohrung **15** liegt ein Ausgleichs-

körper **29**. Die Sackbohrung **11**, die Zylinderbohrung **15**, der Spalt **21** in der Teilbohrung **17a** sowie der Spalt **41** in der Teilbohrung **17b** bilden einen gemeinsamen Hohlraum, der mit einer Flüssigkeit als Druckübertragungsmittel gefüllt ist.

Das Material des Grundkörpers **3** ist somit das Material der Begrenzung des gemeinsamen Hohlraums, in dem die Flüssigkeit eingeschlossen ist. Das Material des Grundkörpers **3**, des Ausgleichskörpers **29** und des Meßkopfes **20** sowie deren Abmessungen und die Art der Flüssigkeit sind nun derart gewählt, daß über einen vorgegebenen Temperaturbereich ohne äußere Einwirkung der Flüssigkeitsdruck konstant bleibt. D.h. der Druckmeßkopf **20** mißt ohne äußere Druckbeaufschlagung bei einer Temperaturänderung im vorgegebenen Temperaturbereich auch keinen sich ändernden Druck. Ein Druck auf die Membran **27** wird demzufolge ohne Temperaturbeeinflussung auf den Druckmeßkopf **20** übertragen.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird zuerst lediglich ein mit einer beliebigen Flüssigkeit gefüllter Hohlraum ohne Ausgleichskörper **29** zur Druckübertragung betrachtet.

Die Druckübertragung von der Membran **27** bis zum Meßkopf **20** erfolgt über den flüssigkeitsgefüllten Hohlraum. Die Wände des die Flüssigkeit aufnehmenden Hohlraums sowie auch die Flüssigkeit sind einer thermischen Ausdehnung unterworfen. Sind die Ausdehnungen unterschiedlich, so entstehen bei einem abgeschlossenen System temperaturbedingte Druckänderungen, welche den mit der Membran **27** aufzunehmenden Druck verfälschen würden. Man kann nun die Druckübertragungsflüssigkeit und das die Flüssigkeit umgebende Material derart aufeinander abstimmen, daß eine Temperaturkompensation gegeben ist. Es tritt somit eine Überlagerung der thermischen Hohlraumvergrößerung und der thermischen Ausdehnung der Flüssigkeit auf. Wird als Hohlraumwandung ein Material mit relativ hohem thermischen Ausdehnungskoeffizienten verwendet (z.B. ein Kunststoff), so kann bei spezieller Auswahl eine dem thermischen Verhalten des Hohlraums angepaßte Flüssigkeit mit einem niedrigen Ausdehnungskoeffizienten, wie beispielsweise Wasser, gefunden werden. Es treten hierbei jedoch Schwierigkeiten auf, da in den allgemein zu verwendenden Temperaturbereichen (20°C bis 40°C) derartige Flüssigkeiten in ihrem Ausdehnungsverhalten starke Nichtlinearitäten aufweisen. Eine allgemein gültige Anpassung ist hier demzufolge nicht erreichbar.

Um die eben genannten Schwierigkeiten zu umgehen, wird in einer Ausführungsvariante der Erfindung, wie sie die **Figur 1** zeigt, ein Ausgleichskörper **29** verwen-

det. Feststoffe haben im Allgemeinen einen niedrigeren Ausdehnungskoeffizienten als Flüssigkeiten. Es existieren weiterhin Feststoffe, wie beispielsweise Gläser und bestimmte Metalle, welche sehr niedrige Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Werden nun Gegenstände derartiger Feststoffe als Ausgleichskörper zusammen mit einer
5 druckübertragenden Flüssigkeit in den die Flüssigkeit aufnehmenden Hohlraum eingebracht, so ist eine Kompensation möglich.

Durch den Ausgleichskörper **29** in der Druckübertragungsflüssigkeit ergibt sich für das gesamte Druckübertragungsmittel (Flüssigkeit + Körper) ein resultierender Ausdehnungskoeffizient, wodurch bei geeigneter Materialwahl des Ausgleichskörpers auf
10 eine Flüssigkeit mit sehr niedrigem Ausdehnungskoeffizienten mit den bekannten negativen Eigenschaften verzichtet werden kann. Es ist jedoch darauf zu achten, daß ein verbleibender Druckübertragungsmittelspalt zwischen Ausgleichskörper und den Hohlraumwänden noch immer so groß bleibt, daß nicht infolge von Kapillarwirkung die Druckübertragung von der Druck aufnehmenden Membran **27** zur Druckmeßeinheit **19**
15 beeinträchtigt wird.

Nachfolgend wird ein Beispiel einer Druckmeßvorrichtung beschrieben, welche bevorzugt zur Augendruckmessung verwendbar ist. D.h. die hier beschriebene Druckmeßvorrichtung erfüllt neben einer Temperaturkompensation bei der Druckübertragung zusätzlich die Bedingung, daß sie optisch transparent ist.

20 Das Material des Grundkörpers **3**, hier ein sog. Linsenkörper, ist Plexiglas. Als Flüssigkeit wird ein Siliconölgemisch, wie unten beschrieben, verwendet. Der Ausgleichskörper ist aus Glas. Die innerhalb der Druckübertragungsstrecke befindlichen Materialien ausgehend von der durchsichtigen Membran **27** über die Sackbohrung **11**, die Bohrung **15**, der Glasstab **29** und das Siliconölgemisch weisen einen resultierenden
25 Ausdehnungskoeffizienten auf, der gleich demjenigen des Plexiglases ist. Der Meßkopf **20** der Druckmeßeinheit **19** ragt in die Zylinderbohrungen **17a** und **17b** hinein und ist hier von Siliconöl umschlossen. Auch hier gelten dieselben Betrachtungen wie in der Druckübertragungsstrecke. Der sich aus dem Meßkopf **20** und aus der umgebenden Flüssigkeit (Siliconölgemisch) ergebende weitere resultierende Ausdehnungskoeffizient
30 muß ebenfalls gleich demjenigen des Plexiglases sein. Der Meßkopf **20** setzt sich aus verschiedenen Materialien zusammen, so daß sich sein thermisches Ausdehnungsverhalten aus einem Zusammenspiel unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten ergibt.

Bei der Konstruktion dieser Druckmeßvorrichtung wird bevorzugt darauf geachtet, daß möglichst an jeder Stelle der zur Druckübertragung dienende Hohlraum (**11** und **15**) sich gerade so stark ausdehnt, wie die darin sich befindende Werkstoffkombination. Diese Verhältnisse sollten an jeder Stelle erreicht werden und nicht nur summarisch
5 über den gesamten Weg. Im letzteren Fall würde nämlich ein vorhandener Temperaturgradient zu einer Fehlkompensation führen. Derartige Temperaturgradienten könnten insbesondere bei einer Anwendung der Druckmeßvorrichtung am körperwarmen Auge entstehen.

Die Druckmeßvorrichtung wird bei Normaldruck eingesetzt. Der zu messende
10 Druck liegt nur geringfügig über Normaldruck. Es kann also davon ausgegangen werden, daß sämtliche Festkörper im Druckmeßbereich inkompressibel sind. Auch die verwendete Flüssigkeit wird als inkompressibel betrachtet. Um die Flüssigkeit inkompressibel zu erhalten, muß darauf geachtet werden, daß sie gasfrei ist. Zur Vermeidung der oben erwähnten Fehlmessung infolge von auftretenden Temperaturgradienten ist der
15 gesamte Hohlraum, bestehend im wesentlichen aus den beiden Bohrungen **11** und **15**, an nahezu jeder Stelle mit dem Ausgleichskörper **29** bestückt.

Das thermische Verhalten der Druckmeßeinheit **19** ist nur soweit zu betrachten, wie deren Teile mit der Druckübertragungsflüssigkeit in Kontakt sind.; d.h. alle Teile, welche in **Figur 1** links vom Dichtring **25** liegen. Eine beispielsweise Ausgestaltung der
20 Druckmeßeinheit **19** zeigt **Figur 2**. Der Meßkopf **20** sitzt auf dem zylindrischen Absatz **23**. Der zylindrische Absatz **23** und ein vorderer Teil **31** des Meßkopfes **20** bestehen aus einer Stahlhülse, in die ein Kern aus Keramik eingeklebt ist. Deren thermisches Verhalten läßt sich nur schwer berechnen, da die Stahlhülse das Ausdehnungsverhalten des Keramikkerne beeinflusst und umgekehrt. In einem Bereich **33** zwischen dem Absatz **23** und dem Teil **31** sind alle Materialien so angeordnet, daß sie sich frei ausdehnen
25 können. Es handelt sich um eine nach einer Seite offene Hülse **34** aus Stahl, ein darin eingeklebtes Keramikteil **35** mit etwa halbkreisförmigem Querschnitt sowie ein auf den Keramikteil aufgeklebtes Sensorelement **37** aus Silizium. Der verbleibende Raum um das Sensorelement **37** herum und darüber bis zur Oberkante **39** der Öffnung **40** in der
30 Stahlhülse **34** ist mit einem flexiblen Silicon ausgegossen.

Der Sensor ist somit aus unterschiedlichen Materialien A, B, C, ... aufgebaut, die unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten α_A , α_B , α_C , ... und unterschiedliche Volumina V_A , V_B , V_C aufweisen. Es ist zu beachten, daß die thermischen Ausdeh-

nungskoeffizienten durch andere Materialien in der Umgebung des entsprechenden Bauteils bzw. Materials beeinflusst werden können (keine freie Ausdehnung). Ein resultierender thermischer Ausdehnungskoeffizient $\alpha_{r20,23}$ des Meßkopfes **20** und des Absatzes **23** ergibt sich dann zu

$$5 \quad \alpha_{r20,23} = (\alpha_A \cdot V_A + \alpha_B \cdot V_B + \alpha_C \cdot V_C + \dots) / (V_A + V_B + V_C + \dots).$$

Der resultierende Ausdehnungskoeffizient kann gemäß vorstehender Formel berechnet werden. In der Regel wird man ihn aber bei zusammengesetzten Bauteilen experimentell (beispielsweise durch Erwärmen in einer Flüssigkeit mit bekanntem thermischem Ausdehnungskoeffizient) ermitteln. Das Volumen der herzustellenden Bohrungen **17a** und **17b** wird nun aus der nachfolgenden Beziehung ermittelt

$$10 \quad \alpha_{\text{Plexi}} \cdot V_{17a, 17b} = \alpha_{\text{Öl}} \cdot V_{21, 41} + \alpha_{r20, 23} \cdot V_{20, 23},$$

wobei

α_{Plexi} der thermische Ausdehnungskoeffizient des die Wände der Bohrungen **17a** und **17b** bildenden Materials, hier des Materials des Grundkörpers **3** Plexiglas, ist;

$V_{17a, 17b}$ ist das Volumen der Bohrungen **17a** und **17b**;

$\alpha_{\text{Öl}}$ ist der thermische Ausdehnungskoeffizient des Siliconölgemisches;

$V_{21, 41}$ ist das Volumen der Spalte **21** und **41** in den Bohrungen **17a** und **17b** zwischen der Bohrungswandung und dem Meßkopf **20** bzw. dem Absatz **23**;

20 $V_{20, 23}$ ist das Volumen des Meßkopfes **20** und des Absatzes **23**.

Aus dem Volumen $V_{17a, 17b}$ kann der Durchmesser und die Länge der Bohrungen **17a** und **17b** in einer sich zur Herstellung besonders eignenden Form ermittelt werden. Ein zu vermeidender thermischer Temperaturgradient tritt in den Bohrungen **17a** und **17b** so gut wie nicht auf, da der Meßkopf **20** und der Absatz **23** eine gute thermische Wärmeleitfähigkeit (deren Material ist zum größten Teil Stahl) haben.

In den Bohrungen **11** und **15** ist zur thermischen Kompensation ein Glaskörper **29** eingebracht. Es gilt dort somit analog in der Bohrung **15**

$$\alpha_{\text{Plexi}} \cdot V_{15} = \alpha_{\text{Öl}} \cdot V_{S15} + \alpha_{\text{Glas}} \cdot V_{\text{Glas } 15},$$

sowie in der Bohrung **11** :

$$\alpha_{\text{Plexi}} \cdot V_{11} = \alpha_{\text{Öl}} \cdot V_{\text{S11}} + \alpha_{\text{Glas}} \cdot V_{\text{Glas 11}},$$

wobei V_{S15} und V_{S11} die Volumendifferenz zwischen Glasstab und dem jeweiligen Bohrlochvolumen angibt. In den Bohrungen **17a** und **17b** dient der Meßkopf **20** bzw. der Absatz **23** als Ausgleichskörper.

- 5 Für die benötigte Volumenmenge V_{29} Glas, d.h. für das Volumen des Ausgleichskörpers **29** ergibt sich dann

$$V_{29} = \frac{\alpha_{\text{Öl}} - \alpha_{\text{Plexi}}}{\alpha_{\text{Plexi}} - \alpha_{\text{Glas}}} \cdot V_{\text{Öl}}$$

- 10 Werden nicht allzu hohe Anforderungen an die Temperaturkompensation gestellt, kann auf einen Ausgleichskörper in der Bohrung **11**, welche mit der Membran abgeschlossen ist, verzichtet werden.

- Anstelle der oben angeführten Materialien können auch andere Materialien verwendet werden. So kann beispielsweise bei einer optisch nicht durchsichtigen Druckmeßvorrichtung mit einem metallenen Ausgleichskörper z.B. aus Stahl gearbeitet werden. Anstelle eines einzigen Ausgleichskörpers können auch mehrere verwendet werden.

- Ein Spalt **41** zwischen dem Absatz **23** und der Wandung der Bohrung **17b** ist, wie **Figur 3** zeigt, gerade so eng gemacht, daß beim Einstecken des Meßkopfes noch Flüssigkeit nach außen dringen kann, damit beim Einschieben kein Druckaufbau in den Bohrungen **15** und **11** erfolgen kann. Die Bohrung **17c** ist größer als der Außendurchmesser des Dichtrings **25**. Der Durchmesser der Bohrung **17b** ist um eine Toleranz größer als der Mittendurchmesser des Dichtrings **25**. Der Dichtring **25** sitzt bündig auf dem Schaft **24** der Druckmeßeinheit **19**. Ein Übergang zwischen der radialen Außenkante **46** des Absatzes **23** und dem Schaft **24** ist als viertelkreisförmige Kontur **43** ausgebildet und damit in diesem Bereich der Außenkontur des Dichtrings **25** angepaßt.

- Die Höhe h des Absatzes **23** und die Tiefe t der Teilbohrung **17b** sind gleich groß gewählt. Ferner ist der Außendurchmesser a des Absatzes **23** so groß ausgebildet wie der Durchmesser der Querschnittsmitte **45** des Dichtrings **25**. Der Durchmesser d des Schafts **24** entspricht dem Innendurchmesser des Dichtrings **25**. Der Durchmesser der Teilbohrung **17c** ist so gewählt, daß der Dichtring **25** mit Spiel einsetzbar ist.

Die Druckmeßeinheit **19** wird flüssigkeitsdicht eingesetzt, indem eine Verschlußmutter **47** als Verschlußmittel in die als Verschlußbuchse ausgebildete Teilbohrung **17c**

eingeschraubt wird. Da die Dichtringquerschnittsmitte **45** über der radialen Begrenzung des Absatzes **23** liegt und der Dichtring **23** durch elastische Verformung sich nur in radialer Richtung über den Spalt **41** schieben kann, wird beim Vorgang des Verschliessens mit dem Dichtring **25** die überschüssige Flüssigkeit durch seine Verformung radial nach außen abgeschert. Da die Spaltbreite des Spaltes **41** gegenüber dem Querschnitt des Dichtrings **25** verschwindend ist, wird dieser nur unwesentlich in den Spalt **41** hineingedrückt. Ein Druckaufbau der Druckübertragungsflüssigkeit wird hierdurch auf ein Minimum begrenzt.

Die Bohrung **17b** und der Absatz **23** müssen nicht als gerade Kreiszylinder ausgebildet werden. Es sind auch andere Formen wie beispielsweise konische Formen möglich. Die Querschnittsmitte des Dichtrings **25** sollte jedoch immer möglichst genau über der radialen Außenkante, welche in diesem Fall nicht mehr parallel zur Achse verläuft, liegen. Auch sollte der Spalt zwischen Bohrung und Absatz schmal gewählt werden.

Die als Druckübertragungsflüssigkeit zu verwendende Flüssigkeit muß neben guten optischen Eigenschaften noch die nachfolgenden Bedingungen erfüllen. Sie muß lichtecht (insbesondere UV-stabil) sein, eine sehr geringe Löslichkeit für Gase und Wasser haben und vakuumfest sein; d.h. nicht ausgasen. Ferner muß sie, falls sie in einer Druckmeßvorrichtung für den Augendruck verwendet wird, biologisch verträglich sowie chemisch mit allen verwendeten Reinigungsmitteln und den Materialien des Linsenkörpers (Grundkörper) **3**, des Glasstabs **29** und der Druckmeßeinheit **19** verträglich sein. Die Druckübertragungsflüssigkeit darf insbesondere keine ihr Volumen und ihre optischen Eigenschaften verändernden Stoffe, seien sie flüssig, gasförmig oder fest, aufnehmen. Die Druckübertragungsflüssigkeit darf keine Stoffe (Materialien) aus ihren Begrenzungen aufnehmen bzw. herauslösen. Sie darf auch keine Materialien aufnehmen, welche durch die Begrenzungen, aus der Umgebung stammend, hindurch diffundieren könnten.

Als Druckübertragungsflüssigkeiten können beispielsweise Öl, wie Siliconöle, natürliche Öle (Zedernholzöl, Leinöl, ...), auch Glyzerin, ... verwendet werden. Es können auch zur Anpassung des Brechungsindex Mischungen von unterschiedlichen Ölen bzw. anderen transparenten Flüssigkeiten mit den oben genannten Bedingungen verwendet werden. Gute Ergebnisse wurden beispielsweise mit einer Mischung zweier Siliconöle der Firma Wacker-Chemie mit der Bezeichnung AP 100 und AR 20 erreicht. Die Mischung der beiden Öle ist auch noch unter dem Gesichtspunkt der Erzeugung

eines Brechungsindex, der demjenigen von Plexiglas möglichst nahe kommt, vorgenommen worden. Die hier beschriebene Druckmeßvorrichtung soll nämlich in ein optisches Betrachtungssystem integrierbar sein. Als Material für den Glasstab ist FK5 (Firma Schott) gewählt worden.

- 5 Die vorstehend aufgeführten Druckübertragungsflüssigkeiten stellen nur eine kleine Auswahl möglicher Materialien und deren Mischungen dar.

Eine exakte Temperaturkompensation wird erreicht, wenn gemäß oben stehendem Berechnungsbeispiel nicht auf Teilvolumen, sondern auf Flächenausdehnung in den drei Koordinatenrichtungen (kartesisch, Kugelkoordinaten) abgestellt wird. Eine
10 gute Näherung hierzu bietet jedoch eine Kompensation in Teilvolumen, sofern diese so gewählt sind, daß sich ein in ihnen ausbildender Temperaturgradient immer klein ist.

Die in **Figur 1** dargestellte Druckmeßvorrichtung **1** ist bis auf die Druckmeßeinheit **19** optisch transparent. Hierdurch ist eine einfache Herstellung möglich, da eine Beschränkung auf nur wenige Materialien erfolgt ist. Für die Verwendung der Druck-
15 meßvorrichtung in der Ophthalmologie wäre jedoch ausreichend, wenn lediglich Bereiche der Druckmeßvorrichtung, welche vom Beobachtungs- und/oder Beleuchtungsstrahlengang zu durchdringen sind, optisch transparent ausgebildet sind.

Wie oben ausgeführt mündet die Sacklochbohrung **11** senkrecht zu deren Mittellinie **12** eine weitere, senkrecht zur Mantelfläche **13** des Grundkörpers **3** verlaufende
20 Zylinderbohrung **15**. Anstelle eines senkrechten Einmündens können selbstverständlich auch andere Einmündungswinkel vorgesehen werden.

Patentansprüche

1. Druckmeßvorrichtung (1) mit einem mit einem Druckübertragungsmittel gefüllten
5 Hohlraum (11, 15, 17a, 17b), der von Hohlraumwänden umgeben ist, und mit einer
mit dem Druckübertragungsmittel in Verbindung stehenden Druckmeßeinheit (19),
dadurch gekennzeichnet, daß die Materialien und Abmessungen der Hohlraum-
wände, des Hohlraumvolumens (V_{11} , V_{15} , V_{17a} , V_{17b}) und der Druckmeßeinheit (19)
sowie die Art des Druckübertragungsmittels derart gewählt sind, daß über einen vor-
10 gegebenen Temperaturbereich ohne äußere Einwirkung der Druck des Drucküber-
tragungsmittels auf seine Begrenzungswände konstant bleibt.
2. Druckmeßvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine Flüssigkeit
als Druckübertragungsmittel und einen mit der Flüssigkeit in Kontakt befindlichen
15 Ausgleichskörper (29), wobei die Materialien und Abmessungen der Hohlraumwän-
de, des Hohlraumvolumens (V_{11} , V_{15} , V_{17a} , V_{17b}), des Ausgleichskörpers (29) und der
Druckmeßeinheit (19) sowie die Art der Flüssigkeit derart gewählt sind, daß über ei-
nen vorgegebenen Temperaturbereich ohne äußere Einwirkung der Flächendruck
des Druckübertragungsmittels auf seine Begrenzungswände konstant bleibt.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in wenigstens
einer der Wände eines Hohlraums (11) eine, insbesondere wenigstens in einem
Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts transparente Druckübertragungsmem-
bran (27) angeordnet ist.
- 25 4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß
das Druckübertragungsmittel in wenigstens einem Wellenlängenbereich des sichtba-
ren Lichts transparent und insbesondere gasfrei sowie bevorzugt inert ist gegenüber

Materialien der Hohlraumwände bzw. Materialien aus diesen und/oder gegen durch diese hindurch diffundierende Materialien.

5. Vorrichtung **(1)** nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß
5 die Hohlraumwände und der Grundkörper **(3)** der Vorrichtung in wenigstens einem Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts transparent sind.
6. Vorrichtung **(1)** nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** ein optisches Beobach-
tungssystem, mit dem Betrachtungen durch die Vorrichtung hindurch vornehmbar
10 sind, wobei insbesondere der Brechungsindex des Druckübertragungsmittels und Teilbereiche des Grundkörpers **(3)** und/oder des Ausgleichskörpers **(29)** einander angepaßt sind.
7. Vorrichtung **(1)** nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** Außenkonturen **(5, 9)** in
15 wenigstens zwei einander gegenüberliegenden Teilbereichen der Vorrichtung **(1)**, welche derart geformt sind, daß die Vorrichtung **(1)** in ein abbildendes optisches System einsetzbar ist.
8. Vorrichtung **(1)** nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß
20 die Druckmeßeinheit **(19)** einen Meßkopf **(20)** und einen gegenüber dem Meßkopfaußendurchmesser querschnittserweiterten Absatz **(23)** hat und eine der Hohlraumwände einen Durchbruch **(17a, 17b, 17c)** aufweist, dessen Abmessungen derart gewählt sind, daß der Meßkopf **(20)** hindurchsteckbar ist und einen Teildurchbruch **(17b)** vorhanden ist, dessen Querschnitt zum Absatz **(23)** einen seitlichen
25 Spalt **(41)** zuläßt, die Teildurchbruchstiefe **(t)** sowie die Absatzhöhe **(h)** gleich groß gewählt sind und der Teildurchbruch **(17b)** sich auf seiner dem Hohlraum abgewandten Seite derart in einen Verschlußbuchsenbereich **(17c)** erweitert, daß ein Dichtmittel, insbesondere ein Dichtring **(25)** mit Spiel einsetzbar ist.

9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß an den Absatz (23) der Druckmeßeinheit (19) ein im Durchmesser verringerter Schaft (24) anschließt, und der Konturenübergang (43) vom Außendurchmesser des Absatzes (23) zum Schaft (24) derart gewählt ist, daß die Außenkontur des Dichtmittels, insbesondere die Außenkontur des Dichtrings (25) über ein Viertel ihres Querschnittsumfangs satt anliegt und die Dichtringquerschnittsmitte (45) in axialer Verlängerung zur Außenkante (46) des Absatzquerschnitts verläuft, damit ein in den Verschlußbuchsenbereich (17c) eingesetztes Preßmittel derart einpreßbar ist, insbesondere eine Verschlußmutter (47) derart einschraubbar ist, daß überschüssige Flüssigkeit durch eine Verformung des Dichtmittels (25) radial nach außen in den Verschlußbuchsenbereich (17c) ohne Druckaufbau des im Hohlraum (11, 15, 17a, 17b) befindlichen Druckübertragungsmittels erfolgt.

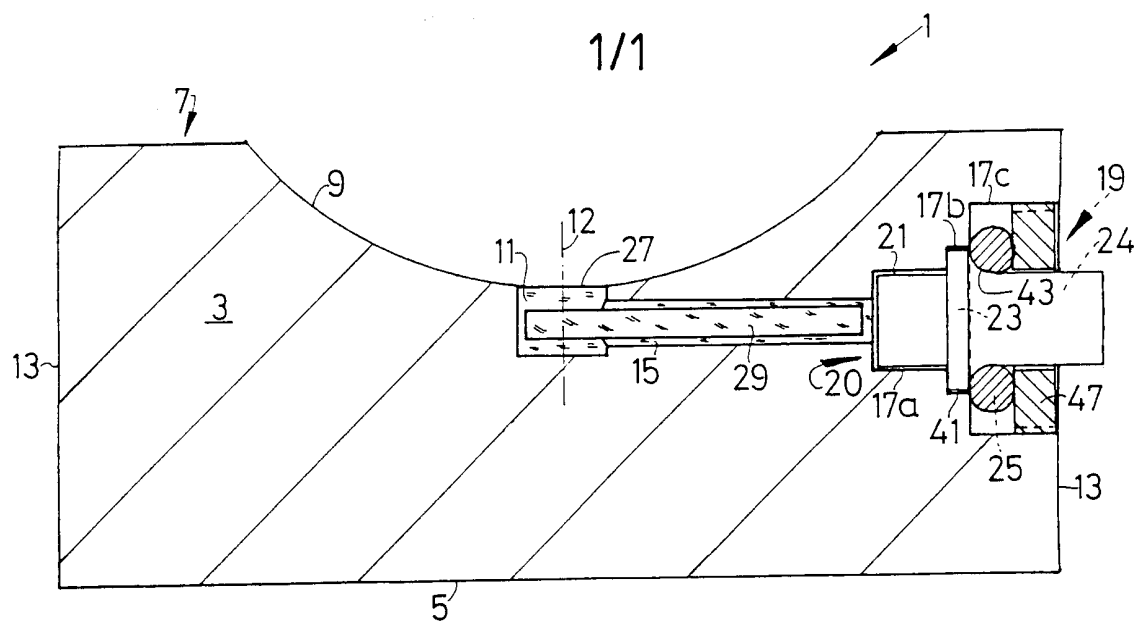


Fig. 1

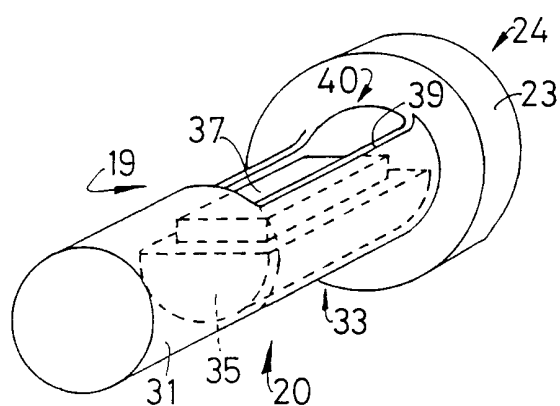


Fig. 2

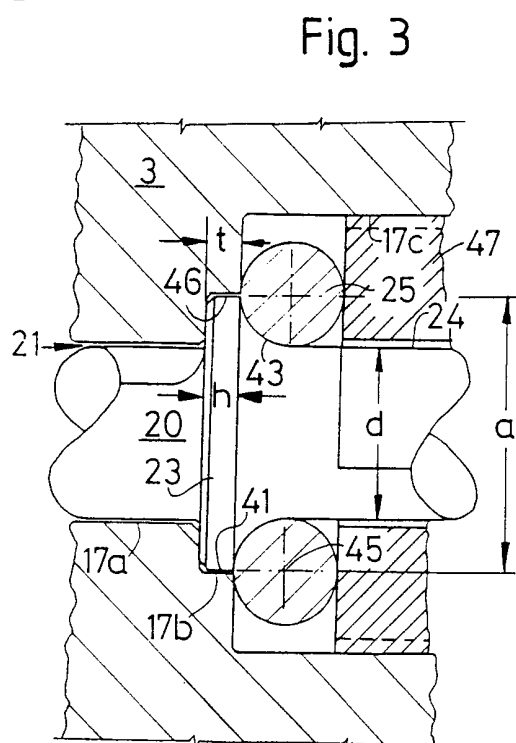


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 00/00281

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01L19/04

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 G01L A61B G01P

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)

EP0-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 999 435 A (SIEGEL WILLIAM A) 28 December 1976 (1976-12-28)	1,2,4
A	column 4, line 35 -column 5, line 45 ----	8
X	US 3 990 309 A (BECKWITH RICHARD M ET AL) 9 November 1976 (1976-11-09)	1,2,4
A	column 2, line 46 -column 5, line 4 -----	8

☐ 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

7 September 2000

Date of mailing of the international search report

18/09/2000

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

Martelli, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 00/00281

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3999435 A	28-12-1976	US 4019387 A CA 1037734 A DE 2607647 A FR 2308916 A GB 1514114 A	26-04-1977 05-09-1978 04-11-1976 19-11-1976 14-06-1978
US 3990309 A	09-11-1976	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00281

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01L19/04

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01L A61B G01P

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, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 999 435 A (SIEGEL WILLIAM A) 28. Dezember 1976 (1976-12-28)	1,2,4
A	Spalte 4, Zeile 35 - Spalte 5, Zeile 45 -----	8
X	US 3 990 309 A (BECKWITH RICHARD M ET AL) 9. November 1976 (1976-11-09)	1,2,4
A	Spalte 2, Zeile 46 - Spalte 5, Zeile 4 -----	8

☐ 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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. September 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18/09/2000

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

Martelli, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00281

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3999435 A	28-12-1976	US 4019387 A CA 1037734 A DE 2607647 A FR 2308916 A GB 1514114 A	26-04-1977 05-09-1978 04-11-1976 19-11-1976 14-06-1978
US 3990309 A	09-11-1976	KEINE	