

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>4</sup> :<br/><b>G01N 21/41, G01F 23/28</b><br/><b>G01B 11/02, G01D 5/26</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p><b>A1</b></p> | <p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 88/ 01738</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. März 1988 (10.03.88)</p>                                                                        |
| <p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE87/00383</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 28. August 1987 (28.08.87)</p> <p>(31) Prioritätsaktenzeichen: P 36 29 966.9</p> <p>(32) Prioritätsdatum: 3. September 1986 (03.09.86)</p> <p>(33) Prioritätsland: DE</p> <p>(71)(72) Anmelder und Erfinder: RUHRMANN, Wolfgang<br/>[DE/DE]; Herrenberger Straße 24, D-7000 Stuttgart 80 (DE).</p> <p>(74) Anwälte: WITTE, Alexander usw.; Schickhardtstraße 24, D-7000 Stuttgart 1 (DE).</p> <p>(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent),</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  | <p>US.</p> <p><b>Veröffentlicht</b><br/><i>Mit internationalem Recherchenbericht.<br/>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> |
| <p>(54) Title: OPTO-ELECTRONIC DETECTOR</p> <p>(54) Bezeichnung: OPTO-ELEKTRONISCHER SENSOR</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>(57) Abstract</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>A detector for converting a physical value into an electric output signal has a light source (1), from which a bundle (2) of light rays (11, 12, 13) is input into the front surface (3) of a light guiding body. The light rays (11, 12, 13) are totally reflected at a boundary surface (16, 19) of the body or output from the body depending on the physical value. The totally-reflected light rays (12b) strike a second front surface (16). A plurality of light-sensitive elements is provided for covering an angular area <math>\beta</math> of the bundle (2) after total reflection or output. The light-sensitive elements are arranged at an axial distance <math>h</math> from one front surface (16). They form a striking surface (15) for a bundle (17) of light rays coming out of the front surface (16). The elements are connected to an evaluating circuit with a counter that shows the number of elements illuminated by the bundle (17) in the form of a digital output signal.</p>                                                                                                                                      |                  |                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>(57) Zusammenfassung</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                  |                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Ein Sensor zur Umwandlung einer physikalischen Grösse in ein elektrisches Ausgangssignal umfasst eine Lichtquelle (1), aus der ein Bündel (2) Lichtstrahlen (11, 12, 13) in eine Stirnfläche (3) eines lichtleitenden Körpers eingekoppelt wird. Die Lichtstrahlen (11, 12, 13) werden an einer Grenzfläche (16, 19) des Körpers in Abhängigkeit von der physikalischen Grösse totalreflektiert bzw. aus dem Körper ausgekoppelt. Die totalreflektierten Lichtstrahlen (12b) treffen auf eine zweite Stirnfläche (16). Eine Mehrzahl lichtempfindlicher Elemente ist zum Erfassen eines von dem Bündel (2) nach erfolgter Totalreflektion bzw. Auskopplung eingenommenen Winkelbereichs <math>\beta</math> vorgesehen. Die lichtempfindlichen Elemente sind in einem axialen Abstand <math>h</math> von einer Stirnfläche (16) angeordnet. Sie bilden eine Auftrefffläche (15) für ein aus der Stirnfläche (16) austretendes Bündel (17) Lichtstrahlen. Die Elemente sind in einer Auswerteschaltung mit einem Zähler angeschlossen, der die Anzahl der von dem Bündel (17) beleuchteten Elemente als Ausgangssignal in digitaler Form abgibt.</p> |                  |                                                                                                                                                                                                                             |

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                                |    |                                   |    |                                |
|----|--------------------------------|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| AT | Österreich                     | FR | Frankreich                        | MR | Mauritanien                    |
| AU | Australien                     | GA | Gabun                             | MW | Malawi                         |
| BB | Barbados                       | GB | Vereinigtes Königreich            | NL | Niederlande                    |
| BE | Belgien                        | HU | Ungarn                            | NO | Norwegen                       |
| BG | Bulgarien                      | IT | Italien                           | RO | Rumänien                       |
| BJ | Benin                          | JP | Japan                             | SD | Sudan                          |
| BR | Brasilien                      | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | SE | Schweden                       |
| CF | Zentrale Afrikanische Republik | KR | Republik Korea                    | SN | Senegal                        |
| CG | Kongo                          | LI | Liechtenstein                     | SU | Soviet Union                   |
| CH | Schweiz                        | LK | Sri Lanka                         | TD | Tschad                         |
| CM | Kamerun                        | LU | Luxemburg                         | TG | Togo                           |
| DE | Deutschland, Bundesrepublik    | MC | Monaco                            | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| DK | Dänemark                       | MG | Madagaskar                        |    |                                |
| FI | Finnland                       | ML | Mali                              |    |                                |

1

### Opto-elektronischer Sensor.

Die Erfindung betrifft einen Sensor zur Umwandlung einer physikalischen Größe in ein elektrisches Ausgangssignal, mit einer Lichtquelle, aus der ein Bündel Lichtstrahlen in eine erste Fläche, vorzugsweise eine erste vordere Stirnfläche eines lichtleitenden Körpers eingekoppelt wird, wobei die Lichtstrahlen an einer Grenzfläche des Körpers in Abhängigkeit von der physikalischen Größe totalreflektiert bzw. aus dem Körper ausgekoppelt werden und die totalreflektierten Lichtstrahlen auf eine zweite Fläche, vorzugsweise eine der ersten Stirnfläche gegenüberliegende zweite, hintere Stirn-

fläche fallen, und mit einer Mehrzahl lichtempfindlicher Elemente zum Erfassen eines von dem Bündel nach erfolgter Totalreflektion bzw. Auskopplung eingenommenen Winkelbereichs.

Ein derartiger Sensor ist aus Patents abstracts of Japan, 21. Juni, 1980, Vol. 4/87 bekannt.

Der bekannte Sensor dient zur Messung der Konzentration des Elektrolyten einer Blei-Akkumulatorbatterie. Er weist eine Lichtquelle auf, von der ein divergierendes Strahlenbündel durch eine Blende auf eine schräge Seitenfläche eines prismatischen, lichtleitenden Körpers fällt. Eine untere, langgestreckte Grenzfläche des Körpers grenzt an den zu messenden Elektrolyten. Die Lichtstrahlen des divergierenden Strahlenbündels, die auf die untere Grenzfläche fallen, werden dort, in Abhängigkeit von ihrem Auftreffwinkel und der Dichte des Elektrolyten entweder totalreflektiert oder aber aus dem Körper in den Elektrolyten ausgekoppelt. Die totalreflektierten Lichtstrahlen fallen auf eine weitere, ebenfalls geneigte Grenzfläche des prismatischen Körpers, auf der sich ein Gatter von lichtempfindlichen Elementen befindet. Je nach dem wie groß die Dichte des zu messenden Elektrolyten ist, verschiebt sich die Grenze zwischen den noch totalreflektierten und den ausgekoppelten Lichtstrahlen des Bündels auf der unteren Grenzfläche zu dem Elektrolyten und damit ebenfalls die entsprechende Grenzlinie der auf das Gatter lichtempfindlicher Elemente fallenden totalreflektierten Lichtstrahlen. Da auch dann, wenn Lichtstrahlen ausgekoppelt werden, ein Teilstrahl an der unteren Grenzfläche reflektiert wird, ergibt sich, über die Länge des Gatters der lichtempfindlichen Elemente gesehen, ein Intensitätsverlauf, der von einem verhältnismäßig niedrigen Signal-

wert sprungartig zu einem verhältnismäßig hohen Signalwert ansteigt. Der bekannte Sensor mißt nun die Amplitude der auf die verschiedenen Elemente des Gatters fallenden Lichtstrahlen und zieht die jeweilige Position des sprungartigen Signalanstiegs auf dem Gatter als Maß für die Dichte des Elektrolyten heran.

Der bekannte Sensor hat jedoch den Nachteil, daß er mit sehr hoher Präzision justiert werden muß, weil bei der nur einmaligen Totalreflektion der Lichtstrahlen im prismatischen Körper bereits leichte Dejustierungen des einfallenden Bündels von Lichtstrahlen zu erheblichen Verfälschungen des Meßergebnisses führen. Außerdem hat der bekannte Sensor den Nachteil, daß eine Messung der Dichte des Elektrolyten praktisch nur punktförmig erfolgt, nämlich in einem in der Praxis sehr kleinen Längenabschnitt der Grenzfläche, in dem der Übergang von der Totalreflektion zur Auskopplung variiert, so daß das Meßergebnis nur dann charakteristisch für den Zustand des Elektrolyten in einem Behälter, z.B. einer Akkumulatorbatterie insgesamt ist, wenn der Elektrolyt in der Batterie gleichförmig dieselbe Dichte aufweist. Dies ist jedoch in der Praxis keineswegs immer der Fall, weil zum einen sich leichtere, z.B. wärmere Elektrolytanteile oben im Akkumulator ansammeln, während sich schwerere Anteile unten absetzen, andererseits aber bei Akkumulatoren, die Bewegungen unterliegen, wie dies beispielsweise bei Kraftfahrzeugen der Fall ist, durch die Bewegung der Akkumulatoren ebenfalls räumliche Dichteschwankungen mit erheblichem Ausmaß auftreten können. Der bekannte Sensor kann nicht die Säuredichte zwischen den Platten eines Akkumulators erfassen, und auch der Einbau in Rohre ist schwierig. Ein weiterer Nachteil des

bekanntem Sensor ist, daß er systematisch nur für eine einzige Meßaufgabe, nämlich die Messung der Dichte des an den prismatischen Körper angrenzenden Mediums geeignet ist. Schließlich hat der bekannte Sensor noch den Nachteil, daß das Meßergebnis in analoger Form vorliegt, weil die jeweilige Signalintensität an den einzelnen Elementen des Gatters erfaßt wird. Damit ist das Meßergebnis empfindlich gegenüber Drifterscheinungen aller Art, beispielsweise Alterungerscheinungen der beteiligten optischen Elemente.

Es sind weiter zahlreiche Sensoren bekannt, die auf optoelektronischem Wege unter Ausnutzung der Brechungseigenschaften eines Lichtleiters physikalische Größen in elektrische Ausgangssignale umwandeln, diese Sensoren arbeiten jedoch ebenfalls sämtlich mit analoger Meßwerterzeugung, lediglich bei bekannten Sensoren zur Erfassung von Füllständen ist es bekannt, die Überschreitung eines einzigen bestimmten Grenzwertes als digitales Ja/Nein-Signal anzuzeigen, eine kontinuierliche digitale Füllstandsmessung ist damit jedoch ebenfalls nicht möglich.

Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, einen Sensor der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß er für eine Vielzahl von Meßaufgaben geeignet und unproblematisch in der Justierung ist, daß sich lokale Störungen in der Umgebung des Sensors nicht bemerkbar machen und daß schließlich vor allem eine kontinuierliche Digitalanzeige des jeweiligen Ausgangssignals möglich ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Körper als langgestreckter Lichtleiter ausgebildet ist, in dem Lichtstrahlen mehrfach totalreflektiert werden, daß die lichtempfindlichen Elemente in einem axialen Abstand von

einer Stirnfläche angeordnet sind und eine Auftrefffläche für ein aus der Stirnfläche austretendes Bündel Lichtstrahlen bilden, und daß die Elemente an eine Auswerteschaltung mit einem Zähler angeschlossen sind, der die Anzahl der von dem Bündel beleuchteten oder alternativ der nicht beleuchteten Elemente als Ausgangssignal in digitaler Form abgibt. Nachfolgend wird nur die Zählung der beleuchteten Elemente näher betrachtet. Soll die Zahl der unbeleuchteten Elemente gezählt und ausgewertet werden, so muß die Gesamtzahl aller Elemente bekannt sein.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird damit vollkommen gelöst. Bei Verwendung eines langgestreckten Lichtleiters mit mehrfacher Totalreflektion werden zum einen Justierungsprobleme vermieden, weil sich über die Länge des Lichtleiters gesehen ohnehin gleichförmige Lichtstrahlenverhältnisse ausbilden, außerdem werden in der Umgebung des Lichtleiters etwa bestehende Diskontinuitäten hierdurch ausgemittelt. Durch die Führung der Lichtstrahlen im Lichtleiter können zahlreiche unterschiedliche Meßaufgaben gelöst werden. So kann beispielsweise wie bei dem eingangs geschilderten bekannten Sensor der Brechungsindex und damit auch die Dichte eines den Lichtleiter umgebenden Mediums unabhängig von dessen Aggregatzustand gemessen werden, es sind weiterhin kontinuierliche Füllstandsmessungen möglich und es können auch geometrische Größen, insbesondere Längen auf diese Weise gemessen werden. Diese Aufzählung schränkt jedoch den Anwendungsbereich der Erfindung keineswegs ein.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung ist, daß der Winkelbereich des aus dem Lichtleiter austretenden Bündels, mit anderen Worten der sogenannte "Akzeptanzkonus" in digitaler Form ausgemessen wird, indem die Anzahl der bei einem bestimmten Wert der physikalischen Größe beleuchteten Elemente ausgezählt und angezeigt wird. Irgendwelche Alterungserscheinungen oder sonstigen Drifterscheinungen wirken sich damit nicht störend auf das Meßergebnis aus, weil die Auswerteschaltung für jedes einzelne lichtempfindliche Element nur eine Ja/Nein-Entscheidung trifft, so daß bei geeignet eingestelltem Triggerpegel für das jeweilige Element ohne Bedeutung ist, wie groß die Intensität des jeweils auftretenden Lichtstrahles ist bzw. wie sich der Konversionsfaktor von einfallendem Lichtstrahl zu abgegebener Spannung im Element selbst aufgrund von Alterungserscheinungen geändert hat.

Insgesamt stellt die Erfindung damit einen universell einsetzbaren, robusten, zuverlässigen und gegen Alterungserscheinungen unempfindlichen Sensor zur Verfügung.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die lichtempfindlichen Elemente in einem axialen Abstand von der zweiten Stirnfläche angeordnet.

Diese Maßnahme ergibt einen besonders einfachen Aufbau des Lichtleiters, weil beispielsweise bei einem zylindrischen Lichtleiter das Strahlenbündel in die eine radiale Stirnfläche eingekoppelt und der Akzeptanzkonus des aus der gegenüberliegenden radialen Stirnfläche austretenden Strahlenbündels gemessen wird.



Bei einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die zweite Stirnfläche als Reflektor ausgebildet und die lichtempfindlichen Elemente sind in einem axialen Abstand von der ersten Stirnfläche angeordnet.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß unter Inkaufnahme eines etwas komplizierteren Aufbaus der Sensor nur von einer einzigen Seite her zugänglich sein muß, an der gleichzeitig das Licht in den Sensor eingekoppelt und zur Messung des Akzeptanzkonus wieder ausgekoppelt wird. Ein so gestalteter Sensor eignet sich damit insbesondere für Meßaufgaben an schwer zugänglichen Orten, beispielsweise zur Messung der Dichte oder des Füllstandes einer Flüssigkeit in einem geschlossenen Behälter.

Bei einer Variante dieses Ausführungsbeispiels ist der Lichtleiter in zwei axial beabstandete Abschnitte unterteilt und das Bündel wird in die erste Stirnfläche des ersten axialen Abschnittes eingekoppelt, während die lichtempfindlichen Elemente in einem axialen Abstand von der ersten Stirnfläche des zweiten Abschnittes angeordnet sind.

Eine weitere, ähnlichen Zwecken dienende Variante sieht vor, daß die erste Stirnfläche in zwei axial beabstandeten Stufen ausgebildet ist und daß das Bündel in die vordere Stufe eingekoppelt wird, während die lichtempfindlichen Elemente in einem axialen Abstand von der hinteren Stufe angeordnet sind.

Diese beiden Varianten haben den gemeinsamen Vorteil, daß eine räumliche Trennung der Lichtquelle für das einzustrahlende Bündel von den lichtempfindlichen Elementen für die

Messung des Akzeptanzkonus möglich ist, weil diese beiden Vorgänge in axial beabstandeten Positionen des Lichtleiters stattfinden.

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Auftrefffläche zur Achse des Lichtleiters geneigt.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß bei Variation des Akzeptanzkonus infolge der Neigung der Auftrefffläche eine Vergrößerung des Bereiches erzeugt wird, in dem der Rand des Akzeptanzkonus schwankt.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung dieser Variante kann die Auftrefffläche auch in vorgegebener Weise gekrümmt verlaufen, um auf diese Weise gegebenenfalls vorhandene Nichtlinearitäten des Sensors zu kompensieren.

Bei einem ersten Anwendungsbeispiel der Erfindung ist die physikalische Größe die Dichte eines den Lichtleiter umgebenden Mediums und der Lichtleiter ist nur mit seiner zweiten Stirnfläche optisch an das Medium gekoppelt.

Bei einer Variante hierzu kann auch der Lichtleiter nur mit seiner Mantelfläche optisch an das Medium gekoppelt sein.

Diese Maßnahmen haben den Vorteil, daß der Sensor konstruktiv an die jeweiliegen räumlichen Gegebenheiten des Meßortes optimal angepaßt werden kann.

Der Lichtleiter kann sowohl mit seiner zweiten Stirnfläche als auch mit seiner Mantelfläche optisch an das Medium gekoppelt sein, wodurch die Empfindlichkeit des Systems erhöht werden kann.

Erfindungsgemäß kann das Medium eine Flüssigkeit variabler Dichte sein, es können jedoch auch Gase variablen Drucks gemessen werden, weil die Dichte des Gases mit dessen Druck variiert.

Bei einem anderen Anwendungsgebiet des erfindungsgemäßen Sensors ist die physikalische Größe ein Füllstand einer Flüssigkeit. In diesem Falle taucht der Lichtleiter über einen Teil seiner axialen Länge in die Flüssigkeit und der optische Brechungsindex des Lichtleiters nimmt von seinem unteren Ende nach oben hin ab. Allgemeiner ausgedrückt, ist die physikalische Größe die Lage einer Grenzschicht zweier Medien, z.B. auch zwischen Flüssigkeiten, mit unterschiedlichen Brechungsindizes.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß kontinuierliche Füllstandsmessungen mit digitaler Meßwerterzeugung möglich sind, weil der Öffnungswinkel des Akzeptanzkonus von dem jeweils niedrigsten Brechungsindex bestimmt wird, der bei dem geschilderten Gradienten des Brechungsindex über die axiale Länge des Lichtleiters gerade derjenige ist, der sich an der Oberfläche der umgebenden Flüssigkeit befindet. Mit anderen Worten, der Öffnungswinkel des Akzeptanzkonus wird von einer maximalen Größe bei minimalem Füllstand kontinuierlich kleiner bis zu einem maximalen Füllstand, wobei diese Variation des Akzeptanzkonus in der beschriebenen Weise in einen digitalen Meßwert umgeformt wird.

Bei einer Weiterbildung dieser Variante weist der Lichtleiter erfindungsgemäß axial aneinandergesetzte Abschnitte mit unterschiedlichem optischem Brechungsindex auf.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß der Lichtleiter einfacher hergestellt werden kann, weil für die Abschnitte auf vorhandene Materialien zurückgegriffen werden kann.

Bei einer weiteren Variante dieses Ausführungsbeispiels ist der Lichtleiter so bemessen, daß das Produkt seiner halben Dicke und des Tangens des Grenzwinkels der Totalreflektion des außerhalb der Meßflüssigkeit liegenden Lichtleitermaterials zu dem dort umgebenden Medium wesentlich kleiner, vorzugsweise  $1/3$  bis  $1/40$  der Länge des Lichtleiters ist.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß sich bei extrem niedrigen Füllständen ein großer Signalsprung einstellt, wenn der Füllstand gerade eine Höhe über- bzw. unterschreitet, die dem Produkt der halben Dicke des Lichtleiters und des Tangens des genannten Grenzwinkels entspricht. Bis zu dieser Höhe des Füllstandes hat nämlich der Öffnungswinkel des Akzeptanzkonus einen sehr großen Wert, der dem Grenzwinkel Lichtleiter/ umgebendes Medium außerhalb der Flüssigkeit (im allgemeinen: Luft) entspricht, während bei Überschreiten dieser Höhe der Öffnungswinkel schlagartig auf einen sehr viel niedrigeren Wert absinkt, der dem Grenzwinkel Lichtleitermaterial/Flüssigkeit entspricht. Dieser Signalsprung ist bei den hier zur Diskussion stehenden Lichtleitermaterialien wesentlich größer als die Sprünge bei abschnittsweise hinsichtlich ihres Brechungsindex gestuftem Lichtleiter, wie dies im vorhergehenden Abschnitt beschrieben wurde. Der sehr große Signalsprung kann daher vorteilhaft als "Reserveanzeige" verwendet werden, um dem Benutzer des Sensors zu signalisieren, daß der Füllstand auf einen sehr niedrigen unteren Grenzwert abgesunken ist.

Bei Ausführungsbeispielen der Erfindung besteht der Lichtleiter aus Glas oder Kunststoff, z.B. Polymethylacrylat (PMMA).

Diese Maßnahme hat auch den Vorteil, daß auf bekannte Materialien mit ebenfalls bekannten reproduzierbaren Eigenschaften zurückgegriffen werden kann.

Bei anderen Varianten der Erfindung weist der Lichtleiter ein lichtdurchlässiges Rohr auf, das mit einem Referenzmedium gefüllt ist, dessen chemische Zusammensetzung derjenigen des das Rohr umgebenden Meßmediums bei einem vorbestimmten Wert der physikalischen Größe entspricht.

Diese, an sich aus der DE-PS 34 02 374 bekannte Maßnahme hat den Vorteil, daß sich die Eigenschaften des Referenzmediums und des umgebenden Meßmediums bei Variationen der Umgebungsbedingungen gleichermaßen ändern, so daß auch insoweit Drifterscheinungen ausgeschlossen werden können.

Bei einer weiteren Variante der Erfindung weist der Lichtleiter lichtabgebende Elemente auf, die nach Bestrahlung mittels eines Primärlichtes Sekundärlicht abgeben.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß statt einer diffusen Lichteinstrahlung in den Lichtleiter auch eine Einstrahlung mittels eines parallelen Bündels möglich ist, wobei dann die für die Erfindung erforderlichen diffusen Lichtstrahlen durch das Sekundärlicht dargestellt werden. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß das Primärlicht auf

Störstellen (Farbzentren) im Lichtleiter trifft, daß diffus reflektierende Grenzflächen, auf die das Primärlicht trifft, vorgesehen werden oder daß der Lichtleiter mit Lumineszenzcentren versehen wird, die ihrerseits Sekundärlicht erzeugen.

Dieses Ausführungsbeispiel ist besonders für einen dritten Anwendungsbereich der Erfindung geeignet, bei dem die physikalische Größe eine Länge ist. In diesem Falle ist vorgesehen, daß der optische Brechungsindex des Lichtleiters in axialer Richtung von einer Stirnfläche des Lichtleiters an zunimmt, daß das Bündel Lichtstrahlen in radialer Richtung im Abstand der Länge von der Stirnfläche seitlich auf dem Lichtleiter trifft und daß die lichtempfindlichen Elemente im axialen Abstand von der Stirnfläche angeordnet sind.

Dieses Ausführungsbeispiel der Erfindung, das somit ebenfalls vom zentralen Gedanken der Erfindung Gebrauch macht, die Variation des Akzeptanzkonus auf digitale Weise zu erfassen, hat somit den Vorteil, daß eine Länge berührungslos gemessen werden kann, weil je nach Brechungsindex des lumineszierenden Lichtleiterbereiches, auf den der radiale Meßstrahl fällt, am stirnseitigen Ende ein Strahlenbündel austritt, dessen Akzeptanzkonus vom Brechungsindex des genannten Lichtleiterbereiches abhängt.

Auch bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann, ebenso wie dies bereits weiter oben zum Anwendungsbereich der Füllstandsmessung geschildert wurde, entweder ein Lichtleiter mit kontinuierlich variierendem Brechungsindex oder aber ein gestufter Lichtleiter mit Abschnitten unterschiedlichen Brechungsindex verwendet werden.

Schließlich ist noch ein Ausführungsbeispiel der Erfindung bevorzugt, bei dem die Lichtquelle an einem Pulsgenerator angeschlossen ist und die Auswerteschaltung einen Differenzbildner aufweist, dessen Eingängen die Maßwerte bei eingeschalteter bzw. ausgeschalteter Lichtquelle zuführbar sind.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß durch Messungen in den Impulspausen Fremdlichteinflüsse ausgemessen und damit kompensiert werden können.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend erläuterten Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Lichtleiters zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 2 eine Darstellung eines Strahlenganges, wie er im Lichtleiter gemäß Fig. 1 auftritt;
- Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel einer flächenhaften Lichtmeßanordnung zur Verwendung beim erfindungsgemäßen Sensor;

- Fig. 4 eine Variante des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 3 mit linienförmiger Lichtmeßanordnung;
- Fig. 5 eine erste Variante eines erfindungsgemäßen Sensors zur Messung der Dichte eines Mediums;
- Fig. 6 eine zweite Variante hierzu;
- Fig. 7 eine dritte Variante hierzu;
- Fig. 8 eine vierte Variante hierzu;
- Fig. 9a und 9b ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sensors zur Messung eines Füllstandes mit zugehöriger Kennlinie des Brechungsindex über die Länge des verwendeten Lichtleiters;
- Fig. 10 eine Variante des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 9a mit gestuftem Lichtleiter;
- Fig. 11a bis 11c eine Detaildarstellung des Sensors gemäß Fig. 9a oder Fig. 10 zur Erläuterung einer erfindungsgemäß möglichen Reserveanzeige;
- Fig. 12 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Sensors zur Messung einer Länge;
- Fig. 13 eine erste Variante einer erfindungsgemäßen Konfiguration eines Lichtleiters zur Verwendung bei einem der Sensoren gemäß den Fig. 5 bis 11;



- Fig. 14 eine zweite Variante hierzu;
- Fig. 15 eine dritte Variante hierzu, jedoch zur Verwendung bei einem der Sensoren der Fig. 5 bis 12;
- Fig. 16 einen stark schematisierten Stromlaufplan zur Erläuterung der Beschaltung eines erfindungsgemäßen Sensors;
- Fig. 17 eine weitere Variante, ähnlich Fig. 1, zur Erhöhung der Meßempfindlichkeit eines erfindungsgemäßen Sensors.

In Fig. 1 bezeichnet 1 eine Lichtquelle, aus der ein divergierendes Strahlenbündel 2 aus- und in eine benachbarte obere Stirnfläche 3 eines zylindrischen Lichtleiters 10 eintritt. Die punktförmige Lichtquelle 1 mit dem divergierenden Strahlenbündel 2 ist hier nur beispielhaft zu verstehen, es wird weiter unten noch erläutert werden, daß auch parallele Strahlenbündel verwendet werden können, aus denen divergierendes Sekundärlicht im Inneren des Lichtleiters abgeleitet wird.

In Fig. 1 erkennt man mit 11 einen ersten, axial gerichteten Lichtstrahl, der den Lichtleiter 10 ohne weitere Umlenkung oder Behinderung durchsetzt. Mit 12a, 12b ist ein zweiter Lichtstrahl gekennzeichnet, der so flach auf eine Mantelfläche 19 des Lichtleiters 10 trifft, daß er totalreflektiert wird. Auch der Lichtstrahl 12a, 12b setzt somit seinen Weg durch die Lichtleiter 10 in axialer Richtung fort. Mit 13a, 13b ist hingegen ein dritter Lichtstrahl bezeichnet, der unter einem solch steilen Winkel auf die Mantelfläche 19 trifft, daß er aus dem Lichtleiter 10 ausgekoppelt wird.

Dies bedeutet im Ergebnis, daß nach mehreren Reflektionsvorgängen im Lichtleiter 10 nur noch Lichtstrahlen 11 oder 12a, 12b geführt werden, die entweder streng axial oder so flach gerichtet sind, daß sie an der Mantelfläche 19 totalreflektiert werden. Hierdurch entsteht ein sogenanntes "Akzeptanzkonus" 14, womit man die Gestalt eines aus einer unteren Stirnfläche 16 austretenden divergierenden Bündels 17 von Lichtstrahlen bezeichnet.

In einem axialen Abstand  $h$  von der unteren Stirnfläche 16 ist eine Auftrefffläche 15 definiert. Bezeichnet man den Öffnungswinkel des Akzeptanzkonus 14 mit  $\beta$ , so ergibt sich in der Auftrefffläche 15 bei kreisförmiger unterer Stirnfläche 16 eine kreisförmige Lichtfläche mit einem umlaufenden Ringbereich der radialen Breite  $x$ , die vom Winkel  $\beta$  und dem axialen Abstand  $h$  abhängt.

Ändert sich nun infolge einer Veränderung der Brechungsverhältnisse im Lichtleiter 10 oder im umgebenden Medium der Grenzwinkel der Totalreflektion, ändert sich ebenfalls der Winkel  $\beta$  und damit das Maß  $x$ .

In Fig. 2 sind die zur Fig. 1 erläuterten Verhältnisse nochmals zur Quantifizierung des sich einstellenden Effektes dargestellt. Im Lichtleiter 10 sei jetzt ein vierter Lichtstrahl 18 geführt, dessen Abschnitt 18a gerade unter dem Grenzwinkel  $\alpha_T$  der Totalreflektion auf die Mantelfläche 19 trifft. Anschaulich ausgedrückt bedeutet dies, daß alle in dem schraffierten Bereich der Fig. 2 einfallenden Lichtstrahlen totalreflektiert werden, während alle steiler als der Lichtstrahl 18 einfallenden Strahlen aus dem Lichtleiter

10 ausgekoppelt werden. Der Lichtstrahl 18 wird in seinem Abschnitt 18a nun (gerade noch) totalreflektiert und ein reflektierter Abschnitt 18b trifft auf die untere Stirnfläche 16. Unter der Voraussetzung, daß der Lichtstrahlabschnitt 18b außerhalb des Totalreflektionsbereiches der an der unteren Stirnfläche 16 herrschenden Brechungsverhältnisse auftritt, wird ein Abschnitt 18c des Lichtstrahls 18 aus der unteren Stirnfläche 16 ausgekoppelt und zwar unter einem Winkel  $\beta$ , der gerade dem Öffnungswinkel  $\beta$  des Akzeptanzkonus 14 in Fig. 1 entspricht.

Bezeichnet man mit  $n_i$  den Brechungsindex des Lichtleiters 10, mit  $n_a$  den Brechungsindex des den Lichtleiter 10 im Bereich seiner Mantelfläche 19 umgebenden Mediums und mit  $n_{st}$  den Brechungsindex des den Lichtleiter 10 an der unteren Stirnfläche 16 umgebenden Mediums, so kann man zeigen, daß für den Öffnungswinkel  $\beta$  des Akzeptanzkonus 14 gilt:

$$\sin \beta = \sqrt{n_i^2 - n_a^2} / n_{st}$$

Wobei selbstverständlich gilt, daß  $n_i$  größer ist als  $n_a$  und  $n_{st}$ . Für den Fall, daß die Brechungsverhältnisse an der Mantelfläche 19 und an der Stirnfläche 16 gleich sind, d.h.  $n_a = n_{st}$ , vereinfacht sich die angegebene Formel entsprechend.

Man erkennt somit, daß die in Fig. 1 zu erkennende Breite  $x$  über den Öffnungswinkel  $\beta$  und den Abstand  $h$  unmittelbar ein Maß für die Brechungsverhältnisse des Lichtleiters 10 zu dem ihn umgebenden Medium ist.

Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, die Breite  $x$  in digitalisierter Form als Meßwert auszugeben.

Fig. 3 zeigt hierzu ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem wiederum der Lichtleiter 10 zu erkennen ist, aus dem ein Lichtstrahlenbündel in Gestalt des Akzeptanzkonus 14 unten austritt. Zusätzlich ist gestrichelt ein Akzeptanzkonus 14a eingezeichnet, der einen zweiten Meßwert symbolisieren soll.

Unterhalb des Lichtleiters 10 ist im axialen Abstand in der gedachten Auftrefffläche eine flächiges Detektorarray 22 zu erkennen, das beispielsweise als Ladungsverschiebungs-Halbleiterbauelement (CCD) ausgebildet sein kann. Das Detektorarray 22 besteht aus einer Vielzahl in einer Fläche verteilter Detektorelemente 23, die individuell angesteuert und ausgelesen werden können. Eine symbolisiert dargestellte Datenleitung 24 führt zu einer Auswerteschaltung 25, die im wesentlichen einen digitalen Zähler enthält.

Im dargestellten Beispielsfall des durchgezogen eingezeichneten Akzeptanzkonus 14 werden die in Fig. 3 schraffierten 8 Detektorelemente beleuchtet, so daß nach Auszählung dieser Elemente über die Datenleitung 24 in der Auswerteschaltung 25 am Ausgang derselben ein Digitalwert "8" ausgegeben wird. Man kann dabei durch entsprechende Vielzahl von Detektorelementen 23 eine nahezu beliebige Auflösung des Meßergebnisses erzielen und, sofern dies praktisch noch von Bedeutung sein sollte, durch Einstellung einer bestimmten Triggerschwelle für nur teilweise beleuchtete Detektorelemente

23 einen Grenzwert vorgeben, von dem ab ein Detektorelement 23 als beleuchtet oder unbeleuchtet gezählt wird. Auch eventuelle Grau-Übergänge im Randbereich des Akzeptanzkonus 14 lassen sich auf diese Weise präzise definieren.

Man erkennt aus Fig. 3 ohne weiteres, daß bei einer Vergrößerung des Akzeptanzkonus 14 in einen Konus 14a (gestrichelt eingezeichnet) eine entsprechend größere Anzahl von Detektorelementen 23 beleuchtet und damit auch ein entsprechend größerer Digitalwert am Ausgang der Auswerteschaltung 25 angezeigt wird.

Fig. 4 zeigt eine Variante, bei der der Abstand  $x$  aus Fig. 1 nicht durch eine Flächenmessung wie in Fig. 3 sondern nur durch eine Messung entlang einer Geraden bestimmt wird. Es ist hierzu ein lineares Detektorarray 26 vorgesehen, beispielsweise ein lineares Diodengatter oder dergleichen. Man erkennt aus Fig. 4, daß im Falle des durchgezogenen eingezeichneten Akzeptanzkonus 14 vier Detektorelemente 23 beleuchtet werden, die in Fig. 4 wiederum schraffiert worden sind, während bei einer Öffnung des Akzeptanzkonus auf einen Wert 14a im dargestellten Beispielfalle sechs Detektorelemente beleuchtet werden. Auch in diesem Falle wird die Zahl der beleuchteten Detektorelemente ausgezählt und am Ausgang der Auswerteschaltung 25 in Form eines Digitalwertes ausgegeben.

Die Fig. 5 bis 8 zeigen vier Ausführungsbeispiele, bei denen der erfindungsgemäße Sensor zum Messen der Dichte eines umgebenden Mediums, insbesondere einer Flüssigkeit, eingesetzt wird.

Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein Lichtleiter 29 im Bereich seiner Mantelfläche 19 von einer Verspiegelung 30 umgeben ist, so daß Licht nur aus der unteren Stirnfläche 16 austreten kann. Der Lichtleiter 26 durchsetzt eine Bohrung einer Wand 31 eines Flüssigkeitsbehälters. An einer gegenüberliegenden, von der unteren Stirnfläche 16 beabstandeten Wand 32 des Behälters befindet sich das Detektorarray 22, dessen Datenleitung 24 durch die Wand 32 nach außen geführt ist. Der Lichtleiter 29 ist von einer Meßflüssigkeit 33 umgeben, deren Dichte gemessen werden soll. Die Verspiegelung kann aus Metall oder aus einer transparenten Umhüllung (cladding) mit geringerem Brechungsindex als der Lichtleiter selbst bestehen.

Das in den Lichtleiter 29 am nicht dargestellten oberen Ende eintretende Strahlenbündel 2 durchsetzt nun den Lichtleiter 29 in axialer Richtung, wobei aus der Mantelfläche 19 infolge der Verspiegelung 30 keine Lichtstrahlen austreten. Dies ist nur an der unteren Stirnfläche 16 der Fall und wegen des bereits erläuterten optischen Mechanismus tritt Licht aus der Stirnfläche 16 nur im Akzeptanzkonus 14 aus, der auf die beschriebene Weise mittels des Detektorarrays 22 ausgemessen wird.

Da sich die Brechungsverhältnisse an der unteren Stirnfläche 16 in Abhängigkeit von der Dichte der Meßflüssigkeit 33 ändern, ist der Öffnungswinkel des Akzeptanzkonus 14 bei der Anordnung gemäß Fig. 5 unmittelbar ein Maß für die Dichte der Meßflüssigkeit 33.

Es versteht sich, daß statt einer Meßflüssigkeit 33 zwischen den Wänden 31, 32 auch ein Gas umschlossen sein kann, dessen Dichte sich mit dem Gasdruck ändert, so daß auf diese Weise eine Gasdruckmessung möglich ist.

Fig. 5 kann in folgender Weise abgewandelt werden: An die Stelle der Elemente 22 tritt eine Lichtquelle, und die Elemente 22 werden in axialem Abstand von der nicht gezeigten oberen Stirnfläche des Lichtleiters 29 oberhalb von diesem angeordnet.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel zur Dichtemessung, bei dem ein Lichtleiter 34 durch zwei miteinander fluchtende Öffnungen in den Wänden 31, 32 des Behälters für die Meßflüssigkeit 33 geführt ist. Im Bereich der Durchgänge sind Verspiegelungen 30, 30a an der Mantelfläche 19 angebracht, während die Mantelfläche 19 im übrigen von der Meßflüssigkeit 33 umspült wird.

Das Strahlenbündel in Gestalt des Akzeptanzkonus 14 tritt bei diesem Ausführungsbeispiel also außerhalb des Behälters aus dem Lichtleiter 34 aus und trifft auf das im axialen Abstand angeordnete Detektorarray 22 zu der bereits beschriebenen Meßwertverarbeitung.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 bestimmen somit die Brechungsverhältnisse im Bereich der Mantelfläche 19 des Lichtleiters 34 die Messung, vom Ergebnis her entspricht der Meßwert jedoch dem der Anordnung gemäß Fig. 5.

Fig. 7 zeigt eine weitere Variante hierzu, bei der ein Lichtleiter 35 in zwei axial gegeneinander abgesetzte Abschnitte 35a, 35b unterteilt ist. Der obere Abschnitt 35a ist mit einer oberen Stirnfläche 3a versehen, in die das Strahlenbündel 2 eingekoppelt wird. Unterhalb der unteren Stirnfläche des oberen Abschnittes 35a befindet sich entweder ein flächiges Detektorarray mit einer mit dem Lichtleiter 35 fluchtenden Öffnung oder seitlich zwei voneinander getrennte Detektorarrays 22a, 22b, wie dies in Fig. 7 dargestellt ist, die zwischen sich einen entsprechenden Freiraum offen lassen, durch den das Strahlenbündel 2', das unten aus dem oberen Abschnitt 35a ausgetreten ist, hindurchtreten kann.

Der untere Abschnitt 35b durchsetzt eine Bohrung in der Wand 31 des Behälters für die Meßflüssigkeiten 33. Abgesehen von einer Verspiegelung 30 im Bereich des Durchganges durch die Wand 31 ist der untere Abschnitt 35b im Bereich seiner Mantelfläche 19 unverspiegelt und grenzt unmittelbar an die Meßflüssigkeit 33. Die untere Stirnfläche 16 ist jedoch mit einem Spiegel 36 oder einem anderen geeigneten Reflektor versehen. Dies bedeutet, daß ein im unteren Abschnitt 35b geführter Lichtstrahl 37 nach Auftreffen auf den Spiegel 36 wieder nach oben geleitet wird, so daß an einer oberen Stirnfläche 3b des unteren Abschnittes 35b ein Strahlenbündel in Gestalt des Akzeptanzkonus 14 austritt. Der Öffnungswinkel des Akzeptanzkonus 14 wird nun wiederum in der beschriebenen Weise durch das Detektorarray 22a, 22b ausgemessen.



Ein Lichtleiter 40, der wiederum die obere Wand 31 des Behälters für die Meßflüssigkeit 33 durchsetzt, ist im Bereich dieses Durchsatzes als unterer Abschnitt mit größerem Durchmesser ausgebildet, an den sich ein oberer Abschnitt 40a mit kleinerem Durchmesser anschließt. Der untere Abschnitt 40b weist dadurch eine kreisringförmige Stirnfläche 41b auf, während der obere Abschnitt 40a eine kreisförmige Stirnfläche 41a aufweist. In diese Stirnfläche 41a trifft das Strahlenbündel 2 ein und gelangt in den unteren Abschnitt 40b, von dem ab nach unten der Sensor gemäß Fig. 8 ebenso wie der gemäß Fig. 7 ausgebildet ist. Das vom unteren Ende des Lichtleiters 40 an dessen in Fig. 8 nicht dargestellten Spiegel reflektierte Licht tritt nun durch die kreisringförmige Stirnfläche 41b des unteren Abschnittes 40b aus und gelangt auf das Detektorarray 22a, 22b, das wiederum entsprechend Fig. 7 ausgebildet ist.

Mit einer weiteren Gruppe von Ausführungsbeispielen der Erfindung, wie sie in den Fig. 9 bis 11 dargestellt sind, ist eine Messung des Füllstandes einer Flüssigkeit mit einem Sensor der erfindungsgemäßen Art möglich.

Fig. 9a zeigt hierzu einen langgestreckten Lichtleiter 50, der über einen Teil seiner axialen Länge in die Meßflüssigkeit 33 taucht, die wiederum in dem Behälter mit den Wänden 31, 32 enthalten sei. Der Lichtleiter 50 ist an seiner unteren Stirnfläche 16 wiederum mit einem Spiegel 36 versehen, so daß die Meßanordnung an sich mit derjenigen übereinstimmt, wie sie bei der Formel zu den Fig. 7 oder 8 für den Fall der Dichtemessung dargestellt wurde.

Als Besonderheit bei der Anordnung gemäß Fig. 9a tritt jedoch hinzu, daß der Brechungsindex  $n$  des Lichtleiters 50 über dessen axiale Länge  $z$  variiert. Der Verlauf des Brechungsindex  $n$  über die axiale Länge  $z$  ist in Fig. 9b dargestellt und man erkennt, daß der Brechungsindex  $n$  mit etwa 1,6 am unteren Ende seinen höchsten Wert und mit etwa 1,4 am oberen Ende seinen niedrigsten Wert einnimmt.

Es wurde bereits eingangs in den grundlegenden Erläuterungen des Wirkungsmechanismus der erfindungsgemäßen Sensoren zu den Fig. 1 und 2 erläutert, daß der Öffnungswinkel  $\beta$  des Akzeptanzkonus 14 umso kleiner ist, je geringer der Brechungsindex des Lichtleitermaterials ist. Anschaulich dargestellt bedeutet dies, daß bei geringem Brechungsindex des Lichtleitermaterials immer mehr Lichtstrahlen aus dem Lichtleiter ausgekoppelt werden und nur noch die ganz flach, d.h., nahezu parallel zur Lichtleiterachse verlaufenden Lichtstrahlen im Lichtleiter geführt werden. Dies bedeutet für den Fall, daß der Brechungsindex über der Länge des Lichtleiters variiert, daß derjenige Bereich des Lichtleiters den Akzeptanzkonus begrenzt und damit definiert, der den niedrigsten Brechungsindex aufweist.

Im Falle des Ausführungsbeispiels der Fig. 9a und 9b ist dies jedoch - im Verhältnis zur umgebenden Meßflüssigkeit 33 - immer derjenige Bereich des Lichtleiters 50, der an die Oberfläche der Flüssigkeit 33 angrenzt, d.h. einen Füllstand 51 definiert.

Wenn also bei der Darstellung in Fig. 9a der Füllstand 51 von einem oberen Maximalwert zu einem unteren Minimalwert absinkt, bedeutet dies, daß ein am nicht-dargestellten oberen Ende des Lichtleiters 50 austretender Akzeptanzkonus mit abnehmendem Füllstand 51 seinen Öffnungswinkel  $\beta$  vergrößert, so daß auf die zu den Fig. 3 und 4 geschilderte Weise eine digitale Füllstandsmessung möglich ist.

Beim Lichtleiter 50 mit dem Brechungsindex-Gradienten gemäß Fig. 9b kann diese Charakteristik dadurch erzeugt werden, daß beispielsweise bei einem Kunststoff-Lichtleiter der Polymerisationsgrad über die Länge eingestellt wird. Auch eine Veränderung des Brechungsindex über selektive Druckeinwirkung, Bestrahlung oder dergleichen ist denkbar.

Statt eines Lichtleiters 50 mit kontinuierlich variierendem Brechungsindex  $n$  kann auch, wie dies Fig. 10 zeigt, ein Lichtleiter 52 verwendet werden, der in eine Mehrzahl von axial aneinandergrenzenden Abschnitten 53 unterteilt ist. Die Abschnitte  $53_0, 53_1, \dots, 53_n$  sind dabei so ausgebildet, daß deren zugehörige Brechungsindizes  $n_0, n_1, n_2, \dots, n_n$  von unten nach oben abnehmen. Die Kennlinie der Fig. 9b für den Lichtleiter 50 der Fig. 9a würde also tendenziell gleich, jedoch in leicht gestufter Gestalt verlaufen.

Die Abschnitte 53 können darüberhinaus auch in sich je wiederum mit kontinuierlich variierendem Brechungsindex  $n$  versehen sein, so daß durch die Stufung der Abschnitte 53 eine Grobmessung und durch deren axial variierendem Brechungsindex  $n$  zusätzlich eine Feinmessung innerhalb jenes Abschnittes 53 möglich ist..

In den Fig. 11a bis 11c ist noch ein Phänomen dargestellt, das sich bei den Lichtleitern 50 gemäß Fig. 9a, 9b oder 52 gemäß Fig. 10 einstellt und von besonderem Vorteil ist, um geringe Restmengen von Meßflüssigkeit 33 anzuzeigen. Dies ist beispielsweise bei der Füllstandsanzeige in Benzintanks von Kraftfahrzeugen von besonderem Vorteil, wenn dort eine "Reserveanzeige" als besonders hervorstechender Wert eingerichtet werden soll, um den Fahrer darauf aufmerksam zu machen, daß der Benzinvorrat unter eine bestimmte Mindestmenge abgesunken ist.

Zur Erläuterung dieses Phänomens in den Fig. 11a bis 11c sei zunächst auf Fig. 11c verwiesen, wo ein Lichtleiter 59 der Breite  $d$  mit seiner Längsachse 64 dargestellt ist. Am unteren Ende des Lichtleiters 59 sind die beiden Grenzwinkel der Totalreflektion  $\alpha_{TL}$  für den Fall von den Lichtleiter 59 umgebender Luft und  $\alpha_{TF}$  für den Fall von den Lichtleiter 59 umgebender Meßflüssigkeit 33 dargestellt.

In Fig. 11a ist mit 60 ein von oben eintretender Lichtstrahl bezeichnet, der so geneigt ist, daß er gerade unter dem Grenzwinkel  $\alpha_{TL}$  für umgebende Luft verläuft und damit an der von Luft umgebenen Mantelfläche 19 des Lichtleiters 59 totalreflektiert wird. Bei dem in Fig. 11a eingezeichneten sehr niedrigen Füllstand 61 bedeutet dies, daß - obwohl ein

sehr kleiner unterer Teil des Lichtleiters 59 noch von Meßflüssigkeit 33 umgeben ist -, dieser Lichtstrahl 60 über den Spiegel 36 und die Mantelfläche 19 wieder nach oben reflektiert wird und damit am oberen Ende des Lichtleiters 59 einen Akzeptanzkonus definiert, dessen Öffnungswinkel vom Grenzwinkel  $\alpha_{TL}$  für umgebende Luft definiert, d.h. sehr groß ist.

Diese Reflektion von Lichtstrahlen 60 mit einer Neigung bis hin zum Grenzwinkel  $\alpha_{TL}$  für umgebende Luft ist so lange möglich, bis der Füllstand 61 eine in Fig. 11a eingezeichnete Höhe 62 erreicht hat. Die Höhe 62 ergibt sich aus der Schnittlinie eines Kegels 63 um die Achse 64 des Lichtleiters 59, wobei der Außenwinkel des Kegels 63 gerade gleich dem Grenzwinkel  $\alpha_{TL}$  für umgebende Luft ist. Übersteigt der Füllstand die Höhe 62, ist eine Reflektion von Lichtstrahlen 60 an das obere Ende des Lichtleiters 59 hin nicht mehr möglich. Es tritt vielmehr der in Fig. 11c eingezeichnete Fall ein, daß bei einem höheren Füllstand 65 der Lichtstrahl 60 in die Meßflüssigkeit 33 ausgekoppelt wird, weil nunmehr der größere Grenzwinkel  $\alpha_{TF}$  für umgebende Flüssigkeit die Brechungsverhältnisse an der Mantelfläche 19 des Lichtleiters 59 definiert.

Betrachtet man nun die in Fig. 11b dargestellte Charakteristik des Öffnungswinkels  $\beta$  des Akzeptanzkonus in Abhängigkeit von der Füllhöhe F, so erkennt man, daß bis hin zur Höhe 62 der Öffnungswinkel  $\beta$  den Wert  $\beta_L$  einnimmt, der - wie bereits weiter oben erläutert - vom Grenzwinkel  $\alpha_{TL}$  für umgebende Luft definiert ist. Überschreitet der Füllstand die Höhe 62, sinkt der Wert des Öffnungswinkels  $\beta$  schlagartig auf einen Wert  $\beta_0$  ab, der durch den Grenzwinkel  $\alpha_{TF}$  für umgebende Flüssigkeit definiert ist.

Ist der Lichtleiter, wie in Fig. 10 mit 52 dargestellt, in seiner axialen Länge gestuft, so können sich, wie Fig. 11b am oberen Rand zeigt, noch weitere Stufen  $\beta_1$  usw. anschließen, diese weiteren Stufen sind jedoch wesentlich kleiner als die untere Stufe von  $\beta_L$  auf  $\beta_0$ , weil solch große Sprünge an Grenzwerten  $\alpha_T$  nicht mehr auftreten.

Der sehr große Signalsprung von  $\beta_L$  auf  $\beta_0$  kann daher dazu ausgenutzt werden, um eine Reserveanzeige zu aktivieren. Den Einsatzpunkt dieser Reserveanzeige kann man, wie sich leicht aus Fig. 11a entnehmen läßt, dadurch bestimmen, daß man die Dicke  $d$  des Lichtleiters 59 in Bezug auf den Grenzwinkel  $\alpha_{TL}$  für umgebende Luft entsprechend dimensioniert.

Ein dritter Anwendungsbereich erfindungsgemäßer Sensoren besteht in der Messung geometrischer Größen, insbesondere einer Länge  $y$ , wie dies in Fig. 12 anhand eines Beispielen dargestellt ist.

Ein Lichtleiter 70 ist in axialer Richtung in Abschnitte 71 unterteilt, von denen einer in Fig. 12 mit  $71_n$  bezeichnet ist. Die Abschnitte 71 bestehen aus lumineszierendem Material und eines der Lumineszenzelemente ist mit 72 im Abschnitt  $71_n$  bezeichnet. Die Abschnitte 71 verfügen wiederum über jeweils unterschiedliche Brechungsindizes und der Brechungsindex des Abschnittes  $71_n$  ist mit  $n_n$  bezeichnet. Der Wert des Brechungsindex nimmt von Abschnitt zu Abschnitt in Fig. 12 von rechts nach links zu.

Ein schmales Strahlenbündel oder ein Lichtstrahl 73, der zum Lichtleiter 70 radial gerichtet ist, trifft auf eine Seitenfläche 74 des Lichtleiters 70. Hierdurch wird in jeweils einem der Abschnitte 71 Lumineszenz angeregt und das hierdurch ausgestrahlte Sekundärlicht des Lumineszenzelemente 72 pflanzt sich in axialer Richtung des Lichtleiters 70 fort. Das in Fig. 12 nach links gerichtete Sekundärlicht gelangt dort am Ende des Lichtleiters 70 auf eine radiale Stirnfläche 75 und tritt dort wiederum in Form eines Akzeptanzkonus 14 aus, so daß in der bereits geschilderten Weise eine Messung des Öffnungswinkels  $\beta_n$  des Akzeptanzkonus 14 mittels eines Detektorarrays 22 möglich ist.

Dadurch, daß der Brechungsindex  $n$  der Abschnitte 71 zur Stirnfläche 75 hin zunimmt, wird der Öffnungswinkel des Akzeptanzkonus 14 durch den jeweils vom Lichtstrahl 73 beaufschlagten Abschnitt 71 selbst bestimmt, weil die in Strahlrichtung weiter vorne zur Stirnfläche 75 hin liegenden Abschnitte 71 stets einen größeren Akzeptanzkonus 14 zulassen, diesen jedoch mangels geeignet "steiler" Strahlen nicht ausnutzen.

Man kann daher durch Messung des Öffnungswinkels  $\beta_n$  feststellen, auf welchen der Abschnitte 71 der Lichtstrahl 73 gefallen ist. Dies bedeutet mit anderen Worten, daß der Öffnungswinkel  $\beta_n$  ein Maß für die Länge  $y$  ist, wenn man  $y$  als Abstand des Lichtstrahls 73 von der vorderen Stirnfläche 75 definiert.

Es versteht sich, daß auf diese Weise auch durch entsprechende Aufweitung der Anordnung in die Ebene Sensoren geschaffen werden können, bei denen die Position eines auftreffenden Lichtpunktes in der Ebene gemessen werden kann.

Die Fig. 13 bis 15 zeigen noch einige Varianten von Lichtleitern, wie sie für jeweils einige der Ausführungsbeispiele gemäß den Fig. 5 bis 12 verwendet werden können.

Fig. 13 zeigt zunächst eine Variante, bei der ein Lichtleiter 80 im wesentlichen aus einem lichtdurchlässigen Rohr 81, beispielsweise einem Glasrohr besteht, das mit einem Referenzmedium 82 gefüllt ist. Das Referenzmedium 82 ist entweder von derselben chemischen Art wie das umgebende Medium, beispielsweise die Meßflüssigkeit 33 oder von definiert abweichender Art, um auf diese Weise Störgrößen ausscheiden zu können.

Wird beispielsweise der Lichtleiter 80 zur Messung der Dichte einer Säure verwendet, so kann man als Referenzmedium 82 eben diese Säure verwenden, deren Dichte einem bestimmten Referenzwert der als Meßflüssigkeit 33 dienenden Säure entspricht. Außeneinflüsse, die sich dann auf die Meßflüssigkeit und das Referenzmedium gleichermaßen auswirken, gehen dann in das Meßergebnis nicht mehr ein.

Fig. 14 zeigt eine weitere Variante, bei der ein Lichtleiter 85 im wesentlichen aus einem lichtdurchlässigen Körper 86 aus Glas, Kunststoff oder dergleichen besteht. Am unteren Ende des Lichtleiters 85 ist jedoch, wie in der linken Hälfte von Fig. 14 dargestellt, ein Lumineszenzkörper 87 angeordnet, es kann aber auch, wie die rechte Hälfte von Fig. 14 zeigt, dort ein diffuser Reflektor 88 angeordnet sein.



Der Lichtleiter 85 ermöglicht es damit, den Sensor mit einem parallelen Strahlenbündel zu beaufschlagen, der am unteren Ende in ein diffuses sekundäremittiertes oder reflektiertes Strahlenbündel übergeht, das Lichtstrahlen unterschiedlicher Neigung wieder nach oben aussendet. Eine solche Anordnung kann beispielsweise bei den Ausführungsbeispielen der Fig. 7 und 8 mit Vorteil verwendet werden.

Fig. 15 zeigt eine Variante, bei der ein Lichtleiter 90 wiederum aus einem lichtdurchlässigen Körper 91 besteht, in dem gesamthaft entweder Lumineszenzelemente 92 oder Diffusionsselemente, beispielsweise Farbzentren oder dergleichen eingebracht sind.

Wie die untere Hälfte von Fig. 15 zeigt, ist dies auch mit Flüssigkeiten, ähnlich den Ausführungsformen gemäß Fig. 13 möglich, indem in einem Glasrohr 93 eine Referenzflüssigkeit 94 vorgegebener chemischer Zusammensetzung enthalten ist, in der Schwebeteilchen 95 als Suspension enthalten sind.

Auch auf diese Weise kann in unterschiedlicher Art Sekundärlicht als reflektiertes oder durch Sekundäremission erzeugtes Licht verwendet werden, um in diffuser Weise an den Grenzflächen des Lichtleiters reflektiert oder ausgekoppelt zu werden.

Fig. 16 zeigt einen stark schematisierten Stromlaufplan einer Schaltungsanordnung zum Betreiben eines erfindungsgemäßen Sensors.

Ein Pulsgenerator 100 betreibt die Lichtquelle 1, die aufgrund dessen ein getaktetes Strahlenbündel 2 auf einen Lichtleiter 102 abgibt. Auf den Lichtleiter 102 fällt ferner noch Fremdlicht 103. Der Lichtleiter 102 ist über geeignete Detektor- und Auswerteinrichtungen, wie sie in den Fig. 3 und 4 erläutert wurden, an einen Verstärker 104 angeschlossen, der ferner vom Ausgang des Pulsgenerators 100 beaufschlagt wird.

Die Schaltungsanordnung gemäß Fig. 16 hat den Sinn, den Einfluß des Fremdlichtes 103 auszuregulieren. Hierzu wird im Verstärker 104 während der Impulspausen des Pulsgenerators 100 das vom Lichtleiter 102 aufgefangene, allein vom Fremdlicht 103 stammende Signal ermittelt und gespeichert. Während eines Impulses des Pulsgenerators 100 wird nun wiederum ein Meßwert gebildet, der im Lichtleiter 102 durch das Strahlenbündel 2 der Lichtquelle 1 und den Einfluß des Fremdlichtes 103 entstanden ist und es wird von diesem Meßwert der zuvor ermittelte Meßwert des Fremdlichtes 103 alleine subtrahiert. Da das Fremdlicht 103 in der Regel eine konstante Störgröße ist, kann auf diese Weise der Einfluß des Fremdlichtes 13 kompensiert werden.

Fig. 17 zeigt schließlich noch eine Möglichkeit, eine Vergrößerung der Breite  $x$  in Fig. 1 zur Erhöhung der Meßgenauigkeit durch Erhöhung der Auflösung zu erreichen.

Ein Lichtleiter 106 ähnlich demjenigen in Fig. 1 befindet sich mit seinem unteren Ende im axialen Abstand von einer Auftrefffläche 107, die jedoch zu einer Längsachse 108 des Lichtleiters 106 geneigt ist. Auf diese Weise ergibt sich eine vergrößerte Breite  $x'$ , wenn das Bündel der Lichtstrahlen in Gestalt des Akzeptanzkonus 14 auf die Auftrefffläche 107 fällt.

Es ist ferner in Fig. 17 mit 107a, 107b dargestellt, daß man der Auftrefffläche 107 zusätzlich zur oder anstelle der Neigung zur Achse 108 auch einen gekrümmten Verlauf geben kann, um auf diese Weise bestimmte Kennlinien zu kompensieren oder zu erzeugen, je nach dem, wie dies beim speziellen Anwendungsfall wünschenswert ist.

Patentansprüche

1. Sensor zur Umwandlung einer physikalischen Größe in ein elektrisches Ausgangssignal, mit einer Lichtquelle (1), aus der ein Bündel 2 Lichtstrahlen (11, 12, 13; 18; 37; 60; 73) in eine erste Fläche 74, vorzugsweise eine erste vordere Stirnfläche (3; 41) eines lichtleitenden Körpers eingekoppelt wird, wobei die Lichtstrahlen (11, 12, 13; 18; 37; 60; 73) an einer Grenzfläche (16, 19) des Körpers in Abhängigkeit von der physikalischen Größe totalreflektiert bzw. aus dem Körper ausgekoppelt werden und die totalreflektierten Lichtstrahlen (12b; 18b; 37; 60) auf eine zweite Fläche (75), vorzugsweise eine der ersten Stirnfläche (3; 41) gegenüberliegende zweite, hintere Stirnfläche (16) fallen, und mit einer Mehrzahl lichtempfindlicher Elemente (23) zum Erfassen eines von dem Bündel (2) nach erfolgter Totalreflektion bzw. Auskopplung eingenommenen Winkelbereichs  $\beta$ , dadurch gekennzeichnet, daß der Körper als langgestreckter Lichtleiter (10; 29; 34; 35; 40; 50; 52; 59; 70; 80; 85; 90; 102; 106) ausgebildet ist, in dem Lichtstrahlen (12b; 18b; 37; 60) mehrfach totalreflektiert werden, daß die lichtempfindlichen Elemente (23) in einem axialen Abstand  $h$  von einer Stirnfläche (3; 16; 41) angeordnet sind und eine Auftrefffläche (15; 107) für ein aus der Stirnfläche (3; 16; 41) austretendes Bündel (17) Lichtstrahlen bilden, und daß die Elemente (23) an eine Auswerteschaltung (25) mit einem Zähler angeschlossen sind, der die Anzahl der von dem Bündel (17) beleuchteten oder alternativ der nicht beleuchteten Elemente (23) als Ausgangssignal in digitaler Form abgibt.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtempfindlichen Elemente (23) in einem axialen Abstand  $h$  von der zweiten Stirnfläche (16) angeordnet sind.
3. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Stirnfläche (16) als Reflektor ausgebildet ist und daß die lichtempfindlichen Elemente (23) in einem axialen Abstand  $h$  von der ersten Stirnfläche (3) angeordnet sind.
4. Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (35) in zwei axial beabstandete Abschnitte (35a, 35b) unterteilt ist und daß das Bündel (2) in die erste Stirnfläche (3a) des ersten axialen Abschnitts (35a) eingekoppelt wird, während die lichtempfindlichen Elemente in einem axialen Abstand von der ersten Stirnfläche (3b) des zweiten Abschnittes (35b) angeordnet sind.
5. Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Stirnfläche in zwei axial beabstandeten Stufen (41a, 41b) ausgebildet ist und daß das Bündel (2) in die vordere Stufe (41a) eingekoppelt wird, während die lichtempfindlichen Elemente in einem axialen Abstand von der hinteren Stufe (41b) angeordnet sind.
6. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auftrefffläche (107) zur Achse (108) des Lichtleiters (106) geneigt ist.

7. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Auftrefffläche (107a, 107b) in vorgegebener Weise gekrümmt verläuft.
8. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalische Größe der Brechungsindex und damit die Dichte eines den Lichtleiter (29) umgebenden Mediums ist und daß der Lichtleiter (29) nur mit seiner zweiten Stirnfläche 16 optisch an das Medium gekoppelt ist.
9. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalische Größe die Dichte eines den Lichtleiter (34; 35; 40) umgebenden Mediums ist und daß der Lichtleiter (34; 35; 40) nur mit seiner Mantelfläche (19) optisch an das Medium gekoppelt ist.
10. Lichtleiter nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium eine Flüssigkeit (33) variabler Dichte ist.
11. Sensor nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Medium ein Gas variablen Drucks ist.
12. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalische Größe ein Füllstand (51; 61, 65) eines Mediums, vorzugsweise einer Flüssigkeit (33) ist, daß der Lichtleiter (50; 52; 59)

über einen Teil seiner axialen Länge in das Medium taucht und daß der optische Brechungsindex  $n$  des Lichtleiters (50; 52; 59) von seinem unteren Ende nach oben hin abnimmt.

13. Sensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (52; 59) axial aneinandergesetzte Abschnitte (53) mit unterschiedlichem optischem Brechungsindex  $n$  aufweist.
14. Sensor nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (59) so bemessen ist, daß das Produkt seiner halben Dicke  $d$  und des Tangens des Grenzwinkels  $\alpha_{TL}$  der Totalreflektion des außerhalb des Mediums liegenden Lichtleitermaterials zu dem dort umgebenden Medium wesentlich kleiner, vorzugsweise ein Drittel bis ein Vierzigstel der Länge des Lichtleiters (59) ist.
15. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (10; 29; 34; 35; 40; 50; 52; 59) aus Glas oder Kunststoff besteht.
16. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (80) ein lichtdurchlässiges Rohr (81) aufweist, das mit einem Referenzmedium (82) gefüllt ist, dessen chemische Zusammensetzung derjenigen des das Rohr (81) umgebenden Meßmediums bei einem vorbestimmten Wert der physikalischen Größe entspricht.

17. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (70; 85; 90) lichtabgebende Elemente (72; 92; 95) aufweist, die nach Bestrahlung mittels eines Primärlichtes Sekundärlicht abgeben.
18. Sensor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalische Größe eine Länge  $y$  ist, daß der optische Brechungsindex  $n$  des Lichtleiters (70) in axialer Richtung von einer Stirnfläche (75) des Lichtleiters (70) an abnimmt, daß das Bündel Lichtstrahlen (73) in radialer Richtung im Abstand der Länge  $y$  von der Stirnfläche (75) seitlich auf den Lichtleiter (70) trifft und daß die lichtempfindlichen Elemente im axialen Abstand von der Stirnfläche (75) angeordnet sind.
19. Sensor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter (70) in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Abschnitte (71) mit unterschiedlichem optischem Brechungsindex  $n$  aufweist.
20. Sensor nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtabgebenden Elemente Lumineszenzelemente (72) sind.
21. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1) an einem Pulsgenerator (100) angeschlossen ist und daß die Auswerteschaltung (25) einen Differenzbildner (104) aufweist, dessen Eingängen die Meßwerte bei eingeschalteter bzw. ausgeschalteter Lichtquelle (1) zuführbar sind.



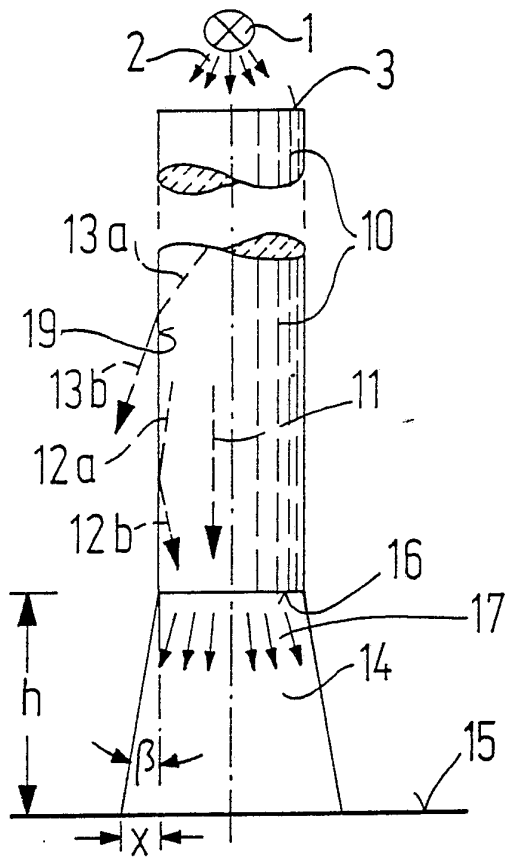


Fig. 1

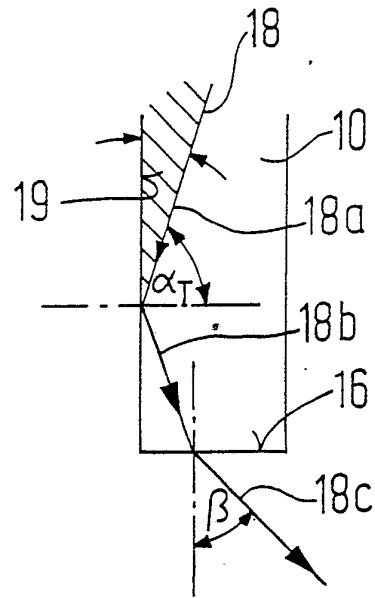


Fig. 2

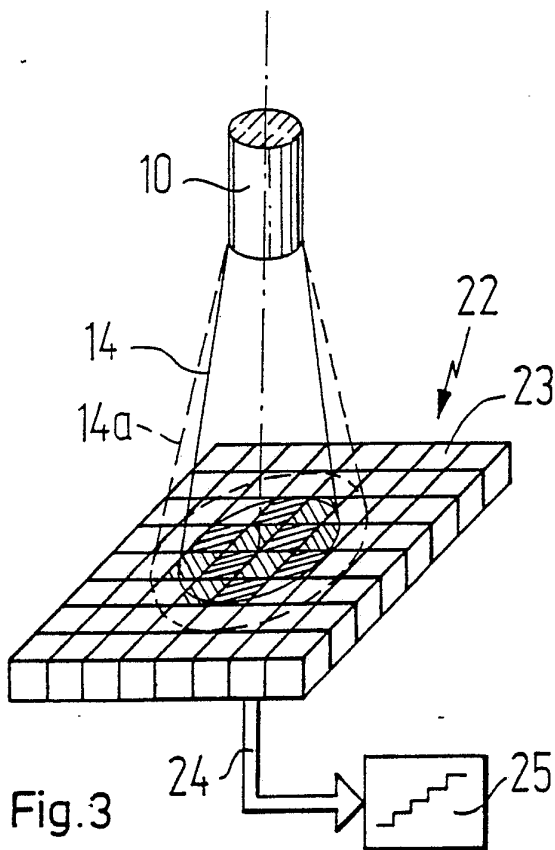


Fig. 3

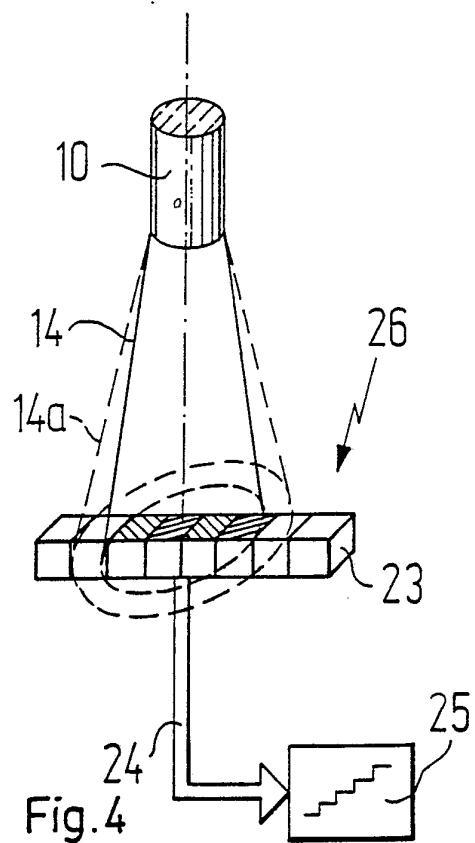


Fig. 4

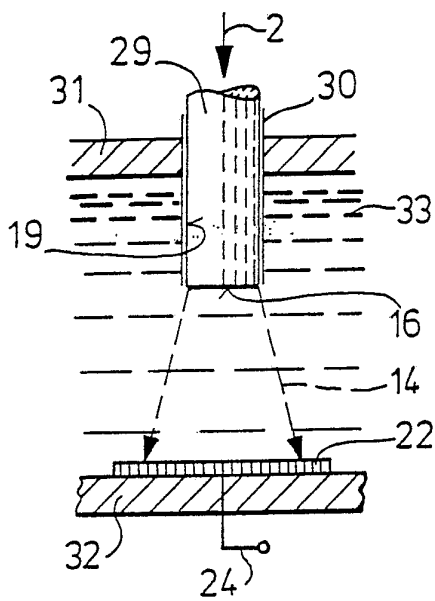


Fig. 5

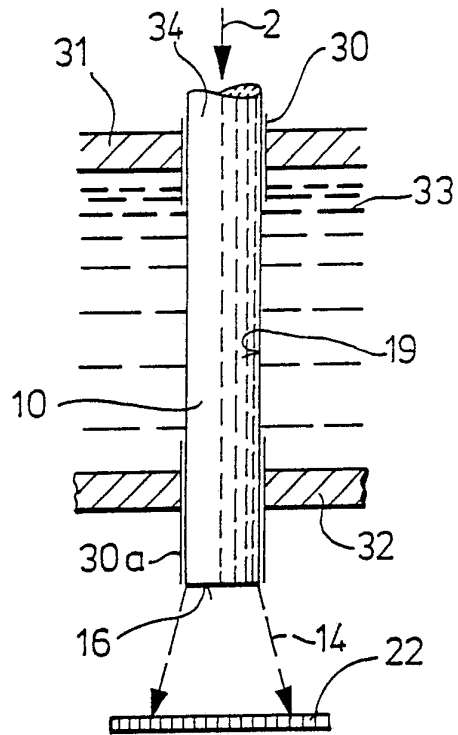


Fig. 6

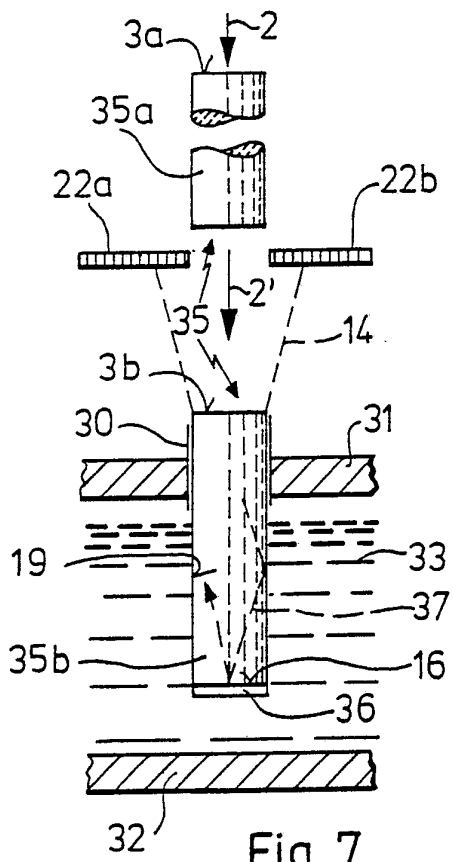


Fig. 7

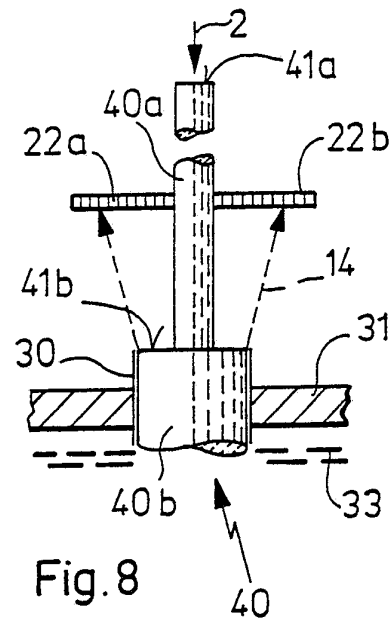
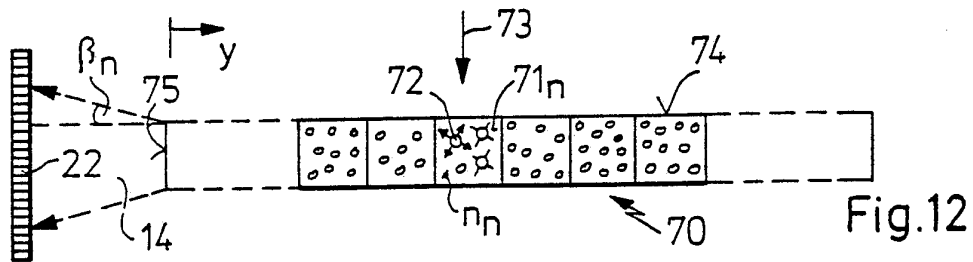
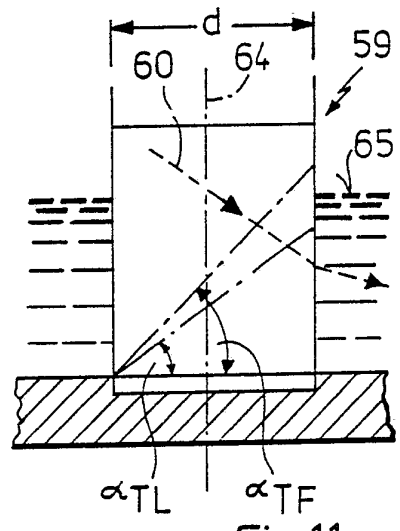
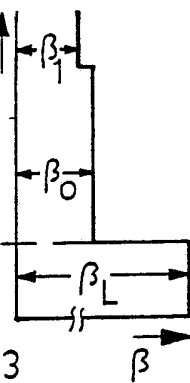
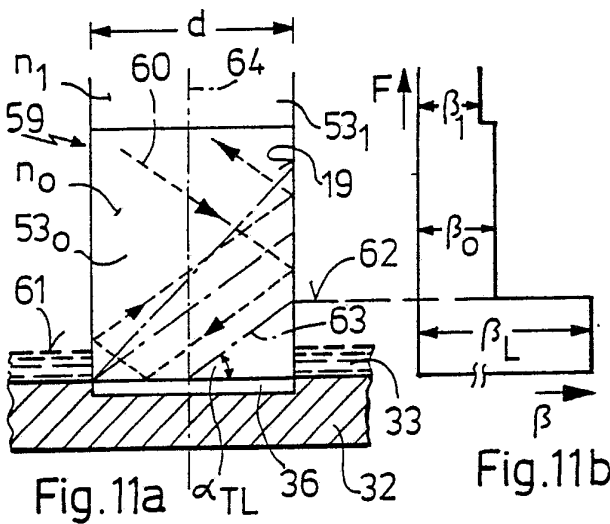
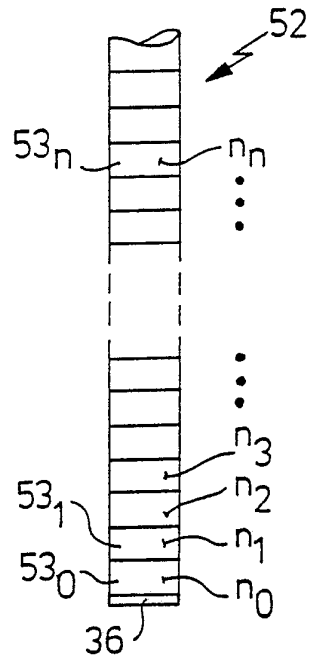
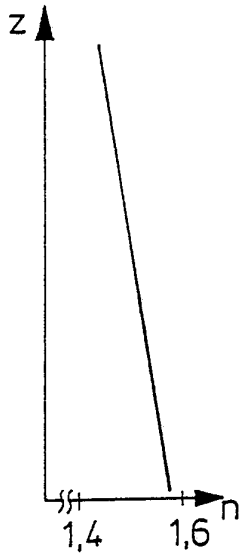
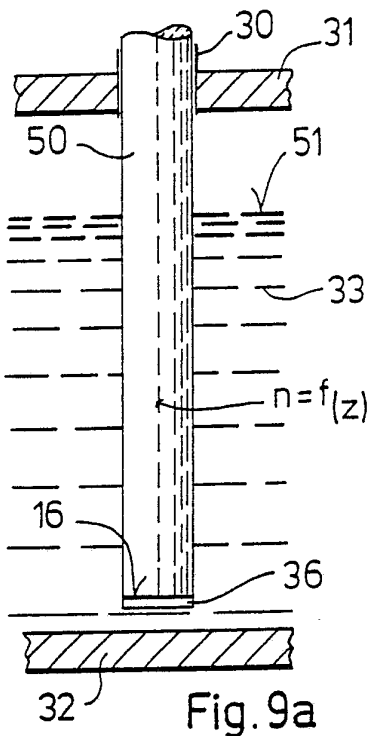


Fig. 8



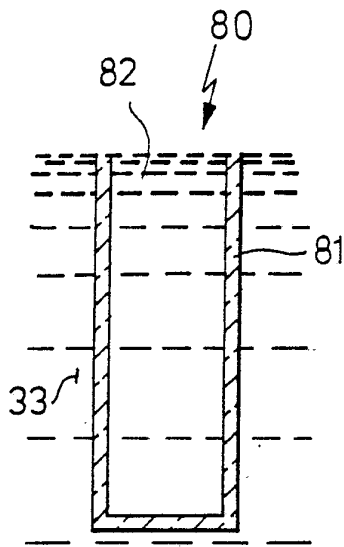


Fig. 13

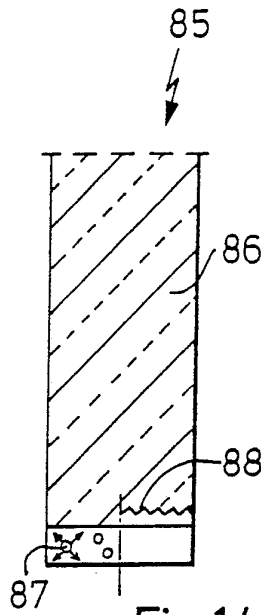


Fig. 14

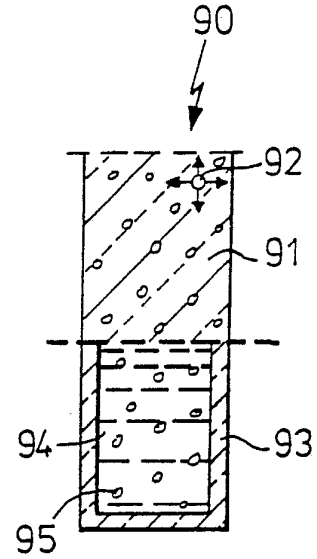


Fig. 15

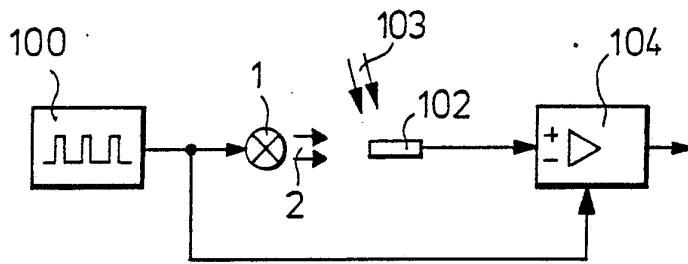


Fig. 16

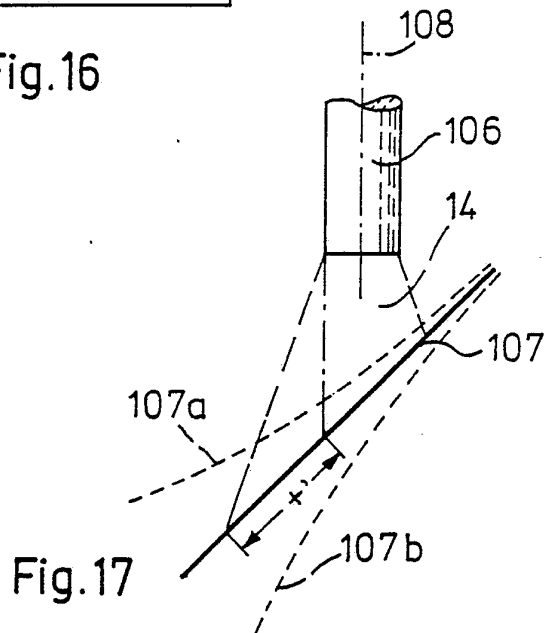


Fig. 17

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 87/00383

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (if several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                |                                     |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                |                                     |
| Int. Cl. <sup>4</sup> G 01 N 21/41; G 01 F 23/28; G 01 B 11/02; G 01 D 5/26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                |                                     |
| <b>II. FIELDS SEARCHED</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                |                                     |
| Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                |                                     |
| Classification System                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Classification Symbols                                                                                         |                                     |
| Int. Cl. <sup>4</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | G 01 F; G 01 N; G 01 B; G 01 D                                                                                 |                                     |
| Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                |                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                |                                     |
| <b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                |                                     |
| Category <sup>9</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup> | Relevant to Claim No. <sup>13</sup> |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | DE, A, 3243839 (KROMBERG & SCHUBERT) 30 May 1984, see page 11, , lines 10-27; claims 1-19                      | 1,8-11                              |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EP, A2, 0115025 (W. RUHRMANN) 8 August 1984, see claims 1,11,12,14,16                                          | 17-20                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EP, A1, 0006317 (EATON S.A.M.) 9 January 1980                                                                  |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | DE, A, 3527082 (JENOPTIK JENA GmbH) 10 April 1986                                                              |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | FR, A, 2085831 (ACCUMULATEURENFABRIK SONNENSCHNEIN GmbH) 31 December 1971                                      |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | DE, A, 3321217 (PHÖNIX ARMATUREN-WERKE BREGEL GmbH) 13 December 1984                                           |                                     |
| -----                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                |                                     |
| <p><sup>10</sup> Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |                                                                                                                |                                     |
| <b>IV. CERTIFICATION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                |                                     |
| Date of the Actual Completion of the International Search                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Date of Mailing of this International Search Report                                                            |                                     |
| 8 December 1987 (08.12.87)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 21 January 1988 (21.01.88)                                                                                     |                                     |
| International Searching Authority                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Signature of Authorized Officer                                                                                |                                     |
| EUROPEAN PATENT OFFICE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                |                                     |

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

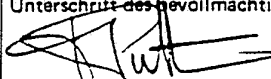
DE 8700383  
SA 18476

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 30/12/87. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|----------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| DE-A- 3243839                          | 30-05-84         | Keine                   |                  |
| EP-A- 0115025                          | 08-08-84         | DE-A- 3247659           | 28-06-84         |
|                                        |                  | JP-A- 59133438          | 31-07-84         |
|                                        |                  | US-A- 4650992           | 17-03-87         |
| EP-A- 0006317                          | 09-01-80         | AU-A- 4752479           | 06-12-79         |
|                                        |                  | GB-A- 1603389           | 25-11-81         |
| DE-A- 3527082                          | 10-04-86         | Keine                   |                  |
| FR-A- 2085831                          | 31-12-71         | NL-A- 7104443           | 05-10-71         |
|                                        |                  | DE-A,C 2016031          | 14-10-71         |
|                                        |                  | BE-A- 765278            | 30-10-71         |
| DE-A- 3321217                          | 13-12-84         | Keine                   |                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/DE 87/00383**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                          |                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben); <sup>6</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                          |                                   |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                          |                                   |
| Int. Cl. 4 <b>G 01 N 21/41; G 01 F 23/28; G 01 B 11/02; G 01 D 5/26</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                          |                                   |
| <b>II. RECHERCHIERTER SACHGEBIETE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                          |                                   |
| Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                          |                                   |
| Klassifikationssystem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Klassifikationssymbole                                                                                                   |                                   |
| Int. Cl. 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>G 01 F; G 01 N; G 01 B; G 01 D</b>                                                                                    |                                   |
| Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                          |                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                          |                                   |
| <b>III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                          |                                   |
| Art*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup> | Betr. Anspruchs Nr. <sup>13</sup> |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DE, A, 3243839 (KROMBERG & SCHUBERT) 30. Mai 1984, siehe Seite 11, Zeilen 10-27; Patentansprüche 1-19<br>--              | 1,8-11                            |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | EP, A2, 0115025 (W. RUHRMANN) 8. August 1984, siehe Patentansprüche 1,11,12,14,16<br>--                                  | 17-20                             |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | EP, A1, 0006317 (EATON S.A.M.) 9. Januar 1980<br>--                                                                      |                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DE, A, 3527082 (JENOPTIK JENA GmbH) 10. April 1986<br>--                                                                 |                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | FR, A, 2085831 (ACCUMULATEURFABRIK SONNENSCHNEIDER GmbH) 31. Dezember 1971<br>--                                         |                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | DE, A, 3321217 (PHÖNIX ARMATUREN-WERKE BREGEL GmbH) 13. Dezember 1984<br>-----                                           |                                   |
| <p><sup>10</sup> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |                                                                                                                          |                                   |
| <b>IV. BESCHEINIGUNG</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                          |                                   |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts                                                                       |                                   |
| 8. Dezember 1987                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>21 JAN 1988</b>                                                                                                       |                                   |
| Internationale Recherchenbehörde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten                                                                           |                                   |
| <b>Europäisches Patentamt</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  <b>P.C.G. VAN DER PUTTEN</b>        |                                   |

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

DE 8700383  
 SA 18476

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 30/12/87.  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie                | Datum der<br>Veröffentlichung    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| DE-A- 3243839                                      | 30-05-84                      | Keine                                            |                                  |
| EP-A- 0115025                                      | 08-08-84                      | DE-A- 3247659<br>JP-A- 59133438<br>US-A- 4650992 | 28-06-84<br>31-07-84<br>17-03-87 |
| EP-A- 0006317                                      | 09-01-80                      | AU-A- 4752479<br>GB-A- 1603389                   | 06-12-79<br>25-11-81             |
| DE-A- 3527082                                      | 10-04-86                      | Keine                                            |                                  |
| FR-A- 2085831                                      | 31-12-71                      | NL-A- 7104443<br>DE-A,C 2016031<br>BE-A- 765278  | 05-10-71<br>14-10-71<br>30-10-71 |
| DE-A- 3321217                                      | 13-12-84                      | Keine                                            |                                  |

EPO FORM 10473