

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
23. Juli 2015 (23.07.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/106969 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
G01N 21/03 (2006.01) *G01N 21/31* (2006.01)
G01N 21/05 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2015/000076
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
19. Januar 2015 (19.01.2015)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2014 000 651.4
17. Januar 2014 (17.01.2014) DE
- (71) **Anmelder:** **GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER** [DE/DE]; Welfengarten 1, 30167 Hannover (DE).
- (72) **Erfinder:** **RISSING, Lutz**; Minister-Strünke-Straße 14, 30499 Hannover (DE). **HOLZ, Stephanie**; Welrauchstrasse 3, 30419 Hannover (DE). **HOHEISEL, Dominik**; Stöckener Strasse 9, 30419 Hannover (DE).
- (74) **Anwalt:** **FRIEDRICH, Andreas**; Gramm, Lins & Partner GbR Patent- und Rechtsanwaltssozietät, Theodor-Heuss-Straße 1, 38122 Braunschweig (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

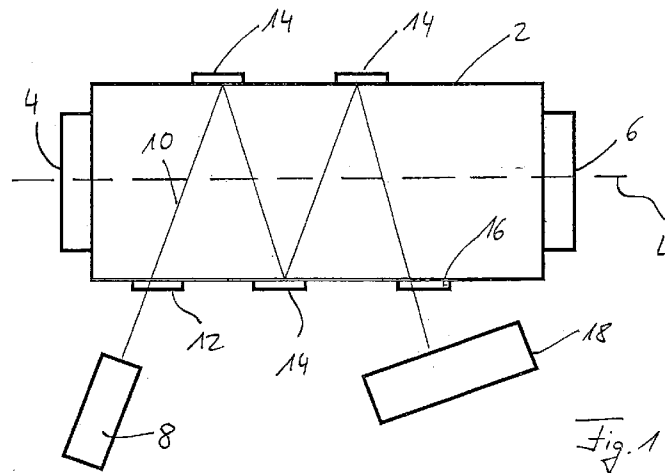
Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE FOR DETERMINING A CONCENTRATION OF A CHEMICAL SUBSTANCE

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN EINER KONZENTRATION EINES CHEMISCHEN STOFFES



(57) **Abstract:** The invention relates to a device for determining a concentration of a chemical substance dissolved in a liquid, which chemical substance absorbs light (10) of an absorption wavelength, wherein the device comprises: at least one flow-through chamber (2) having at least one inlet opening (4), at least one outlet opening (6), and at least one peripheral wall (24); at least one laser (8) for emitting light (10) of the absorption wavelength; and at least one detector (18) for detecting the emitted light (10); wherein the laser (8) and the detector (18) are arranged in such a way that the light (10) emitted by the laser (8) is conducted through the flow-through chamber (2) along at least two different paths before said light hits the detector (18), and wherein the device has two lasers (8) which emit light of different wavelengths. The invention further relates to a method for producing a flow-through chamber for such a device.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/106969 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes, der Licht (10) einer Adsorptionswellenlänge absorbiert, wobei die Vorrichtung wenigstens eine Durchströmkammer (2) mit wenigstens einer Einlassöffnung (4), wenigstens einer Auslassöffnung (6) und wenigstens einer Umfangswandung (24), wenigstens einen Laser (8) zum Aussenden von Licht (10) der Absorptionswellenlänge und wenigstens einen Detektor (18) zum Detektieren des ausgesandten Lichtes (10) aufweist, wobei der Laser (8) und der Detektor (18) derart angeordnet sind, dass das von dem Laser (8) ausgesandte Licht (10) entlang wenigstens zweier unterschiedlicher Pfade durch die Durchströmkammer (2) geleitet wird, bevor es auf den Detektor (18) trifft und die Vorrichtung zwei Laser (8) aufweist, die Licht unterschiedlicher Wellenlänge aussenden. Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Herstellen einer Durchflusskammer für eine derartige Vorrichtung.

Titel

5 **Vorrichtung zum Bestimmen einer Konzentration eines chemischen
Stoffes**

Beschreibung

10

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes, der Licht einer Absorptionswellenlänge absorbiert, wobei die Vorrichtung wenigstens eine Durchströmkammer mit wenigstens einer Einlassöffnung, wenigstens einer Auslassöffnung und wenigstens einer Umfangswandung, wenigstens einen Laser zum Aussenden von Licht der Absorptionswellenlänge und wenigstens einen Detektor zum Detektieren des ausgesandten Lichtes aufweist, wobei der Laser und der Detektor derart angeordnet sind, dass das von dem Laser ausgesandte Licht entlang wenigstens zweier unterschiedlicher Pfade durch die Durchströmkammer geleitet wird, bevor es auf den Detektor trifft. Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Herstellen einer Durchströmkammer für eine derartige Vorrichtung.

15
20

In vielen unterschiedlichen technischen Anwendungsbereichen ist es nötig und von Vorteil, eine Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes zu kennen. Ein besonders wichtiges Beispiel stellt

25

dabei die Trinkwasseraufbereitung dar, bei der es gilt, Schadstoffe organischer und anorganischer Natur aus dem Trinkwasser zu entfernen. Dazu wurden in der Vergangenheit unterschiedliche Verfahren eingesetzt.

5 Weit verbreitet sind dabei chemische Verfahren, bei denen beispielsweise durch das Zufügen von wässrigen Chlorlösungen Schadstoffe und Keime dadurch abgetötet werden, dass die jeweiligen unerwünschten Bestandteile des Trinkwassers mit den Chloratomen reagieren, sodass neue Chlorverbindungen entstehen. Diese sind in geringer Konzentration zwar nicht
10 gesundheitsschädlich, führen jedoch zu Haut- und Schleimhautreizungen wie beispielsweise Chlorflecken oder tränenden Augen.

Als Alternative zur Verwendung wässriger Chlorlösungen wurde Chlordioxid als keimabtötender Zusatz eingeführt. Dies hat den Vorteil, dass
15 durch das Chlordioxid keine Chlorverbindungen mit den unerwünschten Bestandteilen des Wassers eingegangen werden, sondern dass stattdessen die unerwünschten Bestandteile durch Oxidation zerstört werden. Dadurch wird auch der pH-Wert des Wassers nahezu nicht verändert. Ein weiterer Vorteil des Chlordioxids ist, dass es in den üblichen Trinkwasseranwendungskonzentrationen nahezu geruchlos und geschmacksneutral ist. In zu großen Dosen verwendet ist es jedoch gesundheitsschädlich.
20 Daher muss bei der Verwendung von Chlordioxid die Konzentration dieses Stoffes im Wasser überwacht werden, sodass nur für den Menschen unschädliche Konzentrationen im Trinkwasser vorhanden sind.

25 Um Chlordioxidkonzentrationen zu messen, werden beispielsweise ionenselektive Elektroden oder Sonden vorgeschlagen, wie dies beispielsweise in der DE 60 2004 011 063 T2 der Fall ist. Alternativ dazu werden auch amperometrische Messzellen, wie sie beispielsweise in der DE 100 31 560
30 A1 beschrieben werden, verwendet. In der DE 20 2010 007 065 U1 wird ein Chlorid-Messsystem beschrieben, bei dem eine Kombination aus Messzweigen und Messzellen, die in eine wässrige Lösung getaucht wer-

den, Verwendung findet. Ein weiterer amperometrischer und voltametrischer Sensor wird in der DE 103 22 894 A1 beschrieben.

5 Alle diese Vorrichtungen und Verfahren weisen jedoch den Nachteil auf, dass sie einerseits einen hohen apparativen Aufwand erfordern und mit einem unabhängigen kolorimetrischen Verfahren wie der DPD-Bestimmung kalibriert werden müssen. Dies gilt insbesondere für die amperometrischen und voltametrischen Sensoren. Für die Bestimmung der Chlordioxidkonzentration im Trinkwasser sind diese Verfahren und Sensoren daher nur bedingt geeignet, da die kolorimetrischen Messmethoden 10 bei zum Beispiel höheren Temperaturen durch den erhöhten Dampfdruck des Chlordioxids und somit dessen Verlust vor Detektion mit hohen Fehlern behaftet sind und somit die beschriebenen Verfahren und Sensoren nicht verlässlich kalibriert werden können. Die Messung von konzentrierten Chlordioxidlösungen im Bericht von Gramm/Liter sind ferner auch nicht 15 verlässlich durchführbar.

Die WO 2010/096074 A1 beschreibt einen Chlordioxidsensor, mit dem gasförmiges Chlordioxid nachgewiesen werden kann. Das Gasgemisch, 20 das Chlordioxid enthält, wird durch eine Durchströmkammer geleitet und in dieser Kammer mit einer ultraviolettes Licht ausstrahlenden LED beleuchtet. Dabei sendet die LED beispielsweise für 50 ms Licht aus. Zwischen zwei dieser Lichtpulse liegen ca. 5 Sekunden, in denen kein Licht ausgesendet wird.

25 Chlordioxid absorbiert Licht mit einer Absorptionswellenlänge von ca. 360 nm. Die UV-LED sendet Licht genau dieser Wellenlänge aus, sodass am der LED gegenüberliegenden Ende der Durchströmkammer ein Detektor in der Lage ist, die Intensität des ankommenden Lichtes dieser Absorptionswellenlänge zu messen. Aus dem Intensitätsverlust, der ein Maß für 30 den Grad der Absorption des Lichtes im Innern der Durchströmkammer ist, lässt sich die Konzentration des Chlordioxids bestimmen.

Die sehr lange Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen bei einem Sensor gemäß der WO 2010/096074 A1 ist der Photoreaktivität des Chlordioxids geschuldet. So wird als vorteilhaft beschrieben, dass die Vor-
5 richtung in einem lichtundurchlässigen Kasten eingesetzt wird, um zu verhindern, dass das Chlordioxid zu viel Streulicht ausgesetzt wird. Dabei könnten toxische und/oder explosive Substanzen entstehen, was naturgemäß zu vermeiden ist.

10 Der in der genannten Druckschrift beschriebene Sensor ist für die Detektion von Chlordioxid in Wasser nicht geeignet, da der Absorptionsquerschnitt des Chlordioxids in Wasser stark abnimmt, so dass insbesondere kleine Konzentrationen, die insbesondere bei der Untersuchung von Trinkwasser von Interesse sind, nicht mehr nachgewiesen können.

15 Nachteilig bei dem in der WO 2010/096074 A1 beschriebenen Detektor ist zudem, dass ein relativ großer Detektionsbereich eingesetzt werden muss, um eine ausreichende Menge Chlordioxidmoleküle mit dem eingestrahlt UV-Licht zu treffen, um zu einer messbaren Absenkung der Intensität zu
20 gelangen. Daher sind die dort beschriebenen Detektoren sehr kostenintensiv und platzaufwändig.

Aus dem Stand der Technik sind eine Reihe von gattungsgemäßen Vor-
richtungen bekannt. So beschreibt die US 5,485,276 ein Verfahren zum
25 Überwachen einer Konzentration eines in einem Fluid gelösten chemischen Stoffes. Die DE 10 2009 025 147 B3, die DE 10 2010 050 626 B4 und die EP 1 535 047 B1 beschreiben Gasspektrometer, die alle Laserlicht verwenden und auf der Messung der Absorption dieses Lichtes beruhen. Die WO 2006/132380 A2 und die US 2007/0215817 A1 beschreiben
30 jeweils Verfahren und Vorrichtungen zum Nachweis von Einzelmolekülen, wobei sich die US-Druckschrift insbesondere auf DNA-Moleküle spezialisiert. Aus der US 8,253,930 B2 ist eine Vorrichtung zum Bestimmen der

Feuchtigkeitsmenge in einem Gas bekannt. Alle diese Vorrichtungen sind jedoch für qualitativ hochwertige Messungen der Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes nicht geeignet.

5 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes, der Licht einer Absorptionswellenlänge absorbiert, vorzuschlagen, die auch kleine Konzentrationen des Stoffes in der Flüssigkeit sicher und verlässlich detektieren kann und zudem baulich klein ausgebildet werden kann. Der Erfindung liegt zudem die Aufgabe zugrunde, ein
10 Verfahren zur Herstellung einer Durchströmungskammer für eine derartige Vorrichtung vorzuschlagen.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch eine Vorrichtung zum Bestimmen einer Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes, der Licht einer Absorptionswellenlänge absorbiert, gemäß
15 dem Oberbegriff des Anspruchs 1, die sich dadurch auszeichnet, dass sie zwei Laser aufweist, die Licht unterschiedlicher Wellenlänge aussenden.

20 Auch die Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung macht sich folglich den Umstand zunutze, dass der zu detektierende chemische Stoff Licht einer Absorptionswellenlänge absorbiert. Durch die Durchströmungskammer wird im Betrieb der Vorrichtung die Flüssigkeit geleitet, in der sich der gelöste chemische Stoff befindet. Dabei wird die Flüssigkeit durch die
25 wenigstens eine Einlassöffnung in die Durchströmungskammer eingeleitet und verlässt diese durch die mindestens eine Auslassöffnung. Durch den Laser wird Licht der Absorptionswellenlänge in die Durchströmungskammer eingeleitet, die es entlang wenigstens zweier unterschiedlicher Pfade passiert. Anschließend trifft das Licht auf den Detektor, der eingerichtet ist, um
30 die Intensität dieses Lichtes zu detektieren. Aus der bekannten Einstrahlintensität und der detektierten Messintensität lässt sich der Grad der Absorption des Lichtes im Innern der Durchströmungskammer ermitteln, der ein

5 direktes Maß für die Konzentration des chemischen Stoffes, beispielsweise des Chlordioxids, ist. Die Vorrichtung verfügt dabei vorzugsweise, jedoch nicht notwendigerweise, über eine elektrische Steuerung, die eingerichtet ist, aus den Messwerten des Detektors und der bekannten eingestrahnten Lichtintensität durch den Laser die Konzentration des chemischen Stoffes in der Flüssigkeit zu bestimmen.

10 Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist auch geeignet, beispielsweise Chlordioxid in Wasser nachzuweisen. Da zur Detektion ein Laser verwendet wird, der eine deutlich größere Lichtintensität in die Durchströmkommer sendet, als dies durch die aus dem Stand der Technik bekannte UV-LED der Fall ist, wird der geringere Absorptionsquerschnitt des Chlordioxids im Wasser kompensiert, so dass ein Messsignal mit ausreichender Auflösung erhalten wird.

15 Durch das Merkmal, dass das Licht die Durchströmkommer entlang wenigstens zweier unterschiedlicher Pfade durchläuft, wird zudem erreicht, dass die Weglänge des Lichtes in der Durchströmkommer größer gewählt werden kann, als eine räumliche Ausdehnung der Durchströmkommer in einer Raumrichtung. Dadurch trifft das Licht auf seinem Weg durch die
20 Durchströmkommer auf mehr Moleküle des nachzuweisenden chemischen Stoffes, sodass die Detektionsempfindlichkeit der Vorrichtung deutlich erhöht wird. Auf diese Weise wird erreicht, dass beispielsweise auch Chlordioxid in Wasser in Konzentrationen nachgewiesen werden kann, die für
25 den Menschen nicht gesundheitsschädlich sind. Nachweisbare Konzentrationen können dabei durchaus im Bereich von „parts per billion“ (ppb) liegen. Mit den Chlordioxidsensoren, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, ist es bisher nicht möglich, derartig kleine Konzentrationen in Wasser sicher und verlässlich nachzuweisen.

30 Es ist bekannt, mit einer Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, Konzentrationen eines in einem Gas verteilten chemischen

Stoffes zu bestimmen. Die Verwendung einer derartigen gattungsgemä-
ßen Vorrichtung ohne das erfindungsgemäße Merkmal zur Bestimmung
einer Konzentration eines gelösten chemischen Stoffes in einer Flüssig-
keit, beispielsweise Wasser, führt zwar zu einem Messwert, da ein Teil der
5 Laserstrahlung absorbiert wird, eine belastbare Aussage über die in der
Flüssigkeit enthaltene Konzentration des chemischen Stoffes ist jedoch
nicht möglich. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ein Teil
des eingestrahnten Laserlichtes der Absorptionswellenlänge absorbiert
wird, obwohl es nicht auf den nachzuweisenden chemischen Stoff trifft.
10 Anders als in einem zu untersuchenden Gas sind in einer Flüssigkeit Ver-
unreinigungen, beispielsweise in Form von kleinen Bläschen oder
Schwebstoffen, enthalten, die ebenfalls für eine Absorption oder Streuung
des eingestrahnten Laserlichtes sorgen und so das Messergebnis verfäls-
chen. Diese Effekte sind nahezu unabhängig von der Wellenlänge des
15 eingestrahnten Lichtes. Dies macht sich die Erfindung zu Nutze, indem sie
einen zweiten Laser verwendet, der Licht einer Wellenlänge aussendet,
die vorteilhafterweise nicht von dem gelösten chemischen Stoff, dessen
Konzentration zu bestimmen ist, absorbiert wird. Auch das Licht des zwei-
ten Lasers wird durch die Durchströmungskammer geleitet. Auch dieses Licht
20 wird folglich an den Verunreinigungen gestreut, so dass nicht die ganze
eingestrahlte Laserintensität des zweiten Laserlichtes, das von dem zwei-
ten Laser ausgesandt wird, am Detektor detektiert wird. Dabei ist sicher-
gestellt, dass die so bestimmte Intensitätsabnahme des zweiten Laserlich-
tes, das von dem zweiten Laser ausgesandt wird, nicht durch den nach-
25 zuweisenden chemischen Stoff hervorgerufen wird. Aus beiden Intensi-
tätsabnahmen des bei beiden Wellenlängen von den beiden Lasern aus-
gesandten Lichtes lässt sich auf diese Weise der Einfluss der Streume-
chanismen bestimmen und aus der Intensitätsabnahme des Lichtes der
Absorptionswellenlänge herausrechnen. Auf diese Weise können verläss-
30 liche Aussagen über die Konzentration des nachzuweisenden chemischen
Stoffes getroffen werden, da sichergestellt ist, dass wellenlängenunab-
hängige Effekte, wie beispielsweise Streuung an Verunreinigungen, be-

rücksichtigt wurden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung verfügt die Umfangswandung über zumindest einen Reflexionsabschnitt, der so angeordnet ist, dass von dem Laser ausgesandtes Licht an dem Reflexionsabschnitt von einem ersten Pfad auf einen zweiten Pfad umgelenkt wird. Der Reflexionsabschnitt kann dabei beispielsweise ein an der Umfangswandung befestigter Spiegel sein, auf den das von dem Laser ausgesandte Licht der Absorptionswellenlänge trifft. Diese Ausgestaltung mit einem einzigen Reflexionsabschnitt hat den Vorteil, dass Laser und Detektor auf der gleichen Seite der Umfangswandung der Durchströmkommer angeordnet werden können. Dies ist naturgemäß auch mit jeder anderen ungraden Anzahl von Reflexionsabschnitten der Fall. Zudem wird durch diese Ausgestaltung erreicht, dass das Licht nur an einer Stelle in die Durchströmkommer hineingeleitet und an nur einer Stelle aus der Durchströmkommer herausgeleitet werden muss, und dennoch zwei voneinander verschiedene Pfade im Innern der Durchströmkommer durchlaufen kann. Wird das von dem Laser ausgesandte Licht nur einmal im Innern der Durchströmkommer reflektiert, bildet der Pfad vor der Reflexion den ersten Pfad, während das Licht nach der Reflexion den zweiten Pfad durchläuft.

Als vorteilhaft hat sich dabei herausgestellt, wenn das Licht von dem Laser beispielsweise an einer Stelle der Umfangswandung in die Durchströmkommer eingeführt wird und sich in der Durchströmkommer unter einem Winkel, der ungleich 0° und ungleich 90° ist, relativ zu einer Längserstreckung der Durchströmkommer ausbreitet. Diese Längserstreckung verläuft vorteilhafterweise in einer Richtung, der auch der Durchströmrichtung entspricht, in der die Flüssigkeit mit dem zu detektierenden chemischen Stoff von der Einlassöffnung zur Auslassöffnung der Durchströmkommer strömt.

Die Durchströmkommer selbst kann dabei beispielsweise hohlzylinderförmig oder hohlquaderförmig ausgebildet werden. Natürlich sind auch sämt-

liche anderen geometrischen Ausgestaltungen der Durchström-
kammer denkbar. Das vom Laser ausgesandte Licht wird vorteilhafterweise we-
nigstens einmal an der Umfangswandung an dem dafür vorgesehenen
Reflexionsabschnitt reflektiert und durchläuft somit die Durchström-
kammer entlang unterschiedlicher Pfade.

Als besonders vorteilhaft hat sich dabei herausgestellt, wenn das von dem
Laser ausgesandte Licht mehrfach von einem Reflexionsabschnitt der Um-
fangswandung reflektiert wird, bevor es auf den Detektor trifft. Auf diese
Weise lässt sich die Wegstrecke, die das Licht innerhalb der Durchström-
kammer zurücklegt, nahezu beliebig einstellen und auf den gewünschten
Wert vergrößern. Dieser kann insbesondere in Abhängigkeit der zu erwar-
tenden und zu detektierenden Konzentration des chemischen Stoffes ein-
gestellt werden. Je geringer die erwartete und zu detektierende Konzent-
ration des chemischen Stoffes ist, desto länger sollte die Wegstrecke ge-
wählt werden, die das Laserlicht im Innern der Durchström-
kammer zurücklegen muss, bevor es auf den Detektor trifft. Dadurch wird sichergestellt,
dass auch bei kleinen und kleinsten Konzentrationen des chemischen
Stoffes genug Moleküle vom Laserlicht getroffen werden, um zu einer
messbaren und detektierbaren Abnahme der Intensität des eingestrahnten
Laserlichtes zu führen. Der tatsächlichen Wahl des vom Laserlicht im In-
nern der Durchström-
kammer zurückgelegten Weges sind dabei nahezu
keine Grenzen gesetzt. Die Teilpfade können in unterschiedlichen oder
der gleichen Ebene liegen und sich beispielsweise kreuzen. Natürlich sind
auch Pfade, die sich nicht kreuzen, vorstellbar.

Durch die Anzahl der vorgesehenen Reflexionen des vom Laser ausge-
sandten Lichtes im Innern der Durchström-
kammer kann folglich die zu-
rückgelegte Weglänge des Lichtes im Innern der Durchström-
kammer nahezu beliebig eingestellt werden. Dies bedeutet, dass dadurch nahezu
keinerlei Beschränkungen an die Größe der Durchflusskammer mehr vor-
handen sind. Diese kann daher baulich klein ausgeführt werden und bei-

spielsweise eine Länge von wenigen Millimetern, beispielsweise 4 mm, aufweisen. Mit einer Durchströmkammer, die quaderförmig aufgebaut ist und beispielsweise Abmessungen von 4 mm x 2 mm x 2 mm aufweist, lassen sich bei geeigneter Wahl des Weges, den das Licht im Innern der Durchströmkammer zurücklegen muss, auch kleine und kleinste Konzentrationen des chemischen Stoffes nachweisen. Diese kleine Ausgestaltung der Durchströmkammer führt dazu, dass die gesamte Vorrichtung baulich klein ausgebildet und so auch an unzugänglichen oder räumlich begrenzten Stellen, beispielsweise in oder an einem Leitungssystem für Trinkwasser, befestigt werden kann.

Dabei wird die Vorrichtung beispielsweise in Form eines Bypasses an einer Rohrleitung befestigt, durch die die Flüssigkeit mit dem darin gelösten chemischen Stoff geleitet wird. Auf diese Weise wird nun ein geringer Teil der Flüssigkeit durch die Durchströmkammer geleitet und der elektromagnetischen Strahlung des Lasers ausgesetzt. Davon ausgehend, dass sich im Innern der Flüssigkeit eine homogene Verteilung des chemischen Stoffes befindet, ist dieses Vorgehen zur Bestimmung der Konzentration in der Flüssigkeit ausreichend.

Vorteilhafterweise verfügt die Vorrichtung über wenigstens einen Strahlteiler zum Aufteilen des von dem Laser ausgesandten Lichtes in wenigstens zwei Teilstrahlen, die entlang der wenigstens zwei Pfade durch die Durchströmkammer geleitet werden. Dadurch lassen sich die unterschiedlichen Pfade, die das Licht im Innern der Durchströmkammer durchlaufen muss, realisieren, ohne dass das Licht an der Umfangswandung der Durchströmkammer oder an einem sonstigen Reflektorelement reflektiert wird. Dies kann für bestimmte Anforderungen sinnvoll sein, da dadurch beispielsweise keine reflektierende Oberfläche mit der Flüssigkeit und dem darin gelösten chemischen Stoff in Berührung kommt. Natürlich lassen sich beide Prinzipien miteinander kombinieren, sodass in einer Strahlteilverrichtung das von dem Laser ausgesandte Licht in mehrere Teilstrahlen

aufgeteilt wird, von denen anschließend wenigstens einer oder alle, bevorzugt alle bis auf einen, im Innern der Durchströmkammer reflektiert werden und jeder für sich die Durchströmkammer entlang mehrerer unterschiedlicher Pfade durchlaufen. Nachdem die einzelnen Teilstrahlen die Durchströmkammer wieder verlassen haben, werden sie beispielsweise
5 zusammengeführt und gemeinsam auf den Detektor geleitet, der die Gesamtintensität des Lichtes misst. Naturgemäß können auch die einzelnen Teilstrahlen separat voneinander einem Detektor zugeführt werden und die einzelnen auf diese Weise ermittelten Intensitätsergebnisse zu einem
10 Gesamtergebnis kombiniert werden.

Vorteilhafterweise wird zumindest einer der Teilstrahlen nicht durch die Durchströmkammer geleitet. Er dient als Referenzstrahl und wird vorteilhafterweise direkt auf einen entweder separat dafür vorgesehenen Detektor oder auf den ohnehin vorhandenen Detektor geleitet. Damit kann die
15 eingestrahlte Intensität des Laserlichtes als Referenzwert gemessen und gleichzeitig überwacht werden. Dadurch wird es möglich, Fehlfunktionen der Vorrichtung zu verhindern. Detektiert der Detektor beispielsweise eine starke Abnahme der Intensität des bei ihm eintreffenden Laserlichtes,
20 kann dies einerseits eine besonders hohe Konzentration des in der Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes und damit eine große Absorption des Laserlichtes in der Flüssigkeit bedeuten. Dieses Detektionsergebnis kann jedoch beispielsweise auch durch eine Abnahme der eingestrahlten Laserlichtintensität, beispielsweise durch eine Fehlfunktion oder einen Alterungsprozess des Lasers, hervorgerufen werden. Dieses lässt sich durch
25 einen separaten Teilstrahl, der nicht durch die Durchströmkammer geführt wird, ermitteln, so dass hier unzutreffende Interpretationen der Messergebnisse verhindert werden.

30 In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung verfügt die Vorrichtung über wenigstens zwei Laser zum Aussenden von Licht der Absorptionswellenlänge. Auch mit dieser Ausgestaltung lässt sich auf besonders ein-

fache Weise erreichen, dass das Licht der Laser auf zwei unterschiedlichen Pfaden durch die Durchströmkkammer geleitet wird, indem das Licht der beiden Laser getrennt voneinander durch ein Eintrittsfenster in die Durchströmkkammer hinein- und durch ein Austrittsfenster aus der Durchströmkkammer herausgeleitet wird. Auch dies lässt sich naturgemäß mit den bereits beschriebenen Prinzipien kombinieren. So lässt sich beispielsweise auch das von beiden Lasern ausgesandte Licht durch einen Strahlteiler teilen und/oder über Spiegel im Innern der Durchströmkkammer reflektieren, sodass hier die Weglänge, die das Laserlicht im Innern der Durchströmkkammer zurücklegt, ebenfalls frei einstellbar ist. Auch auf diese Weise lassen sich beispielsweise Alterungseffekte oder Fehlfunktionen eines der beiden Laser von einer erhöhten Konzentration des zu detektierenden chemischen Stoffes in der Flüssigkeit unterscheiden, indem beispielsweise die Intensität des auf dem Detektor auftreffenden Laserlichtes für beide Laser separat voneinander gemessen und so miteinander verglichen wird.

Als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn einer der Teilstrahlen, der beispielsweise von einem der beiden Laser ausgesandt wird, zwar durch die Durchströmkkammer geführt wird, dort jedoch nicht mit der Flüssigkeit und dem darin gelösten chemischen Stoff in Kontakt kommt. Dies kann beispielsweise durch einen Kanal oder einen Wellenleiter geschehen. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass beispielsweise Abschattungseffekte des Eintritts- und/oder Austrittsfensters nicht mit einer erhöhten Konzentration des zu detektierenden chemischen Stoffes verwechselt werden können. Detektiert der Detektor eine starke Abnahme der bei ihm eintreffenden Laserlichtintensität, kann dies neben der erhöhten Konzentration des zu detektierenden chemischen Stoffes auch an einer Abschattung oder Eintrübung des Eintritts- und/oder Austrittsfensters liegen, durch das das Laserlicht in die Durchströmkkammer hinein- bzw. aus der Durchströmkkammer herausgeführt wird. Dies lässt sich durch einen separaten Teilstrahl unterscheiden, der zwar durch die Eintritts- und Aus-

trittsfenster geführt wird, jedoch nicht mit der Flüssigkeit und den darin gelösten Stoff in Kontakt kommt.

Vorteilhafterweise senden die beiden Laser Licht unterschiedlicher Wellenlänge aus. Damit ist es möglich, die Anzahl der unterscheidbaren gelösten chemischen Stoffe zu erhöhen. Um mit der hier beschriebenen Vorrichtung den gelösten chemischen Stoff zweifelsfrei identifizieren zu können, ist es nötig, dass der chemische Stoff Licht der Absorptionswellenlänge absorbiert und kein anderer in Frage kommender chemischer Stoff dies ebenfalls tut. Nur so lässt sich der zu detektierende chemische Stoff eindeutig identifizieren. Existieren jedoch beispielsweise mehrere, beispielsweise drei oder vier, chemische Stoffe, die Licht der Absorptionswellenlänge absorbieren, ist es äußerst unwahrscheinlich, dass einige oder alle dieser Stoffe auch bei einer zweiten Absorptionswellenlänge, die von der ersten Absorptionswellenlänge verschieden ist, Licht absorbieren. Wird nun der zweite Laser auf diese Wellenlänge eingestellt, lassen sich die durch nur eine Absorptionslinie nicht unterscheidbaren chemischen Stoffe voneinander trennen.

Wie bereits dargelegt, ist es von Vorteil, wenn der zweite Laser Licht einer zweiten Wellenlänge aussendet, das von dem zu detektierenden chemischen Stoff nicht absorbiert wird. Auf diese Weise kann es für die Bestimmung von Streu- und Absorptionsmechanismen verwendet werden, die nicht vom chemischen Stoff, den es zu detektieren gilt, abhängig sind. Als besonders vorteilhaft hat sich dabei herausgestellt, wenn das Licht der beiden Laser entlang der gleichen Pfade oder entlang gleich langer Pfade durch die Durchströmkammer geleitet wird, bevor es auf den Detektor trifft. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die durch Verunreinigungen und sonstige Störungen auftretenden Streu- und Absorptionsmechanismen und -prozesse das Licht beider Laser gleich stark beeinflussen. Wird das Licht der beiden Laser entlang der gleichen Pfade durch die Durchströmkammer geleitet, können auch Inhomogenitäten in der Verteilung der Stör-

stellen, beispielsweise der Verteilung von Blasen oder Schwebstoffen in der Flüssigkeit, berücksichtigt werden und tragen nicht mehr zu einer Verfälschung des Messergebnisses bei. Der Detektor, der das Licht zweier unterschiedlicher Laser mit unterschiedlicher Wellenlänge detektieren muss, kann auch in Form von zwei separaten Detektorelementen ausgebildet sein, die gegebenenfalls an unterschiedlichen Positionen angeordnet sind. Natürlich kann auch ein Detektor verwendet werden, der in der Lage ist, gleichzeitig das Licht unterschiedlicher Wellenlängen zu detektieren und die jeweiligen Intensitäten zu bestimmen. Dies gilt auch für den Fall, dass mehrere Laser verwendet werden, die Licht unterschiedlicher Absorptionswellenlängen aussenden.

Vorzugsweise verfügt die Durchströmungskammer über wenigstens ein Fenster, durch das das von dem Laser ausgesandte Licht in die Durchströmungskammer eindringen und die Durchströmungskammer verlassen kann, wobei das wenigstens eine Fenster vorzugsweise aus einem Glas besteht. Das Fenster kann beispielsweise durch eine Beschichtung oder durch einen Klebstoff an der Umfangswandung der Durchströmungskammer befestigt sein. Natürlich können auch mehrere Fenster, insbesondere ein Eintrittsfenster und ein Austrittsfenster vorhanden sein, sodass das von dem Laser ausgesandte Licht an unterschiedlichen Positionen in die Durchströmungskammer eintreten bzw. aus ihr austreten kann.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Herstellen einer Durchströmungskammer für eine hier beschriebene Vorrichtung zeichnet sich durch folgende Schritte aus:

- a) Herstellen einer Vertiefung in einem Werkstück,
- b) Positionieren wenigstens eines Umfangswandungselementes in der Vertiefung, wobei das Umfangswandungselement ein in einem Beschichtungsverfahren hergestelltes, zumindest in einem Reflexionsabschnitt verspiegeltes Substrat ist,

c) Verschließen der Vertiefung mit einem Deckelement.

Dies ist nur eine Möglichkeit, eine Durchströmkammer für eine hier beschriebene Vorrichtung herzustellen. Das Umfangswandungselement wird dabei insbesondere als ein Substrat hergestellt, das außerhalb der Vertiefung des Werkstückes mit einer Verspiegelung, die beispielsweise in einem Dünnschichtverfahren aufgebracht werden kann, versehen wird. Anschließend wird das Umfangswandungselement in der Vertiefung des Werkstückes positioniert. Diese Vertiefung kann beispielsweise durch Fräsen oder Ätzen aus dem Werkstück entfernt werden und ist vorteilhafterweise in ihrer räumlichen Ausdehnung etwas größer als die spätere Durchströmkammer. Das Umfangswandungselement, das in der Vertiefung angeordnet wird, bildet zumindest einen Teil der Umfangswandung und verfügt über den Reflexionsabschnitt, der für das Reflektieren des vom Laser eingestrahlten Laserlichtes notwendig ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann zunächst die Vertiefung hergestellt werden, wobei die einzuhaltenden Fertigungstoleranzen relativ großzügig bemessen sein können, da die Umfangswandungselemente, die exakt aufeinander ausgerichtet sein müssen, später eingesetzt werden. Daher kann die Vertiefung schnell und kostengünstig hergestellt werden. Separat dazu wird das Substrat im Bereich des Reflexionsabschnittes verspiegelt und anschließend in Form des Umfangswandungselementes in die Vertiefung eingesetzt. Dabei kann es exakt in die gewünschte Position und Ausrichtung gebracht werden. Anschließend wird die Vertiefung mit einem Deckelement verschlossen, das ein weiteres Teil der Umfangswandung bildet. Damit ist die Durchströmöffnung insoweit geschlossen, dass nur noch eine Einlass- und eine Auslassöffnung vorhanden sind. Das Umfangswandungselement kann zudem ein Eintritts- und/oder Austrittsfenster aufweisen, das beispielsweise als separates Glasbauteil an dem Substrat befestigt wird. Hierzu können alle aus dem Stand der Technik bekannten gängigen Verfahren verwendet werden.

Als besonders vorteilhaft hat sich gezeigt, wenn zwei Umfangswandungselemente in der Vertiefung einander gegenüberliegend positioniert werden. Die Ausrichtung dieser beiden Elemente, die vorteilhafterweise jeweils wenigstens einen Reflexionsabschnitt aufweisen, kann exakt in die gewünschte und benötigte Position geschehen. Die Herstellung einer derartigen Durchströmkammer ist somit schnell, einfach und damit kostengünstig möglich.

Als Umfangswandungselement und insbesondere als Reflexionsabschnitt bietet sich beispielsweise ein mit Siliziumdioxid besputtertes geläpptes Aluminiumreflexionselement an. Dazu kann ein Aluminiumblock mit dünnem Siliziumdioxid beschichtet, insbesondere besputtert werden, um eine Lichtstrahlbrechung zu vermeiden. Ein Deckelelement wird anschließend beispielsweise mit Silikon auf die Vertiefung, in der sich das Umfangswandungselement befindet, aufgeklebt.

Bei einer besonders bevorzugten Variante kann eine untere Bodenplatte der Durchströmkammer beispielsweise aus einem Glas hergestellt werden, auf das man die mit Siliziumdioxid besputterten Alublöcke und die ggf. vorhandenen Eintritts- und/oder Austrittsfenster aufklebt. Daran können beispielsweise mit Silikon die Einlassöffnung und/oder die Auslassöffnung für die Flüssigkeit geklebt werden. Anschließend wird der Deckel aufgesetzt und die gesamte Konstruktion beispielsweise mit Silikon abgedichtet.

Alternativ ist auch eine Beschichtung aus Mangandifluorid denkbar. Beides sind jedoch nur beispielhafte Ausgestaltungen, die je nach verwendeter Flüssigkeit und zu detektierendem gelösten chemischen Stoff durch geeignetere Kombinationen ersetzt werden können.

In einem alternativen Verfahren zum Herstellen der Durchströmkammer

für eine hier beschriebene Vorrichtung von einem Master oder Masterbauteil abgenommen werden, das beispielsweise durch spanende Bearbeitung eines Materialblockes hergestellt werden kann. Dieser kann beispielsweise mit einem Formmaterial, beispielsweise Silikon, umgossen werden, das nach dem Aushärten von dem Master oder Masterbauteil entfernt wird und so die Gussform bildet. Natürlich sind auch andere Möglichkeiten denkbar, eine entsprechende Gussform herzustellen. Nach dem Bereitstellen der Gussform wird diese Gussform mit einem Kammermaterial ausgegossen. Das Kammermaterial ist dabei das Material, aus dem die herzustellende Durchströmkammer hergestellt werden soll. Das Kammermaterial härtet in der Gussform aus. Dies kann durch Abkühlen geschehen, so dass gegebenenfalls lediglich gewartet werden muss, bis das gegebenenfalls warme oder heiße Kammermaterial abkühlt. Natürlich ist es auch möglich, eine Kühlung zu verwenden und das Kammermaterial unter Verwendung eines festgelegten Temperaturprofils als Funktion der Zeit abkühlen zu lassen und so beispielsweise bestimmte Kristallstrukturen oder andere Erstarrungsformen zu bevorzugen oder zu gewährleisten.

Nach dem Aushärten des Kammermaterials wird das so ausgehärtete Material aus der Gussform entfernt. Dabei sind die Gussform und das Material so gewählt, dass das entfernte ausgehärtete Kammermaterial zumindest einen Teil der Durchströmkammer bildet. Dieser Teil beinhaltet insbesondere zumindest einen Teil der Umfangswandung, der den wenigstens einen Reflexionsabschnitt aufweist. Auf diese Weise ist es möglich, die Reflexionsabschnitte in einem leicht durchzuführenden und gut zu kontrollierenden Verfahren in optimaler Weise relativ zueinander und zu einer gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt noch herzustellenden Einlass- und Auslassöffnung anzuordnen. Natürlich können Einlassöffnung und/oder Auslassöffnung auch bereits durch eine entsprechende Form der Gussform vorgesehen sein, so dass sie durch den Gussvorgang bereits erzeugt werden. Die Reflexionsabschnitte können auf diese Weise vorzugsweise mit einer Oberflächenrauigkeit erzeugt werden, die kleiner ist

als die Wellenlänge des Lichtes, das an den Reflexionsabschnitten reflektiert werden soll. Dadurch, dass sie mit dem Hauptteil der Durchström-
kammer oder der gesamten Durchström-
kammer einstückig ausgebildet
werden, ist eine Positionierung der einzelnen Reflexionsabschnitte prob-
lemlos möglich.

Ein Einkleben und Ausrichten der Spiegel, das vergleichsweise kostenin-
tensiv und fehleranfällig ist, ist auf diese Weise nicht mehr nötig.

Vorteilhafterweise verfügt die Vorrichtung über eine Temperierungseinrich-
tung, mit der die Temperatur der sich in der Durchström-
kammer befindenden Flüssigkeit erhöht und/oder gesenkt werden kann, um eine konstante
Temperatur innerhalb der Durchström-
kammer zu gewährleisten. In einer
bevorzugten Ausgestaltung können die Reflexionsabschnitte als Heizele-
mente verwendet werden. In Durchström-
richtung vor der Durchström-
kammer befindet sich vorteilhafterweise wenigstens ein Temperatursen-
sor, mit dem die Temperatur des flüssigen Mediums bestimmt wird.
Der so bestimmte Wert kann verwendet werden, um die Temperiereinrich-
tung zu steuern und die Temperatur der Flüssigkeit je nach Bedarf zu er-
höhen oder abzusenken.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist zudem eine Referenzmessung
möglich. Das Licht, das von den beiden Lasern ausgesandt wird, wird
durch eine zweite Durchström-
kammer geleitet, die vorteilhafterweise iden-
tisch zur Durchström-
kammer der Vorrichtung ausgebildet ist. Diese zweite
Durchström-
kammer wird jedoch von einer Flüssigkeit durchströmt, bei der
die Konzentration des nachzuweisenden chemischen Stoffes bekannt ist.
Auf diese Weise kann eine Referenzmessung durchgeführt werden und so
die Qualität der eigentlichen Messung weiter verbessert werden.

Aus dem Intensitätsverlust des Lichtes 10 vom Laser 8 bis zum Detektor 18 lässt sich die Konzentration eines in der Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes bestimmen. Da das Licht 10 im Innern der Durchström-
5 kammer 2 im gezeigten Ausführungsbeispiel dreimal an den Reflexionsabschnitten 14 reflektiert wird, ist die Wegstrecke, die das Licht 10 im Innern der Durchström-
kammer 2 zurücklegt, deutlich größer als eine räumliche Ausdehnung der Durchström-
kammer 2. Auf diese Weise ist es möglich, die Durchström-
kammer 2 und damit die gesamte Vorrichtung räumlich
10 klein auszubilden.

Die Durchström-
kammer 2 verfügt über eine Längserstreckung in Längs-
richtung L, die im gezeigten Ausführungsbeispiel auf der Strömungs-
richtung der Flüssigkeit von der Einlassöffnung 4 zur Auslassöffnung 6 ent-
15 spricht. Über eine Wahl des Winkels, den das Licht 10 im Innern der
Durchström-
kammer 2 mit dieser Längsrichtung L einnimmt, lässt sich auch
die Anzahl der Reflexionen an den Reflexionsabschnitten 14 einstellen.
Wird der Winkel zwischen dem einfallenden Licht 10 und der Längs-
richtung L vergrößert, wird er also 90° angenähert, kann das Licht 10 an einer
20 größeren Anzahl dafür jedoch anzuordnender Reflexionsabschnitte 14
reflektiert werden, sodass die Wegstrecke, die das Licht 10 im Innern der
Durchström-
kammer 2 zurücklegt, zunimmt. Damit wird die Empfindlichkeit
der Vorrichtung 1 erhöht.

25 Alternativ oder zusätzlich zu der in Figur 1 gezeigten Vorrichtung kann das
vom Laser 8 ausgesandte Licht 10 durch einen Strahlteiler 20, wie er in
Figur 2 dargestellt ist, gesandt werden. Das Licht 10 tritt von links in den
Strahlteiler 20 ein und wird in vier Teilstrahlen 22 aufgeteilt. Natürlich sind
auch Strahlteiler 20 vorstellbar, die mehr oder weniger als vier Teilstrahlen
30 22 erzeugen. Die Teilstrahlen 22 können analog zu dem in Figur 1 gezeig-
ten Ausführungsbeispiel durch ein Eintrittsfenster 12 in die Durchström-
kammer 2 geleitet werden und dort beispielsweise an dafür vorhandenen

Reflexionsabschnitten 14 reflektiert werden. Zwischen dem Austrittsfenster 16 und dem Detektor 18 ist ein weiterer Strahlteiler 20 angeordnet, der jedoch in umgekehrter Richtung vom Licht durchlaufen wird, sodass die unterschiedlichen auftreffenden Teilstrahlen 22 zu einem Lichtstrahl gebündelt und anschließend von dem Detektor 18 detektiert werden. Alternativ dazu lassen sich natürlich auch die einzelnen Teilstrahlen 22 auf dem Detektor 18 separat detektieren, wobei das Ergebnis anschließend zu einem Gesamtergebnis aufaddiert wird.

Insbesondere für den Fall, dass mehrere Teilstrahlen 22 in die Durchströmkommer 2 eingeleitet werden, ist es oftmals nicht nötig, separate Reflexionsabschnitte 14 zu verwenden, um die Teilstrahlen 22 im Innern der Durchströmkommer 2 zu reflektieren. Vielmehr können die Teilstrahlen 22, nachdem sie die Durchströmkommer 2 einmalig durchlaufen haben, durch das Austrittsfenster 16 die Durchströmkommer 2 verlassen. Jeder der Teilstrahlen 22 bildet dann einen der unterschiedlichen Pfade. Auch in diesem Fall wird die Weglänge, die das Licht im Innern der Durchströmkommer 2 zurücklegt, erhöht. Dadurch besteht für das Licht die Chance, mehr Moleküle des nachzuweisenden chemischen Stoffes in der Flüssigkeit zu treffen und so zu einem detektierbaren Signal, also zu einer messbaren Verringerung der Intensität zu führen. Dadurch lassen sich auch kleinere und kleinste Konzentrationen des chemischen Stoffes nachweisen.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Vorrichtung. Man erkennt die Durchströmkommer 2 mit Einlassöffnung 4 und Auslassöffnung 6. Das Licht 10, das durch das Eintrittsfenster 12, das im in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel in eine Umfangswandung 24 der Durchströmkommer 2 integriert ist, in die Durchströmkommer 2 eindringt, wird von der Umfangswandung 24 reflektiert. Im in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel ist vorteilhafterweise die gesamte Umfangswandung 24 an der Innenseite verspiegelt. Während das Licht 10 sich nach den ersten

vier Reflexionsabschnitten 14 noch immer in der gleichen Ebene wie das Eintrittslicht 10 befindet, wird es an Umlenkpunkten 26 in eine zweite Ebene, die im in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel unterhalb der ersten Ebene liegt, umgelenkt. In diesem Bereich wird das Licht 10 durch eine gestrichelte Linie dargestellt, wodurch lediglich dargestellt werden soll, dass das Licht 10 nun in einer Richtung senkrecht zur Zeichenebene verschoben verläuft. Man erkennt, dass die Reflexionswinkel in dieser Ebene kleiner sind, sodass eine unterschiedliche Anzahl von Durchquerungen durch das Licht 10 vorgenommen werden muss.

Figur 3 dient lediglich als Beispiel für die nahezu unbegrenzte Vielfalt der möglichen Strahlengänge im Innern der Durchströmkammer 2. Sowohl der Neigungswinkel relativ zur Längsrichtung L als auch die Anzahl der verschiedenen Ebenen oder die sonstige Strahlführung des Lichts 10 im Innern der Durchströmkammer 2 ist insbesondere bestimmt durch die benötigte Weglänge, die das Licht 10 im Innern der Durchströmkammer 20 zurücklegt. Diese sollte auf die erwartete Konzentration des zu detektierenden chemischen Stoffes angepasst werden.

Figur 4 zeigt schematisch eine Durchströmkammer 2 mit einer Zuleitung 28. Diese wird entlang des Pfeils 30 von Flüssigkeit durchströmt, die durch eine nicht gezeigte Einlassöffnung in die Durchströmkammer 2 eindringt. An der Zuleitung 28 befindet sich ein Temperatursensor 32, mit dem die Temperatur der Flüssigkeit in der Zuleitung 28 bestimmt werden kann. Der so bestimmte Wert wird einer elektronischen Steuerung 34 zugeleitet, die mit nicht dargestellten Heiz- und/oder Kühlelementen, mithin also einer Temperiereinrichtung im Innern der Durchströmkammer 2 verbunden ist. Auf diese Weise kann in der Durchströmkammer 2 eine konstante Temperatur gewährleistet werden.

Bezugszeichenliste

	L	Längsrichtung
5	2	Durchströmkommer
	4	Einlassöffnung
	6	Auslassöffnung
	8	Laser
	10	Licht
10	12	Eintrittsfenster
	14	Reflexionsabschnitt
	16	Austrittsfenster
	18	Detektor
	20	Strahlteiler
15	22	Teilstrahl
	24	Umfangswandung
	26	Umlenkpunkt
	28	Zuleitung
	30	Pfeil
20	32	Temperatursensor
	34	elektronische Steuerung

Patentansprüche:

- 5 1. Vorrichtung zum Bestimmen einer Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes, der Licht (10) einer Absorptionswellenlänge absorbiert, wobei die Vorrichtung wenigstens eine Durchströmungskammer (2) mit
- 10 wenigstens einer Einlassöffnung (4),
wenigstens einer Auslassöffnung (6) und
wenigstens einer Umfangswandung (24),
wenigstens einen Laser (8) zum Aussenden von Licht (10) der Absorptionswellenlänge und
wenigstens einen Detektor (18) zum Detektieren des ausgesandten Lichtes (10) aufweist,
- 15 wobei der Laser (8) und der Detektor (18) derart angeordnet sind, dass das von dem Laser (8) ausgesandte Licht (10) entlang wenigstens zweier unterschiedlicher Pfade durch die Durchströmungskammer (2) geleitet wird, bevor es auf den Detektor (18) trifft, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zwei Laser (8) aufweist, die
- 20 Licht unterschiedlicher Wellenlänge aussenden.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umfangswandung (24) zumindest einen Reflexionsabschnitt (14) aufweist, der so angeordnet ist, dass von dem Laser (8) ausgesandtes Licht (10) an dem Reflexionsabschnitt (14) von einem ersten Pfad
- 25 auf einen zweiten Pfad umgelenkt wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das von dem Laser (8) ausgesandte Licht (10) mehrfach von einem Reflexionsabschnitt (14) der Umfangswandung (24) reflektiert wird, bevor es auf den Detektor (18) trifft.
- 30

- 5
4. Vorrichtung nach einem der vorsehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** wenigstens einen Strahlteiler (20) zum Aufteilen des von dem Laser (8) ausgesandten Lichtes (10) in wenigstens zwei Teilstrahlen (22), von denen wenigstens einer entlang der wenigstens zwei Pfade durch die Durchströmkkammer (2) geleitet werden.
- 10
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einer der Teilstrahlen (22) nicht durch die Durchströmkkammer (2) geleitet wird.
- 15
6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Laser (8) Licht (10) einer zweiten Wellenlänge aussendet, das von dem chemischen Stoff nicht absorbiert wird.
- 20
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Licht (10) der beiden Laser (8) entlang der gleichen Pfade oder entlang gleich langer Pfade durch die Durchströmkkammer (2) geleitet wird, bevor es auf den Detektor (18) trifft.
- 25
8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchströmkkammer (2) wenigstens ein Fenster (12, 16) aufweist, durch das das von dem Laser (8) ausgesandte Licht (10) in die Durchströmkkammer (2) eindringen und die Durchströmkkammer (2) verlassen kann, wobei das wenigstens eine Fenster (12, 16) vorzugsweise aus einem Glas besteht.
- 30
9. Verfahren zum Herstellen einer Durchströmkkammer (2) für eine Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte
- a) Herstellen einer Vertiefung in einem Werkstück,
 - b) Positionieren wenigstens eines Umfangswandungselementes

in der Vertiefung, wobei das Umfangswandungselement ein in einem Beschichtungsverfahren hergestelltes zumindest in einem Reflexionsabschnitt (14) verspiegeltes Substrat ist,

c) Verschließen der Vertiefung mit einem Deckelement.

5

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei Umfangswandungselemente in der Vertiefung einander gegenüberliegend positioniert werden.

10

11. Verfahren zum Herstellen einer Durchströmkommer (2) für eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8 mit den Schritten:

a) Bereitstellen einer Gussform,

b) Ausgießen der Gussform mit einem Kammermaterial,

15

c) Aushärten des Kammermaterials in der Gussform,

d) Entfernen des ausgehärteten Kammermaterials aus der Gussform,

wobei die Gussform und das Kammermaterial so ausgebildet und gewählt ist, dass das ausgehärtete Kammermaterial eine Durchströmkommer (2) mit wenigstens einem Teil der Umfangswandung (24) und wenigstens einem Reflexionsabschnitt (14) bildet.

20

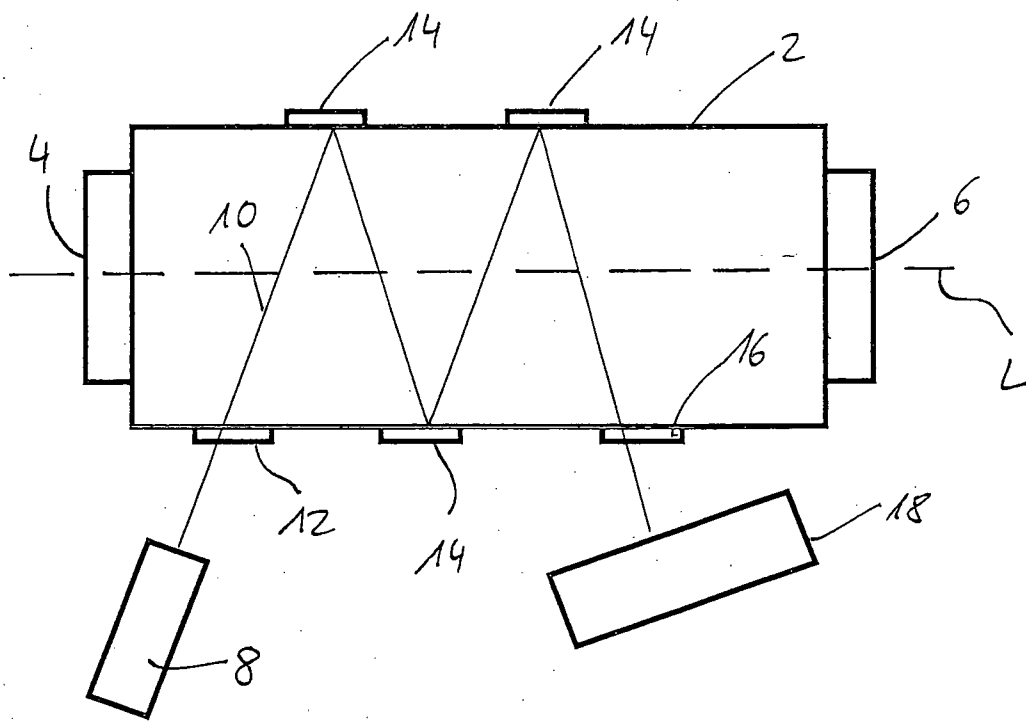


Fig. 1

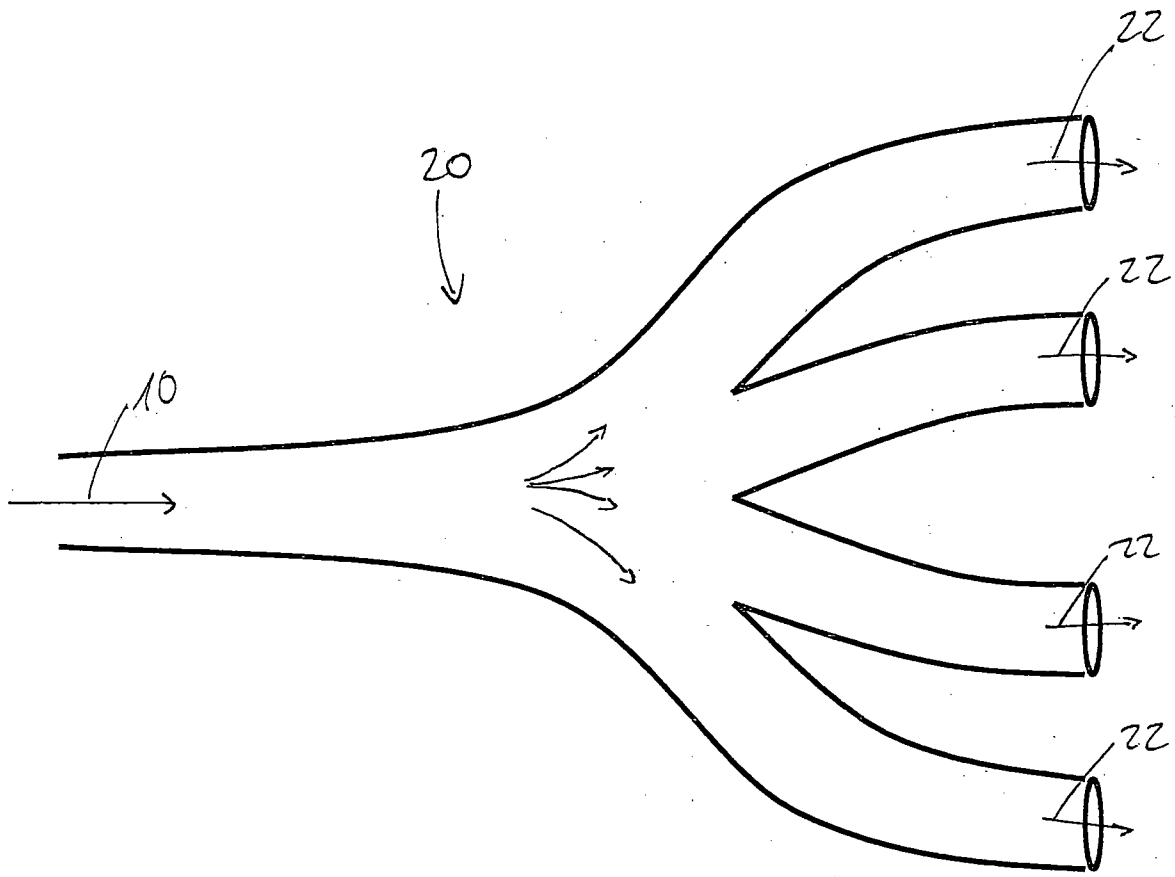
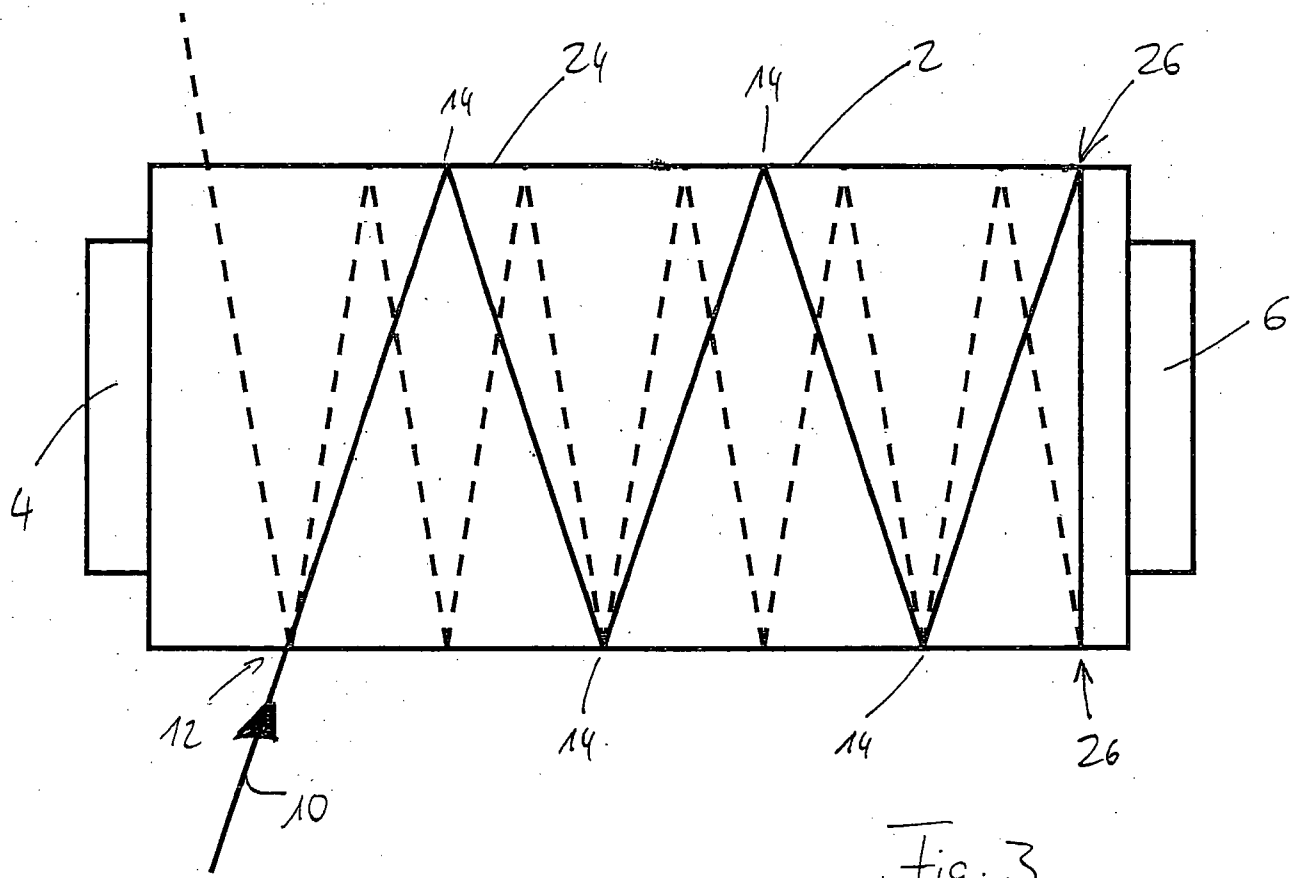


Fig. 2



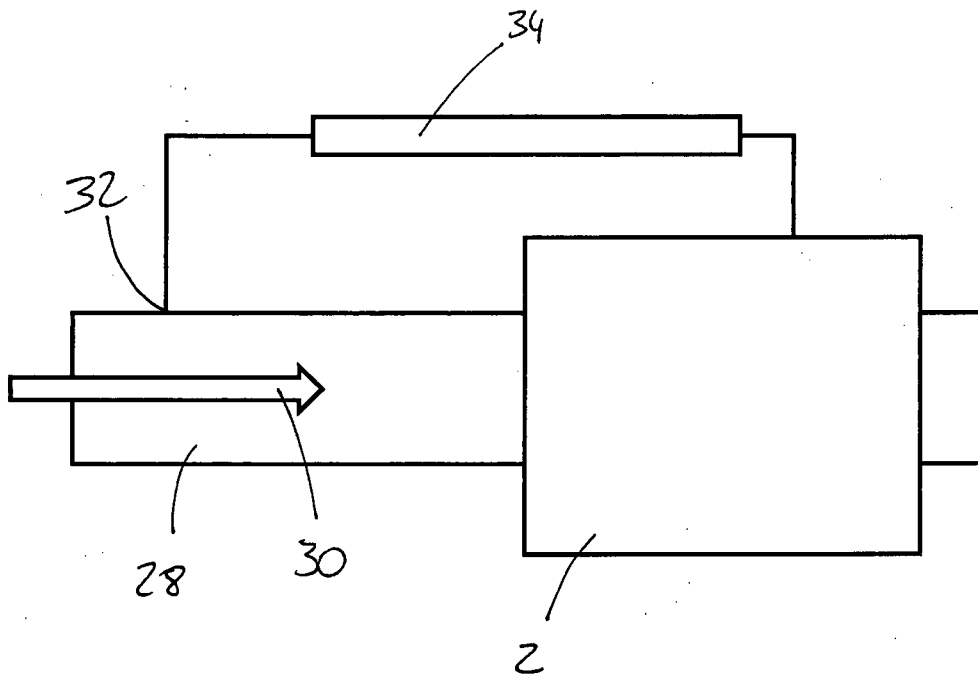


Fig. 4

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see the Supplemental Sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-8

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000076

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N21/03 G01N21/05 G01N21/31
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2005/200848 A1 (LEVINE STEPHAN [DE] ET AL) 15 September 2005 (2005-09-15) abstract; figure 1 paragraphs [0002] - [0018] -----	1-8
Y	David Bomse: "Final Report A Compact, Low-Cost, Near-UV Sensor for Chlorine Dioxide Research Project Database NCER ORD US EPA", 4 June 2007 (2007-06-04), XP055175099, Retrieved from the Internet: URL: http://cfpub.epa.gov/ncer/abstracts/index.cfm/fuseaction/display.highlight/abstract/7941/report/F [retrieved on 2015-03-10] the whole document ----- -/--	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent 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 when the document is taken alone</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>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 16 March 2015	Date of mailing of the international search report 03/06/2015
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Meacher, David
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000076

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2013/119320 A1 (ADELPHI UNIVERSITY [US]) 15 August 2013 (2013-08-15) paragraphs [0024], [0030] - [0031] -----	1-8
Y	DE 100 23 000 A1 (TETRA LAVAL HOLDINGS & FINANCE [CH]) 31 January 2002 (2002-01-31) paragraph [0086]; figure 1 -----	4,5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/000076

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2005200848	A1	15-09-2005	CN 1930464 A	14-03-2007
			CN 101799405 A	11-08-2010
			EP 1730495 A1	13-12-2006
			JP 4928437 B2	09-05-2012
			JP 2007529012 A	18-10-2007
			KR 20070001177 A	03-01-2007
			TW I434036 B	11-04-2014
			US 2005200848 A1	15-09-2005
			US 2010027017 A1	04-02-2010
			US 2011228274 A1	22-09-2011
WO 2005090946 A1	29-09-2005			
WO 2013119320	A1	15-08-2013	NONE	
DE 10023000	A1	31-01-2002	DE 10023000 A1	31-01-2002
			JP 4034920 B2	16-01-2008
			JP 2000171394 A	23-06-2000

The International Searching Authority has found that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-8

An apparatus for determining the concentration of a chemical substance dissolved in a liquid, comprising two lasers.

2. Claims 9-11

A method for producing a flow chamber.

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-8

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N21/03 G01N21/05 G01N21/31 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01N		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2005/200848 A1 (LEVINE STEPHAN [DE] ET AL) 15. September 2005 (2005-09-15) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absätze [0002] - [0018] -----	1-8
Y	David Bomse: "Final Report A Compact, Low-Cost, Near-UV Sensor for Chlorine Dioxide Research Project Database NCER ORD US EPA", 4. Juni 2007 (2007-06-04), XP055175099, Gefunden im Internet: URL: http://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.highlight/abstract/7941/report/F [gefunden am 2015-03-10] das ganze Dokument ----- -/--	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
16. März 2015		03/06/2015
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Meacher, David

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2013/119320 A1 (ADELPHI UNIVERSITY [US]) 15. August 2013 (2013-08-15) Absätze [0024], [0030] - [0031] -----	1-8
Y	DE 100 23 000 A1 (TETRA LAVAL HOLDINGS & FINANCE [CH]) 31. Januar 2002 (2002-01-31) Absatz [0086]; Abbildung 1 -----	4,5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/000076

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005200848	A1	15-09-2005	
		CN 1930464 A	14-03-2007
		CN 101799405 A	11-08-2010
		EP 1730495 A1	13-12-2006
		JP 4928437 B2	09-05-2012
		JP 2007529012 A	18-10-2007
		KR 20070001177 A	03-01-2007
		TW I434036 B	11-04-2014
		US 2005200848 A1	15-09-2005
		US 2010027017 A1	04-02-2010
		US 2011228274 A1	22-09-2011
		WO 2005090946 A1	29-09-2005

WO 2013119320	A1	15-08-2013	KEINE

DE 10023000	A1	31-01-2002	
		DE 10023000 A1	31-01-2002
		JP 4034920 B2	16-01-2008
		JP 2000171394 A	23-06-2000

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-8

Vorrichtung zum Bestimmen einer Konzentration eines in einer Flüssigkeit gelösten chemischen Stoffes, die zwei Laser aufweist

2. Ansprüche: 9-11

Verfahren zum Herstellen einer Durchströmammer
