

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50342/2016  
(22) Anmeldetag: 18.04.2016  
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2017

(51) Int. Cl.: **G01J 3/02** (2006.01)  
**G01J 3/10** (2006.01)  
**G01J 3/42** (2006.01)  
**G01N 21/25** (2006.01)  
**G01N 21/33** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 102007005642 A1  
WO 2015/044020 A2  
WO 2010/117026 A1  
AT 510 631

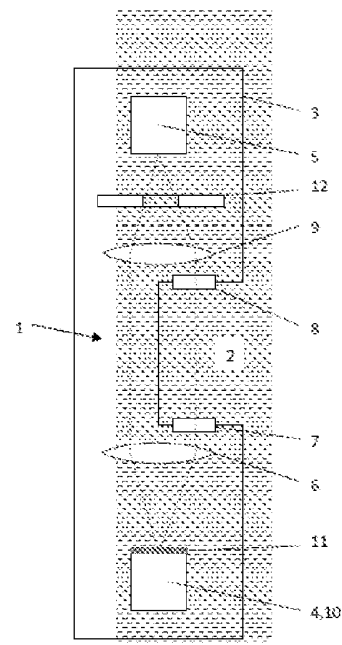
(73) Patentinhaber:  
SCAN MESSTECHNIK GESELLSCHAFT MBH  
1200 Wien (AT)

(72) Erfinder:  
Edthofer Florian  
1160 Wien (AT)  
Weingartner Andreas  
2100 Korneuburg (AT)

(74) Vertreter:  
Sonn & Partner Patentanwälte  
Wien

### (54) Spektrometer und Verfahren zur Untersuchung der Inhaltsstoffe eines Fluids

(57) Die Erfindung betrifft ein Spektrometer (1) und ein Verfahren zur Untersuchung der Inhaltsstoffe eines Fluids (2) durch Erfassung der Absorption ( $\alpha_m$ ) bei zumindest einer gewünschten Messwellenlänge ( $\lambda_m$ ), mit einem Gehäuse (3) mit zumindest einer darin angeordneter Leuchtdiode (10) als Lichtquelle (4) und zumindest einem darin angeordneten Detektor (5), wobei das Licht der Lichtquelle (4) durch ein Sendefenster (7) durch das zu untersuchende Fluid (2) und durch ein Empfangsfenster (8) zu dem zumindest einen Detektor (5) geführt wird. Zur genaueren Bestimmung der Steigung der Absorption ( $d\alpha/d\lambda$ ) ist eine Einrichtung (11) zur kontrollierten Veränderung der Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) und eine Einrichtung (13) zur Auswertung der Absorption ( $\alpha_i$ ) bei zumindest zwei verschiedenen Temperaturen ( $T_i$ ) vorgesehen, sodass neben der Absorption ( $\alpha_m$ ) bei der jeweiligen Messwellenlänge ( $\lambda_m$ ) auch die Steigung der Absorption durch Bildung des Differenzenquotienten ( $d\alpha_m/d\lambda_m$ ) ermittelbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Spektrometer zur Untersuchung der Inhaltsstoffe eines Fluids durch Erfassung der Absorption bei zumindest einer gewünschten Messwellenlänge, mit einem Gehäuse mit darin angeordneter Lichtquelle, welche aus zumindest einer Leuchtdiode gebildet ist, und zumindest einem darin angeordneten Detektor, wobei das Licht der Lichtquelle durch ein Sendefenster durch das zu untersuchende Fluid und durch ein Empfangsfenster zu dem zumindest einen Detektor geführt wird.

**[0002]** Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Untersuchen der Inhaltsstoffe eines Fluids mit einem Spektrometer, wobei die Absorption bei zumindest einer gewünschten Messwellenlänge erfasst wird, indem das Licht einer durch zumindest eine Leuchtdiode ausgebildeten Lichtquelle durch ein Sendefenster das zu untersuchende Fluid und durch ein Empfangsfenster zu zumindest einem Detektor geführt wird, und aus der detektierten Lichtstärke und der ausgesendeten Lichtstärke die Absorption bei der Messwellenlänge berechnet wird.

**[0003]** Die Erfindung ist grundsätzlich sowohl für die Untersuchung von Inhaltsstoffen in Gasen als auch Inhaltsstoffen in Flüssigkeiten anwendbar. Besonders vorteilhaft ist jedoch eine Anwendung bei der spektroskopischen Untersuchung von Gewässern, wie sie beispielsweise zur Analyse der Wasserqualität eingesetzt wird.

**[0004]** Die Spektrometrie nützt die Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung mit Molekülen des zu untersuchenden Mediums aus, um dieses zu charakterisieren. Bei flüssigen Medien wird die Spektrometrie insbesondere dazu ausgenutzt, Konzentrationen von in Lösungsmittel gelösten oder suspensierten Stoffen zu bestimmen. Bei der Messung des Absorptionsspektrums flüssiger Medien wird derzeit oft die sogenannte UV/VIS-Spektroskopie eingesetzt, bei der elektromagnetische Wellen im ultravioletten (UV) und sichtbaren Licht (VIS für visible) verwendet werden. Aber auch andere Wellenlängenbereiche werden eingesetzt. Die Moleküle des zu untersuchenden Mediums werden von den elektromagnetischen Wellen des Lichts bestrahlt. Jedes Atom und jedes Molekül besitzt bestimmte diskrete Energieniveaus, die von dem Atom bzw. Molekül in verschiedenen Anregungszuständen eingenommen werden können. Den Unterschieden zwischen diesen Niveaus entsprechen Anregungsenergien. Trifft ein Photon auf das Atom bzw. Molekül das eine solche Energie zur Verfügung stellen kann, kann das Photon absorbiert werden und das Atom bzw. Molekül geht in einem angeregten Zustand über. Auf diese Weise absorbieren Stoffe die Photonen von ganz bestimmten Energien. Durch die Interaktion der Atome bzw. Moleküle des zu untersuchenden Mediums untereinander werden die Anregungsenergien verschmiert und zu größeren Wellenlängen verschoben und ein breiteres Spektrum an Photonenenergien kann zur Anregung führen und somit absorbiert werden. Welche Photonenenergie wie stark absorbiert wird, ist charakteristisch für jedes Molekül und stellt somit so etwas wie einen Fingerabdruck des Moleküls dar, über den es identifiziert werden kann.

**[0005]** Im einfachsten Fall besteht ein Spektrometer aus einer Lichtquelle, der Messstrecke in welcher sich das zu untersuchende Fluid befindet und einem Detektor zur Aufnahme des durch das Medium hindurchstrahlenden Lichts. Dabei handelt es sich um ein sogenanntes Einstrahl-Spektrometer. Bei einem Zweistrahl-Spektrometer wird parallel zur Messstrecke eine Kompensationsmessung durchgeführt, bei der das Licht nicht durch das zu untersuchende Fluid bzw. Medium geführt wird.

**[0006]** Bekannte Spektrometer zur Untersuchung verschiedener Inhaltsstoffe eines Fluids verwenden üblicherweise eine Blitzlampe als Lichtquelle, welche einen relativ breiten Spektralbereich abdeckt. Nachteilig dabei ist, dass auf der Detektorseite das empfangene Licht in seine spektrale Bestandteile zerlegt werden muss, wofür relativ teure Komponenten (z.B. Beugungsgitter, etc.) notwendig sind. Darüber hinaus ist die erforderliche relativ aufwendige Elektronik zur Versorgung der Blitzlampe mit elektrischer Energie und die dafür notwendige Steuereinrichtung nachteilig. In der Folge sind die Spektrometer relativ komplex und groß aufgebaut und somit in der Anschaffung auch relativ teuer. Dasselbe gilt auch bei Deuterium-Lampen als Lichtquelle.

**[0007]** Beispielsweise beschreibt die AT 408 488 B ein derartiges Spektrometer, welches als Sonde zur Bestimmung der Inhaltsstoffe eines gasförmigen oder flüssigen Mediums ausgeführt ist.

**[0008]** Bei einem LED Spektrometer wird dieses Prinzip umgekehrt. Hier durchleuchtet man das Medium mit verschiedenen Lichtquellen, die im Wesentlichen nur Licht aus einem eng begrenzten Wellenlängenbereich emittieren und misst nach dem Durchtritt das gesamte Licht mit einem entsprechenden Detektor, beispielsweise einer Photodiode. Indem man mit verschiedenen Leuchtdioden mit Emissionsmaxima bei unterschiedlichen Wellenlängen mehrere Messungen durchführt, bekommt man Information über die Lichtabschwächung bei verschiedenen Wellenlängen. Je enger begrenzt das emittierte Wellenlängenband ist, desto genauer kann man die Absorption bei der gewünschten Wellenlänge bestimmen. Bei LED-Spektrometern erfolgt die spektrale Zerlegung in der Lichtquelle und der Detektor ist breitbandiger ausgeführt.

**[0009]** Die DE 10 2007 005 642 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zur spektralen Diagnostik von Substanzen und/oder Oberflächen, wobei durch eine dynamische Temperaturänderung der Leuchtdiode die Emissionswellenlänge der emittierte Strahlung innerhalb eines vorgegebenen Spektralbereichs verändert wird, um systematische Fehler, die bei der Verschiebung der Emissionswellenlänge der emittierten Strahlung entstehen können, zu kompensieren.

**[0010]** Die WO 2015/044020 A2 beschreibt ein spektroskopisches System, bei dem Methoden zur Kühlung bzw. Erwärmung der Lichtquelle zur Kompensation von Temperaturfluktuationen vorgesehen sind.

**[0011]** Die AT 510 631 B1 beschreibt ein solches Spektrometer, bei dem mehrere, durch Leuchtdioden gebildete Lichtquellen vorgesehen sind. Auch die WO 2009/050081 A2 beschreibt ein Spektrometer mit einem Array mehrerer Leuchtdioden.

**[0012]** Leuchtdioden haben typischerweise eine Temperaturabhängigkeit der Wellenlänge, bei der sie ihr Emissionsmaximum besitzen, welche nachteilig ist.

**[0013]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines oben genannten Spektrometers auf LED-Basis und eines oben genannten spektroskopischen Untersuchungsverfahrens mit verbesserter Aussagekraft. Insbesondere soll mit der gegenständlichen Erfindung die Absorptionssteigung auch mit hinreichender Genauigkeit ermittelbar sein. Nachteile bekannter Spektrometer und Verfahren sollen vermieden oder zumindest reduziert werden.

**[0014]** Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe durch ein oben genanntes Spektrometer, bei dem die zumindest eine Leuchtdiode ihr Emissionsmaximum bei einer Wellenlänge im unteren Ultraviolettbereich zwischen 200nm und 280nm besitzt, und eine Einrichtung zur kontrollierten Veränderung der Temperatur der zumindest einen Leuchtdiode und eine Einrichtung zur Auswertung der Absorption bei zumindest zwei verschiedenen Temperaturen vorgesehen ist, so dass neben der Absorption bei der jeweiligen Messwellenlänge auch die Steigung der Absorption durch Bildung des Differenzenquotienten ermittelbar ist. Die vorliegende Erfindung nützt den üblicherweise nachteiligen Effekt der Temperaturabhängigkeit der Wellenlänge, bei der eine Leuchtdiode ihr Emissionsmaximum aufweist, zum Vorteil aus. Es wird durch Veränderung der Temperatur der jeweiligen Leuchtdiode zumindest eine weitere Messung des Absorptionsspektrums bei einer weiteren, geringfügig geänderten Wellenlänge ermöglicht, woraus dann die Steigung der Absorption zuverlässig ermittelt werden kann. Die Veränderung der Temperatur der jeweiligen Leuchtdiode kann auf verschiedene Arten geschehen. Im unteren Ultraviolettbereich zwischen 200nm und 280nm lassen sich insbesondere organische Verbindungen in Flüssigkeiten besonders gut nachweisen bzw. untersuchen.

**[0015]** Beispielsweise kann die Einrichtung zur Veränderung der Temperatur der zumindest einen Leuchtdiode durch eine Kühl- oder Heizeinrichtung gebildet sein, die entsprechend angesteuert wird.

**[0016]** Alternativ dazu kann die Einrichtung zur Veränderung der Temperatur der zumindest einen Leuchtdiode auch durch eine Einrichtung zur Veränderung der Stromamplitude der

Leuchtdioden gebildet sein. Somit wird die Temperaturveränderung durch Amplitudenmodulation erzielt.

**[0017]** Ebenso kann die Einrichtung zur Veränderung der Temperatur der zumindest einen Leuchtdiode auch durch eine Einrichtung zur Veränderung der Einschaltdauer der Leuchtdioden gebildet sein. Hier wird durch eine Pulsmodulation Einfluss auf die Temperatur der Leuchtdiode und somit auf die Peakwellenlänge ausgeübt.

**[0018]** Die zumindest eine Leuchtdiode kann ihr Emissionsmaximum bei 254 nm besitzen.

**[0019]** Vor der zumindest einen Leuchtdiode kann ein Filter angeordnet sein, der verschiedenartig aufgebaut sein kann und Eigenschaften verbessern kann.

**[0020]** Vor der zumindest einen Leuchtdiode kann zur Bündelung der Lichtstrahlen auch zumindest eine Optik angeordnet sein.

**[0021]** Vor dem Detektor kann weiters eine Optik und/oder Blende zum Bündeln bzw. Lenken der Lichtstrahlen angeordnet sein.

**[0022]** Vorzugsweise sind mehrere Leuchtdioden vorzugsweise mit Emissionsmaxima bei unterschiedlichen Wellenlängen vorgesehen. Auf diese Weise können unterschiedliche Inhaltsstoffe im zu untersuchenden Fluid untersucht werden.

**[0023]** Für die Untersuchung von Inhaltsstoffen in Flüssigkeiten ist das Gehäuse vorzugsweise wasserdicht ausgebildet.

**[0024]** In verfahrensmäßiger Hinsicht wird die Erfindung dadurch gelöst, dass die Inhaltsstoffe des Fluids bei einer Wellenlänge im unteren Ultraviolettbereich zwischen 200nm und 280nm untersucht werden, und die Temperatur der zumindest einen Leuchtdiode kontrolliert variiert wird und die Absorption bei zumindest zwei verschiedenen Temperaturen berechnet wird und daraus neben der Absorption auch die Steigung der Absorption durch Bildung des Differenzenquotienten bei der jeweiligen Messwellenlänge ermittelt wird. Zu den dadurch erzielbaren Vorteilen wird auf die obige Beschreibung des Spektroskops verwiesen. Die Inhaltsstoffe des Fluids werden bei einer Wellenlänge im unteren Ultraviolettbereich zwischen 200nm und 280nm untersucht.

**[0025]** Die Temperatur der zumindest einen Leuchtdiode kann durch eine Kühl- oder Heizeinrichtung, durch Veränderung der Stromamplitude der Leuchtdioden oder durch Veränderung der Einschaltdauer der Leuchtdioden verändert werden.

**[0026]** Die Inhaltsstoffe des Fluids können bei einer Wellenlänge von 254 nm untersucht werden.

**[0027]** Das Licht der zumindest einen Leuchtdiode kann durch zumindest einen Filter gefiltert werden.

**[0028]** Weiters kann das Licht der zumindest einen Leuchtdiode durch zumindest eine Optik gebündelt werden.

**[0029]** Das Licht vor dem Detektor kann durch eine Optik und/oder eine Blende gebündelt bzw. gelenkt werden.

**[0030]** Wenn mehrere Leuchtdioden vorzugsweise mit Emissionsmaxima bei unterschiedlichen Wellenlängen verwendet werden, können mehrere verschiedene Inhaltsstoffe im Fluid untersucht werden.

**[0031]** Vorzugsweise werden mit dem spektroskopischen Verfahren die Inhaltsstoffe einer Flüssigkeit, insbesondere eines Gewässers, untersucht.

**[0032]** Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

**[0033]** Darin zeigen:

**[0034]** Fig. 1 einen prinzipiellen Aufbau eines Spektrometers;

- [0035] Fig. 2 ein typisches Absorptionsspektrum beispielsweise von Wasser;
- [0036] Fig. 3 ein niedrig aufgelöstes Absorptionsspektrum bei Verwendung von fünf Leuchtdioden mit Emissionsmaxima bei fünf verschiedenen Wellenlängen;
- [0037] Fig. 4 den Zusammenhang der Wellenlänge mit maximaler Emission und der Temperatur einer Leuchtdiode;
- [0038] Fig. 5 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäß aufgebauten Spektrometers;
- [0039] Fig. 6a eine bevorzugte Variante des Betriebs einer Leuchtdiode bei unterschiedlichen Temperaturen gemäß der Erfindung; und
- [0040] Fig. 6b eine alternative Variante zur Amplitudenmodulation gemäß Fig. 6a in Form einer Pulsdauermodulation zum Betrieb der Leuchtdiode bei unterschiedlichen Temperaturen.

[0041] Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Spektrometers 1, insbesondere einer spektrometrischen Sonde, die in das zu untersuchende Fluid 2 eingebracht bzw. eingetaucht wird, in welchem bei einer bestimmten Messwellenlänge  $\lambda_m$  die Absorption  $\alpha_m$  eines bestimmten Inhaltsstoffes des Fluids 2 gemessen werden soll. Innerhalb eines Gehäuses 3 sind zumindest eine Lichtquelle 4 und zumindest ein Detektor 5 angeordnet. Vor der Lichtquelle 4 kann ein Filter 11 angeordnet sein. Das Licht der Lichtquelle 4 wird allenfalls über eine Optik 6 durch ein Sendefenster 7 in das zu untersuchende Fluid 2 und über ein Empfangsfenster 8 und eine allfällige Optik 9 und allfällige Blende 12 zum Detektor 5 gerichtet. Aus dem Verhältnis der Intensität des durch den Detektor 5 empfangenen Lichts und der Intensität des von der Lichtquelle 4 ausgesandten Lichts, kann über das Beer-Lambert'sche Gesetz auf die Konzentration bestimmter Inhaltsstoffe im Fluid 2 rückgeschlossen werden. Bei der Verwendung von Leuchtdioden 10 als Lichtquelle 4 ist die Temperaturabhängigkeit der Wellenlänge  $\lambda_L$  beim Emissionsmaximum der Leuchtdiode 10 (s. Zusammenhang gemäß Fig. 4 unten) nachteilig, weshalb zur Verhinderung des Nachteils eine Messung bei kontrollierten Temperaturbedingungen von Vorteil ist.

[0042] Fig. 2 zeigt ein übliches Absorptionsspektrum, beispielsweise eines untersuchten Gewässers, wobei bei niedrigeren Wellenlängen  $\lambda$  eine höhere Absorption  $\alpha$  als bei höheren Wellenlängen  $\lambda$  im sichtbaren Bereich zu erkennen ist. Neben der absoluten Absorption  $\alpha$  wird häufig auch die Steigung an den gemessenen Punkten des Absorptionsspektrums durch Bildung eines Differenzenquotienten  $\Delta\alpha/\Delta\lambda$  mit den Nachbarpunkten erfasst und zur Analyse der Inhaltsstoffe des Fluids 2 herangezogen. Bei einem hochauflösenden Spektrum, wie in Fig. 2 gezeigt, wird das Absorptionsspektrum an so vielen Wellenlängen  $\lambda_m$  gemessen, dass die Steigung an einem bestimmten Punkt ausreichend genau direkt aus den Differenzen zwischen einzelnen Punkten des Spektrums berechnet werden kann. Im sichtbaren und Ultraviolettbereich (UV/VIS Bereich) ist eine Auflösung von ca. 2 nm ausreichend, um ausreichend genaue Absorptionssteigungen  $\Delta\alpha/\alpha\lambda$  berechnen zu können. Solche Auflösungen werden beispielsweise mit Gitterspektrometern erzielt.

[0043] Bei der Verwendung von Leuchtdioden 10 als Lichtquellen 4 resultieren niedrig aufgelöste Absorptionsspektren, wie in Fig. 3 dargestellt. Entsprechend den verwendeten Leuchtdioden 10 können nur an diskreten Stellen der Wellenlänge  $\lambda_m$ , an welchen die jeweiligen Leuchtdioden 10 ihr Emissionsmaximum besitzen, die Absorptionen  $\alpha_m$  gemessen werden. Im dargestellten Beispiel ist dies bei fünf Wellenlängen  $\lambda_m$  erfolgt. Spektrometer 1 auf Basis von Leuchtdioden 10 haben somit den Nachteil, dass der spektrale Abstand zwischen zwei Messpunkten nicht eng genug ist um die Form des Spektrums genau wiedergeben zu können und die Steigung der Absorption an den gemessenen Punkten durch Bildung eines Differenzenquotienten  $\Delta\alpha/\Delta\lambda$  mit den Nachbarpunkten ausreichend gut anzunähern.

[0044] Erfindungsgemäß macht man sich die oben erwähnte, üblicherweise nachteilige, Temperaturabhängigkeit der Spitzenwellenlänge mit maximaler Emission von Leuchtdioden 10 zunutze. Diese ist in Fig. 4 dargestellt. Demnach verschiebt sich die Wellenlänge  $\lambda_L$  einer

Leuchtdiode 10, bei der das Emissionsmaximum auftritt, mit steigender Temperatur  $T$  zu höheren Wellenlängen  $\lambda_L$  hin. Üblicherweise ist dieser Effekt nachteilig. Im gegenständlichen Fall macht man sich die Temperaturabhängigkeit jedoch zur Messung zur Steigung der Absorption  $\Delta\alpha/\Delta\lambda$  in den einzelnen Wellenlängenbereichen zunutze, indem man die jeweilige Leuchtdiode 10 bei zumindest zwei verschiedenen Temperaturen  $T_i$  betreibt und die jeweiligen Absorptionen  $\alpha_i$  erfasst und daraus den Differenzenquotienten  $\Delta\alpha/\Delta\lambda$  zur Bildung der Steigung der Absorption  $\alpha$  berechnet. Somit wird durch die Veränderung der Temperatur  $T$  eine Information über die lokale Steigung des Absorptionsspektrums erhalten. Durch kontrollierte Variation der Betriebstemperatur der jeweiligen Leuchtdiode 10 wird die Peakwellenlänge  $\lambda_L$  in einem relativ kleinen Bereich (üblicherweise  $\pm 1$  nm) variiert. Dadurch erhält man Absorptionsmessungen bei Wellenlängen  $\lambda_L$ , die so dicht aneinanderliegen, dass ein Differenzenquotient  $\Delta\alpha/\Delta\lambda$  mit ausreichender Genauigkeit berechnet werden kann.

**[0045]** Die Variation der Temperatur  $T$  der Leuchtdioden 10 kann prinzipiell auf beliebige Weise erfolgen (beispielsweise mit entsprechenden Kühl- oder Heizvorrichtungen, wie Peltierelementen). Besonders einfach jedoch kann die Variation der Betriebstemperatur durch Ansteuerung der Leuchtdiode 10 mit verschiedenen langen bzw. verschiedenen hohen Stromimpulsen erzielt werden.

**[0046]** Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäß aufgebauten Spektrometers 1 mit einer Lichtquelle 4, welche durch zumindest eine Leuchtdiode 10 gebildet ist. Nach Durchströmen des Fluids 2 mit dem Lichtstrahl werden diese vom Detektor 5 erfasst und in einer Auswerteeinrichtung 13 ausgewertet. Die Ansteuerung der Leuchtdioden 10 erfolgt in einer Einrichtung 14 zur Variation der Betriebstemperatur  $T$  der jeweiligen Leuchtdioden 10. Die Einrichtung 14 zur Veränderung der Temperatur  $T$  der Leuchtdioden 10 kann beispielsweise durch eine Kühl- oder Heizeinrichtung 19 gebildet sein, oder auch durch eine Einrichtung 20 zur Veränderung der Stromamplitude  $I_1$  der Leuchtdioden 10 oder eine Einrichtung 21 zur Veränderung der Einschaltdauer  $\Delta t_1$  der Leuchtdioden 10 (siehe Fig. 6a und 6b). Eine Steuereinrichtung 15, welche beispielsweise durch einen Mikroprozessor gebildet ist, steuert die jeweilige Ansteuerung der Leuchtdioden 10 und verwertet die von der Auswerteeinrichtung 13 erhaltenen Werte und zeigt diese beispielsweise an einer Anzeige 16 an. Zusätzlich kann die Temperatur des Fluids 2, also die Umgebungstemperatur, erfasst werden und allenfalls auch die Temperatur  $T$  an den Leuchtdioden 10 mit Hilfe entsprechender Sensoren 18.

**[0047]** Fig. 6a zeigt eine bevorzugte Ausführungsvariante gemäß der eine Leuchtdiode 10 mit drei unterschiedlichen Stromamplituden  $I_1$ ,  $I_2$ , und  $I_3$  betrieben wird, wodurch drei unterschiedliche Betriebstemperaturen und somit unterschiedliche Wellenlängen  $\lambda$  mit Emissionsmaximum erzielt werden. Im dargestellten Beispiel werden die drei verschiedenen Stromamplituden  $I_1$ ,  $I_2$ , und  $I_3$  zu drei verschiedenen Zeitpunkten  $t_1$ ,  $t_2$ , und  $t_3$  an die jeweilige Leuchtdiode 10 gelegt.

**[0048]** Ein ähnlicher Effekt kann mit der Variante gemäß Fig. 6b erzielt werden, wo eine Stromamplitude  $I_1$  verwendet wird, die verschieden lang, nämlich Zeitdauern  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$  und  $\Delta t_3$ , an die Leuchtdiode 10 angelegt wird.

**[0049]** Die vorliegende Erfindung bzw. das erfinderische spektroskopische Verfahren kann relativ einfach durch entsprechende Programmierung der Steuereinrichtung bzw. des Mikroprozessors implementiert werden und somit auch bei kostengünstigen LED-basierten Spektrometern eingesetzt werden.

## Patentansprüche

1. Spektrometer (1) zur Untersuchung der Inhaltsstoffe eines Fluids (2) durch Erfassung der Absorption ( $\alpha_m$ ) bei zumindest einer gewünschten Messwellenlänge ( $\lambda_m$ ), mit einem Gehäuse (3) mit darin angeordneter Lichtquelle (4), welche aus zumindest einer Leuchtdiode (10) gebildet ist, und zumindest einem darin angeordneten Detektor (5), wobei das Licht der Lichtquelle (4) durch ein Sendefenster (7) durch das zu untersuchende Fluid (2) und durch ein Empfangsfenster (8) zu dem zumindest einen Detektor (5) geführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Leuchtdiode (10) ihr Emissionsmaximum bei einer Wellenlänge ( $\lambda_L$ ) im unteren Ultraviolettbereich zwischen 200 nm und 280 nm besitzt, und dass eine Einrichtung (14) zur kontrollierten Veränderung der Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) und eine Einrichtung (13) zur Auswertung der Absorption ( $\alpha_i$ ) bei zumindest zwei verschiedenen Temperaturen ( $T_i$ ) vorgesehen ist, sodass neben der Absorption ( $\alpha_m$ ) bei der jeweiligen Messwellenlänge ( $\lambda_m$ ) auch die Steigung der Absorption durch Bildung des Differenzenquotienten ( $\Delta\alpha_m/\Delta\lambda_m$ ) ermittelbar ist.
2. Spektrometer (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (14) zur Veränderung der Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch eine Kühl- oder Heizeinrichtung (19) gebildet ist.
3. Spektrometer (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (14) zur Veränderung der Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch eine Einrichtung (20) zur Veränderung der Stromamplitude ( $I_i$ ) der Leuchtdioden (10) gebildet ist.
4. Spektrometer (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einrichtung (14) zur Veränderung der Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch eine Einrichtung (21) zur Veränderung der Einschaltdauer ( $\Delta t_i$ ) der Leuchtdioden (10) gebildet ist.
5. Spektrometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Leuchtdiode (10) ihr Emissionsmaximum bei einer Wellenlänge ( $\lambda_L$ ) bei 254 nm besitzt.
6. Spektrometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der zumindest einen Leuchtdiode (10) ein Filter (11) angeordnet ist.
7. Spektrometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der zumindest einen Leuchtdiode (10) zumindest eine Optik (6) zum Bündeln der Lichtstrahlen angeordnet ist.
8. Spektrometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Detektor (5) eine Optik (9) und/oder Blende (12) angeordnet ist.
9. Spektrometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Leuchtdioden (10) vorzugsweise mit Emissionsmaxima bei unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_L$ ) vorgesehen sind.
10. Spektrometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (3) wasserdicht ausgebildet ist.
11. Verfahren zum Untersuchen der Inhaltsstoffe eines Fluids (2) mit einem Spektrometer (1), wobei die Absorption ( $\alpha_m$ ) bei zumindest einer gewünschten Messwellenlänge ( $\lambda_m$ ) erfasst wird, indem das Licht einer durch zumindest eine Leuchtdiode (10) ausgebildeten Lichtquelle (4) durch ein Sendefenster (7) das zu untersuchende Fluid (2) und durch ein Empfangsfenster (8) zu zumindest einen Detektor (5) geführt wird, und aus der detektierten Lichtstärke zur ausgesendeten Lichtstärke die Absorption ( $\alpha_m$ ) bei der Messwellenlänge ( $\lambda_m$ ) berechnet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inhaltsstoffe des Fluids (2) bei einer Wellenlänge ( $\lambda_m$ ) im unteren Ultraviolettbereich zwischen 200 nm und 280 nm untersucht werden, und dass die Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) kontrolliert variiert wird und die Absorption ( $\alpha_i$ ) bei zumindest zwei verschiedenen Temperaturen ( $T_i$ ) berechnet wird und daraus neben der Absorption ( $\alpha_m$ ) auch die Steigung der Absorption durch Bildung des Differenzenquotienten ( $\Delta\alpha_m/\Delta\lambda_m$ ) bei der jeweiligen Messwellenlänge ( $\lambda_m$ ) ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch eine Kühl- oder Heizeinrichtung (19) verändert wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch Veränderung der Stromamplitude ( $I_i$ ) der Leuchtdioden (10) verändert wird.
14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur (T) der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch eine Veränderung der Einschaltdauer ( $\Delta t_i$ ) der Leuchtdioden (10) verändert wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inhaltsstoffe des Fluids (2) bei einer Wellenlänge ( $\lambda_m$ ) bei 254 nm untersucht werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Licht der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch zumindest einen Filter (11) gefiltert wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Licht der zumindest einen Leuchtdiode (10) durch zumindest eine Optik (6) gebündelt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Licht vor dem Detektor (5) durch eine Optik (9) und/oder Blende (12) gebündelt bzw. gelenkt wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Leuchtdioden (10) vorzugsweise mit Emissionsmaxima bei unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_L$ ) verwendet werden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inhaltsstoffe einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, untersucht werden.

**Hierzu 5 Blatt Zeichnungen**

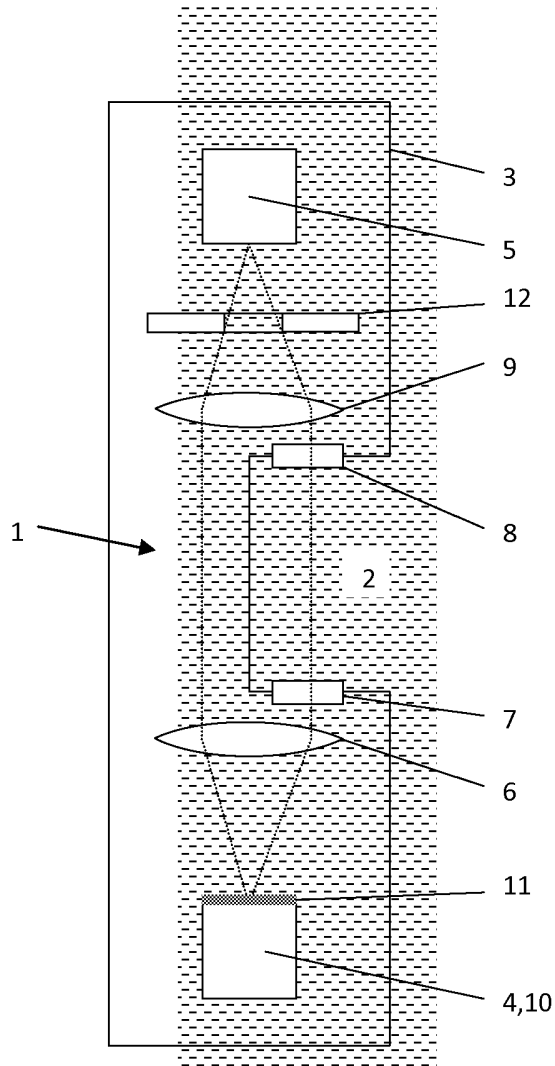


Fig. 1

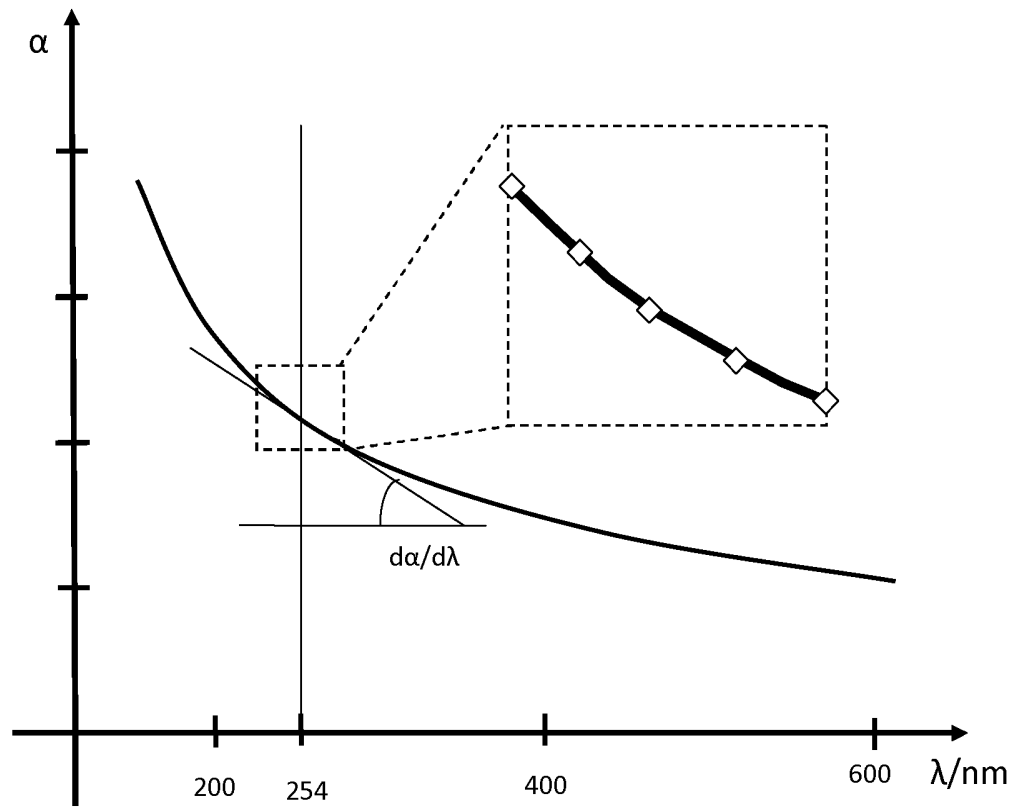


Fig. 2

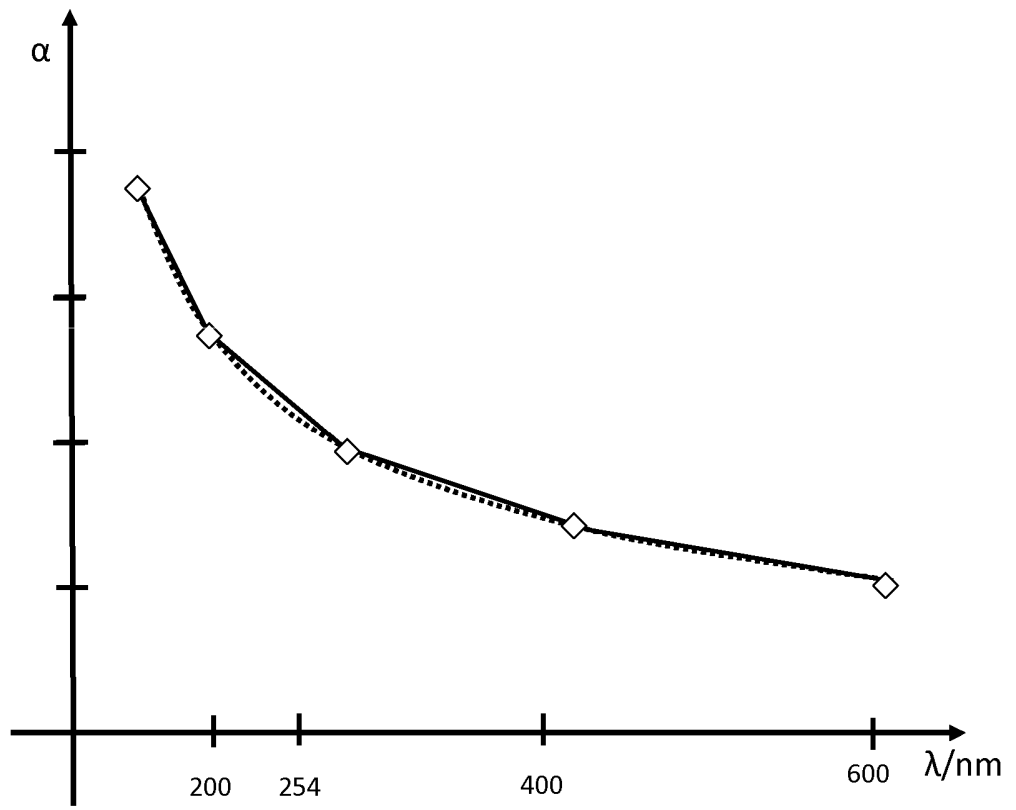


Fig. 3

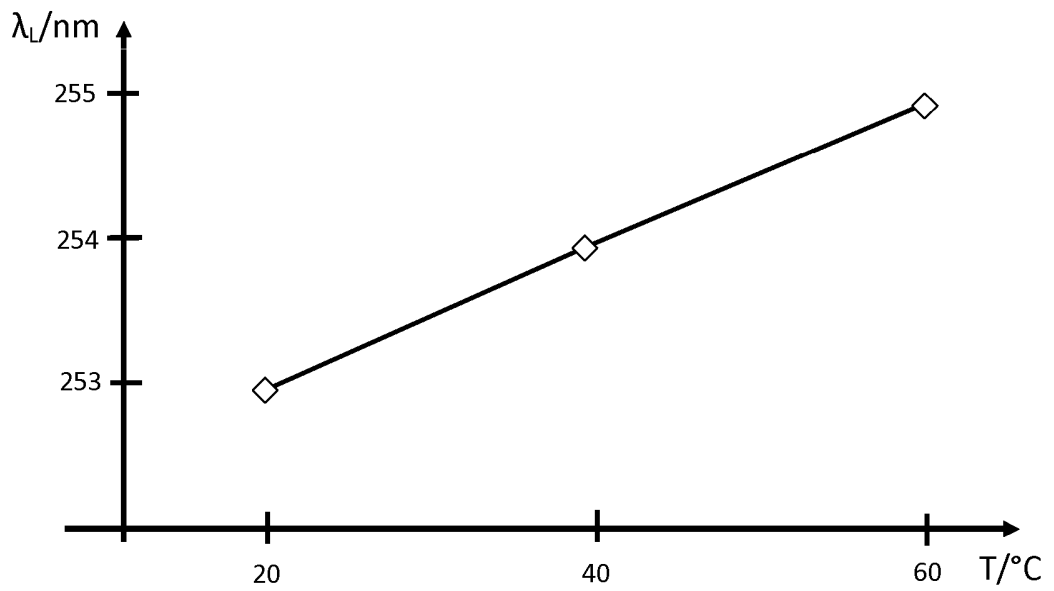


Fig. 4

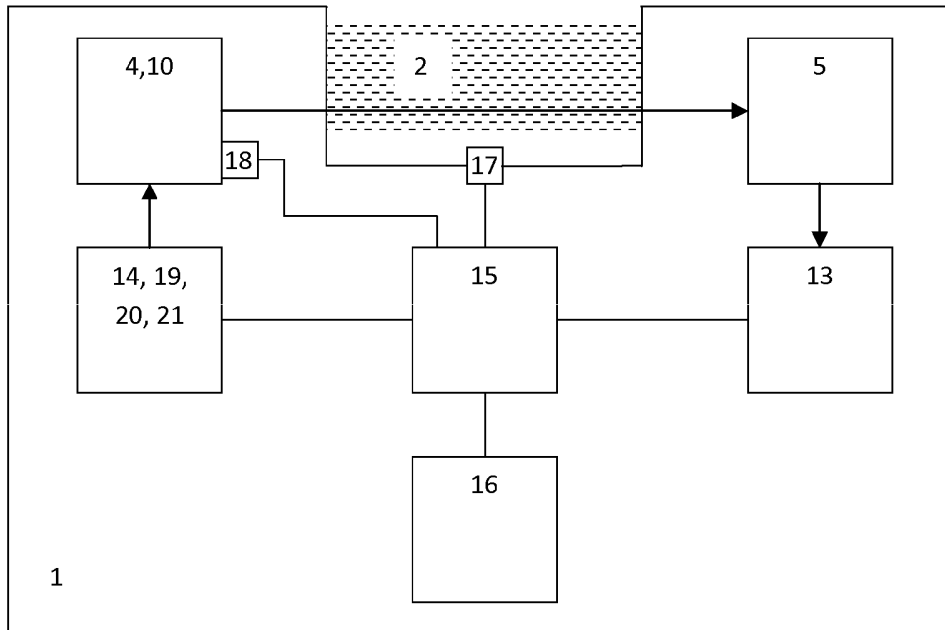


Fig. 5

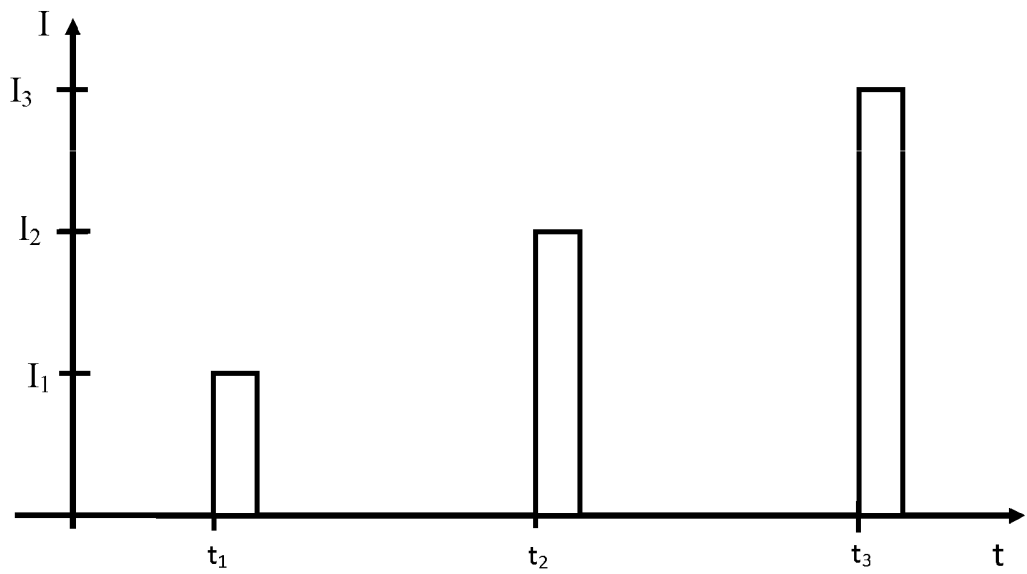


Fig. 6a

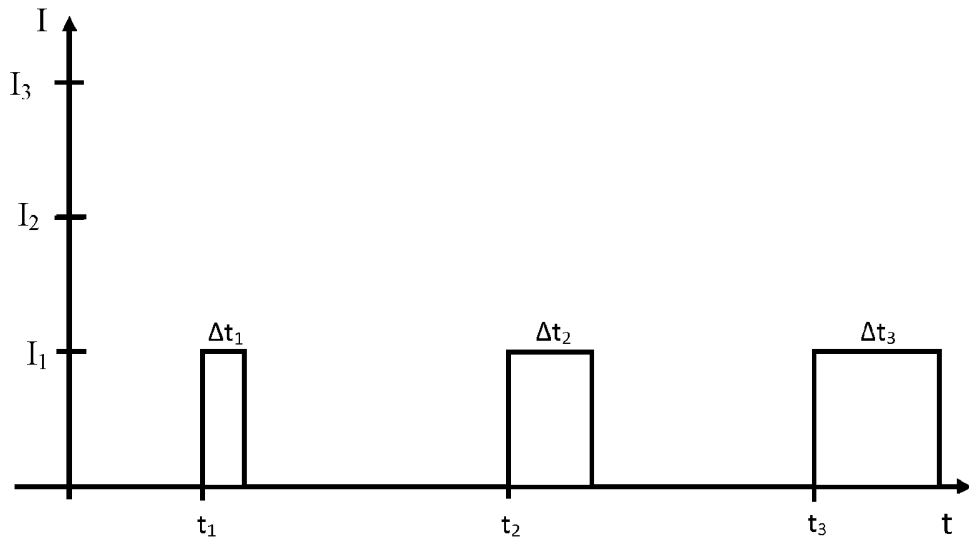


Fig. 6b