

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 837/2007  
(22) Anmeldetag: 2007-05-25  
(43) Veröffentlicht am: 2008-12-15

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **G05D 11/13** (2006.01)  
**G05D 21/02** (2006.01)  
**G01N 21/85** (2006.01)  
**G01J 3/00** (2006.01)  
**G01J 3/42** (2006.01)  
**C02F 1/00** (2006.01)  
**C02F 3/00** (2006.01)  
**C02F 9/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
US 2004/0083885A1 US 5889683A  
WO 1997/001183A1  
WO 2002/088860A2

(73) Patentinhaber:  
SCAN MESSTECHNIK GESELLSCHAFT  
M.B.H.  
A-1200 WIEN (AT)

(72) Erfinder:  
HOFSTÄDTER FRANZ DIPL.ING.  
GUNTRAMSDORF (AT)  
WEINGARTNER ANDREAS DIPL.ING.  
KORNEUBURG (AT)

### (54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REGELUNG ODER STEUERUNG DES EINSATZES VON BETRIEBSMITTELN IN FLÜSSIGKEITEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln (2) in Flüssigkeiten (3) zur Beeinflussung zumindest eines Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3) mit einer Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2), einer Einrichtung (4) zur Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) zur Messung zumindest eines Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3) oder eines diesen Bestandteil (X) charakterisierenden Parameters, und mit einer Regel- oder Steuereinrichtung (5) zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) in Abhängigkeit des zumindest eines gemessenen Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3). Zur Minimierung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) ist zumindest eine Messeinrichtung (4) durch eine in der Flüssigkeit (3) anordenbare spektrometrische Sonde (8) zur Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) gebildet, und weiters ein mit der Regel- und Steuereinrichtung (5) verbundener Speicher (17) zum Speichern zumindest einer Korrelation des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter vorgesehen.

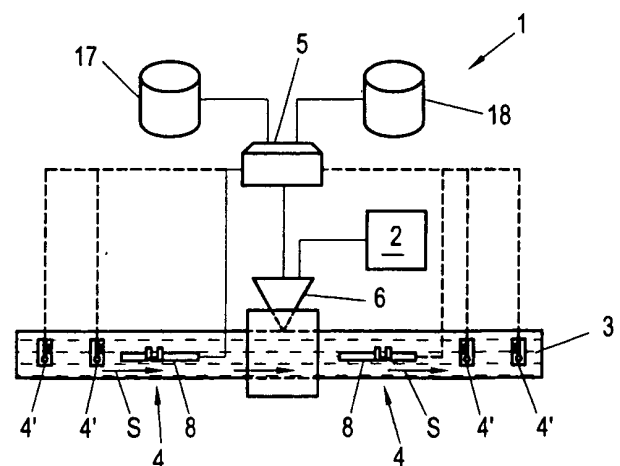


Fig. 4

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln in Flüssigkeiten zur Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit, wobei der zumindest eine Bestandteil der Flüssigkeit oder ein diesen Bestandteil charakterisierender Parameter über das Extinktionsspektrum der Flüssigkeit gemessen wird, und aufgrund der Messergebnisse der Einsatz der Betriebsmittel geregelt oder gesteuert wird.

Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln in Flüssigkeiten zur Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit, mit einer Einrichtung zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel, einer Einrichtung zur Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit zur Messung zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit oder eines diesen Bestandteil charakterisierenden Parameters, und mit einer mit der Festlegungseinrichtung und der Messeinrichtung verbundenen Regel- oder Steuereinrichtung zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes der Betriebsmittel in Abhängigkeit des zumindest eines gemessenen Bestandteils der Flüssigkeit oder eines diesen Bestandteil charakterisierenden Parameters.

Auf vielen Gebieten der Technik ist es notwendig, Flüssigkeiten zu überwachen und in Abhängigkeit der Messergebnisse verschiedene Schritte zu setzen. Beispielsweise ist es bei der Trinkwasserversorgung notwendig oder erwünscht, die Qualität des Wassers zu überprüfen und die Konzentration bestimmter Bestandteile zu beobachten und beispielsweise bei Überschreitung von vorgegebenen Grenzwerten der Konzentration von Bestandteilen Maßnahmen einzuleiten. Diese Maßnahmen können beispielsweise die Zugabe von Substanzen, durch welche die Konzentration der unerwünschten Bestandteile im Wasser reduziert werden kann oder auch den Einsatz mechanischer, elektrischer oder elektromagnetischer Energie, durch welche es zu einer Reduktion der unerwünschten Bestandteile der Flüssigkeit kommt, umfassen.

Neben der Überwachung der Zusammensetzung von Trinkwasser ist es auch häufig erforderlich, die Zusammensetzung von Abwässern zu überprüfen und bei Überschreitung bestimmter vorgegebener Grenzwerte für die Konzentrationen gefährlicher Bestandteile entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten bzw. Betriebsmittel einzusetzen. Ein Betriebsmittel kann in diesem Fall beispielsweise durch Nährstoffe für Mikroorganismen gebildet sein, welche die gefährlichen Bestandteile der Abwässer biologisch abbauen.

Schließlich werden bei vielen Herstellungsverfahren aus den unterschiedlichsten technischen Gebieten Flüssigkeiten eingesetzt, deren Zusammensetzung überwacht und beeinflusst werden muss.

Neben der Messung klassischer Parameter in Flüssigkeiten, wie z.B. pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit oder dgl., hat die spektrometrische Messung von Flüssigkeiten in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen. Die Spektrometrie nützt die Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Molekülen aus, um diese zu charakterisieren und in der Folge die Konzentration von gelösten Stoffen und Stoffen in Suspension in Flüssigkeiten zu bestimmen. Jedes Atom bzw. Molekül besitzt bestimmte diskrete Energieniveaus, die vom 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 stellt, kann das Photon absorbiert werden und das Atom bzw. Molekül geht in einen angeregten Zustand über. Auf diese Weise absorbieren Stoffe die Photonen mit ganz bestimmten Energien. Durch die Interaktion der Atome bzw. Moleküle untereinander werden die Anregungsenergien sozusagen „verschmiert“, und ein breites Spektrum an Photonenenergien kann zur Anregung führen und somit absorbiert werden. Welche Photonenenergie bzw. Wellenlänge in welchem Ausmaß absorbiert wird, ist charakteristisch für jedes Molekül und stellt somit eine Art Fingerabdruck des Moleküls dar, über den es identifiziert werden kann. Hier kann als Faustregel angegeben werden, dass große Moleküle tendenziell bei größeren Wellenlängen stark absorbieren, kleinere bei kleineren Wellenlängen. Da die

Extinktion oder Absorption vieler Bestandteile einer Flüssigkeit charakteristisch ist, kann aus einem gemessenen Extinktions- oder Absorptionsspektrum sehr spezifische Information über die Zusammensetzung der Flüssigkeit gewonnen werden.

5 Das Beer-Lambertsche Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen der Reduktion der ursprünglichen Lichtintensität mit der Konzentration der absorbierenden Substanz. Somit kann über das Beer-Lambertsche Gesetz die Konzentration des in der Flüssigkeit gelösten Stoffes aus Kenntnis der ursprünglichen Lichtintensität und der nach Durchtritt des Lichts durch die Flüssigkeit gemessene Intensität ermittelt werden. Im einfachsten Fall besteht ein derartiges  
10 Spektrometer aus einer Lichtquelle zur Aussendung von Licht bzw. Lichtimpulsen durch ein Messvolumen und einem Sensor, der normalerweise aus einem Licht-brechenden Element und einem Licht-empfindlichen Element besteht. Erweiterte Spektrometer können einen zweiten Lichtstrahl, der neben dem Messvolumen als Referenzstrahl geführt wird, beinhalten.

15 Bei der Untersuchung von Flüssigkeiten hat sich insbesondere die Spektrometrie im ultravioletten und/oder sichtbaren Wellenlängenbereich, vorzugsweise im Bereich zwischen etwa 200 bis 800 nm, als vorteilhaft erwiesen, da in diesem Bereich des Spektrums die Konzentrationen vieler Stoffe in Flüssigkeiten ermittelt werden können.

20 Eine miniaturisierte spektrometrische Sonde, welche direkt in die zu untersuchende Flüssigkeit eingebracht werden kann, ist beispielsweise aus der WO 01/46656 A1 bekannt.

Unter dem Begriff Betriebsmittel sind, wie bereits oben erwähnt, im gegenständlichen Fall sowohl Substanzen zu verstehen, welche mit jenem Bestandteil der Flüssigkeit reagieren, der  
25 gemessen wird und der üblicherweise unter einem bestimmten Grenzwert liegen sollte, oder Substanzen, die entsprechende Bedingungen herstellen, so dass die Beeinflussung des Bestandteils, der verändert werden soll, erfolgreich sein kann (z.B. Beigabe von Nährstoffen, so dass Mikroorganismen Stoffe abbauen können). Derartige Substanzen, welche sowohl feste, flüssige als auch gasförmige Stoffe umfassen, werden üblicherweise der Flüssigkeit beigegeben,  
30 um einen bestimmten Bestandteil der Flüssigkeit zu reduzieren, zu inaktivieren, zu binden oder dgl.. Unter den Begriff Betriebsmittel fällt jedoch auch der Einsatz verschiedener Energien, beispielsweise mechanischer oder elektrischer Energie, aufgrund derer der zumindest eine Bestandteil der Flüssigkeit beeinflusst werden kann. Beispielsweise kann es durch den Einsatz elektrischer Energie zu einer Reaktion mit einem bestimmten unerwünschten Bestandteil der  
35 Flüssigkeit und zu einer Umwandlung des unerwünschten in einen tolerierten Bestandteil kommen. Weiters können unter dem Begriff Betriebsmittel auch Änderungen der Durchflussgeschwindigkeit durch Steuerung oder Regelung einer Pumpe (z.B. beim Betrieb eines Filters) oder die Änderung der Temperatur durch Zufuhr von Wärme verstanden werden.

40 Unter den Begriff Bestandteil der Flüssigkeit fallen sämtliche gelöste und ungelöste Stoffe oder Stoffgruppen, welche in der Flüssigkeit gemessen werden können.

Bei herkömmlichen Verfahren und Vorrichtungen zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln in Flüssigkeiten zur Beeinflussung zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit  
45 wird häufig eine Analyse der Flüssigkeit im Labor vorgenommen und aufgrund der Messergebnisse der Einsatz eines Betriebsmittels beispielsweise die Zugabe einer bestimmten Menge einer Substanz festgelegt, welche bis zur nächsten Analyse der Flüssigkeit konstant gehalten wird. Zwischen den Zeitpunkten der Analyse der Flüssigkeit erfolgt keine Veränderung des Einsatzes der Betriebsmittel, wodurch es häufig zu einer Über- oder Unterdosierung der Betriebsmittel kommt. In der Praxis wird die Überdosierung von Betriebsmitteln vorgezogen um  
50 sicher die vorgegebenen Grenzwerte für bestimmte Bestandteile der Flüssigkeit einhalten zu können. Da der Einsatz von Betriebsmitteln jedoch üblicherweise mit teilweise sehr hohen Kosten verbunden ist, sollte die Menge an eingesetzten Betriebsmitteln möglichst gering gehalten werden. Außerdem können durch Überdosierung unter Umständen weitere unerwünschte  
55 Effekte, wie z.B. die Bildung schädlicher Stoffe, auftreten.

Schließlich kommt es bei vielen Anwendungen zu relativ starken Schwankungen der Zusammensetzung von Bestandteilen der Flüssigkeit, weshalb häufige Analysen der Flüssigkeit notwendig sind, welche wiederum einen hohen Aufwand bedeuten.

5 Zur Abhilfe existieren bereits Verfahren, welche bestimmte Parameter der Flüssigkeit, wie z.B. den pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, die Temperatur oder die Konzentration ausgewählter Bestandteile, die auf einfache Weise gemessen werden können, in kurzen Zeitabständen oder kontinuierlich erfassen und aufgrund der Messergebnisse den Einsatz der Betriebsmittel regeln oder steuern.

10

Dabei wird bei der so genannten „Feed Forward“-Strategie die Flüssigkeit vor dem Einsatz der Betriebsmittel analysiert und danach der Einsatz der Betriebsmittel in Abhängigkeit der Messergebnisse festgelegt.

15

Beim der so genannten „Feedback“-Strategie wird die Flüssigkeit nach dem Einsatz des Betriebsmittels, also beispielsweise im Strom einer Flüssigkeit hinter einer Einrichtung zur Beigabe einer Substanz analysiert und aufgrund der Messergebnisse der Einsatz des Betriebsmittels festgelegt. Diese Methode ist nicht ideal, da es insbesondere bei rasch auftretenden Änderungen der Zusammensetzung der Flüssigkeit zu häufig nicht unerheblichen Verzögerungen kommen kann, wodurch in der Folge die bestimmten Bestandteile der Flüssigkeit entweder unzureichend beeinflusst, insbesondere reduziert werden, oder mehr Betriebsmittel als notwendig eingesetzt werden muss, um sicher das Regelungsziel zu erreichen.

20

25

Durch eine kombinierte „Feed Forward“- und „Feedback“-Strategie kann das Ergebnis weiter verbessert werden, in den der nach der Dosierung des Betriebsmittels gemessene, das Behandlungsergebnis beschreibende Messwert zur automatischen Optimierung der Kalibration des für den Betriebsmitteleinsatz charakteristischen Parameters verwendet wird.

30

Wenn ein für den Betriebsmitteleinsatz uncharakteristischer Parameter als Messgröße für die Regelung bzw. Steuerung des Messbetriebsmitteleinsatzes verwendet wird, kann sowohl mit einer „Feed Forward“- als auch mit einer „Feedback“-Strategie kein optimaler Betriebsmitteleinsatz erreicht werden. Es gibt spezielle nicht spektrometrische Sensoren, die eine Messung des für den Betriebsmitteleinsatz charakteristischen Parameters erlauben, aber in der Prozessregelung oder -steuerung schlecht einsetzbar sind, da sie zu lange Ansprechzeiten haben (größer 35 30 min) und/oder häufige Wartung bzw. Instandhaltung benötigen und daher teuer im Betrieb sind und nicht verlässlich genug arbeiten.

40

Die WO 2002/088860 A2 betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung von chemischen Syntheseprozessen, wobei eine Probe aus dem Reaktionsgemisch entnommen wird und aus dieser ein, zur Konzentration einer Substanz im Verhältnis stehender Parameter bestimmt wird, und dieser Parameter durch Steuerung der Syntheseanlage entsprechend ausgewertet wird. Dabei kann die Konzentrationsbestimmung der Substanz durch die Messung ihrer Extinktion im UV/VIS-Spektrum erfolgen.

45

Die WO 97/001183 A1 betrifft ein Verfahren zum Steuern von Mischungen, wobei mittels Massenspektrometrie bzw. Gaschromatografie bestimmte Parameter gemessen werden. Die Massenspektrometrie bzw. Gaschromatografie unterscheidet sich wesentlich von der Messung des Extinktionsspektrums einer Flüssigkeit mit Hilfe spektrometrischer Sonden. Auch werden gemäß der WO 97/001183 A1 keine Flüssigkeiten, sondern Mischprodukte aus Mischausgangsmaterialien, welche jeweils Siedepunkte unter 350 °C haben, beschrieben.

50

55

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher in der Schaffung eines oben genannten Verfahrens und einer oben genannten Vorrichtung zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln in Flüssigkeiten zur Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit, durch welche der Einsatz der Betriebsmittel auf ein Minimum

reduziert werden kann und somit Kosten gespart werden können. Gleichzeitig sollen die vorgegebenen Ziele, d.h. beispielsweise die Einhaltung bestimmter Grenzwerte für die Konzentrationen bestimmter Bestandteile der Flüssigkeiten, möglichst genau eingehalten werden. Der Aufwand für das Verfahren bzw. die Vorrichtung soll möglichst gering sein. Nachteile bekannter Verfahren und Vorrichtungen sollen vermieden oder zumindest reduziert werden.

Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe in verfahrensmäßiger Hinsicht dadurch, dass zur Messung des zumindest einen Bestandteils der Flüssigkeit oder eines diesen Bestandteil charakterisierenden Parameters das aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit durch eine in der Flüssigkeit angeordnete spektrometrische Sonde gemessen wird, und aus dem gemessenen aktuellen Extinktionsspektrum anhand einer gespeicherten Korrelation des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter der aktuell erforderliche Einsatz der Betriebsmittel abgeleitet wird. Erfindungsgemäß werden nicht bzw. nicht nur klassische Parameter der Flüssigkeit oder Konzentrationen bestimmter Bestandteile der Flüssigkeit gemessen, sondern es wird ein Extinktionsspektrum der Flüssigkeit in einem bestimmten Wellenlängenbereich ermittelt, welches den für den Betriebsmitteleinsatz charakteristischen Parameter besser bzw. genauer beschreibt als jeder klassische Parameter, was zu einem enormen Informationszuwachs und in der Folge zu einer besseren bzw. genaueren Regelung bzw. Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln zur Erfüllung eines bestimmten Regelungsziels führt. Aus dem gemessenen aktuellen Extinktionsspektrum der Flüssigkeit kann der Einsatz der Betriebsmittel anhand einer gespeicherten Korrelation des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter der aktuell erforderliche Einsatz der Betriebsmittel abgeleitet werden. Im Gegensatz dazu sind die nach dem Stand der Technik verwendeten klassischen Parameter unspezifisch für den Betriebsmitteleinsatz, wohingegen die Funktion von Korrelationen, die auf den den Betriebsmitteleinsatz charakterisierenden Parametern aufbauen, sehr empfindlich gegenüber Änderungen der Zusammensetzung der Flüssigkeitsbestandteile, die eigentlich keine Auswirkung auf die Behandelbarkeit der Flüssigkeit haben, sind. Da es sich beim einzusetzenden Betriebsmittel nicht unbedingt um eine der Flüssigkeit beizugebende Substanz handeln muss, wurde der Begriff des den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameters eingeführt. Im Falle einer beizugebenden Substanz würde dieser Parameter beispielsweise die Konzentration oder Dosiergeschwindigkeit für diese Substanz bedeuten. Bei anderen Anwendungsgebieten kann dieser charakterisierende Parameter jedoch auch eine Zeiteinheit, Geschwindigkeit oder dgl. umfassen. Die gespeicherte Korrelation des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter wird beispielsweise unter Laborbedingungen oder anhand von einer ausreichenden Zahl von Messungen generiert und steht für den jeweiligen Anwendungsfall gespeichert zur Verfügung. Die Korrelation spiegelt die Reaktion des Einsatzes von Betriebsmitteln auf das Extinktionsspektrum der Flüssigkeit und das zu erreichende Ziel, beispielsweise die Reduktion der Konzentration eines Bestandteils in der Flüssigkeit, wider. Somit kann umgekehrt durch diese Korrelation aus dem aktuellen Extinktionsspektrum der Flüssigkeit in genauer und verlässlicher Weise der aktuell erforderliche Einsatz des Betriebsmittels festgelegt werden. Im Gegensatz zu bekannten Verfahren kann durch die Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit eine genauere Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln in Flüssigkeiten erzielt werden, wodurch in der Folge die eingesetzten Betriebsmittel reduziert und somit Kosten gespart werden können. Eine nach dem Stand der Technik übliche bewusste Überdosierung der Betriebsmittel ist nicht mehr erforderlich. Nachdem das Extinktionsspektrum der Flüssigkeit selektiver auf Änderungen der Zusammensetzung der Flüssigkeit reagiert, werden auch Missinterpretationen, wie sie bei der alleinigen Messung klassischer Parameter der Flüssigkeit auftreten können, vermieden. Dadurch, dass spektrometrische Sonden zur Messung des Extinktionsspektrums von Flüssigkeiten in miniaturisierter Bauweise erhältlich sind, können diese bei verschiedensten Verfahren optimal und mit relativ geringem Aufwand eingesetzt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich beim Extinktionsspektrum auch um ein reines Absorptionsspektrum handeln kann, wenn alle Faktoren zur Beeinflussung des Lichts durch die Flüssigkeit mit Ausnahme der Absorption

eliminiert oder kompensiert werden konnten.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass weitere Parameter der Flüssigkeit, wie z.B. pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit oder dgl., gemessen und bei der Bestimmung des aktuell erforderlichen Einsatzes der Betriebsmittel berücksichtigt werden. Zusätzlich zum Extinktionsspektrum der Flüssigkeit können derartige weitere klassische Parameter einen zusätzlichen Informationsgewinn und somit eine weitere Verbesserung der Regelung oder Steuerung bedeuten.

Die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter kann anhand von Referenzdaten vorgenommen werden. Derartige Referenzdaten können unter Laborbedingungen an einer möglichst großen Anzahl von Beispielen vorgenommen werden, um eine gute Korrelation zu erzielen. Als Ergebnis der Korrelation kann ein mathematischer Zusammenhang generiert werden, anhand dessen der Zusammenhang des aktuellen Extinktionsspektrums mit dem aktuell erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel, welcher zur Erreichung des Regelungsziels notwendig ist, generiert werden.

Dabei kann die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter aus Paaren von Extinktionsspektren der Flüssigkeit, allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit und zumindest dem den Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter berechnet werden. Bei dieser Variante der so genannten direkten Bestimmung der Korrelation wird ein Extinktionsspektrum der Flüssigkeit und allenfalls weitere Parameter der Flüssigkeit, wie beispielsweise pH-Wert und Temperatur, messtechnisch erfasst und ein exakt zu diesen Datensatz passender optimaler Wert eines bekannten Regelparameters durch ein anderes Verfahren bestimmt. Üblicherweise erfolgt die Bestimmung des Regelparameters mittels chemischer, physikalischer und/oder mikrobiologischer Analysemethoden im Laboratorium. Der erforderliche Einsatz der Betriebsmittel bzw. der optimale Wert eines Regelparameters ist jener bei dem mit minimalem Einsatz von Betriebsmitteln das vorgegebene Regelungsziel erreicht werden kann.

Alternativ dazu kann die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter auch aus Paaren von Extinktionsspektren der Flüssigkeit, allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit und zumindest einem die erforderliche Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit, charakterisierenden Parameter berechnet werden. Diese Variante der Erstellung einer Korrelation kann auch im laufenden Betrieb des Verfahrens vorgenommen werden, in dem vor dem Einsatz eines Betriebsmittels ein Extinktionsspektrum und die zu beeinflussende Eigenschaft (oder eine damit korrelierte Eigenschaft) der Flüssigkeit gemessen werden und danach auf Basis von Erfahrungswerten oder nach einer vorbestimmten Abstufung Betriebsmittel eingesetzt werden und das Ergebnis der Regelung über die zu beeinflussende Eigenschaft (oder eine damit korrelierte Eigenschaft) der Flüssigkeit gemessen wird. Je nach Ergebnis der Regelung wird der Einsatz der Betriebsmittel verändert, wodurch wiederum Paare an Extinktionsspektren und charakterisierende Parameter für das Regelergebnis bzw. die der erforderlichen Beeinflussung zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit geschaffen werden. Viele solcher Paare erlauben wiederum die Berechnung einer Korrelation, anhand derer aus dem aktuellen Extinktionsspektrum der aktuell erforderliche Einsatz der Betriebsmittel abgeleitet werden kann. Bei dieser alternativen Vorgangsweise kann großteils auf aufwändige und fehlerbehaftete Laboruntersuchungen verzichtet werden, die bei detaillierter Betrachtung des zu regelnden oder steuernden Verfahrens ohnehin meist einen Umweg darstellen, häufig historisch bedingt durch das Fehlen geeigneter prozessmesstechnisch erfassbarer Parameter. Anstelle auf im Labor ermittelte Werte zurückzugreifen, untersucht man in diesem Fall den Zusammenhang zwischen den gemessenen Größen und dem Regelparameter direkt im Prozess. Verfahrenstechnische Prozesse müssen in einem Bereich betrieben

werden, in dem zwischen Regelparameter und Behandlungsergebnis ein bekannter funktionaler Zusammenhang unterstellt werden kann, der unter Verwendung handelsüblicher Technologien zur prozesstechnischen Anwendung kommen kann und die Interpolation bzw. Extrapolation von Zuständen erlaubt. Ein Beispiel dafür ist ein Prozess, der durch Zugabe einer bestimmten Konzentration an Flockungsmitteln (Regelparameter) die Konzentration an organischen Stoffen im Wasser unter einen bestimmten Wert reduzieren will (Regelungsziel). Das Regelungsziel ist es, die Konzentration an organischen Stoffen im Wasser unter einen bestimmten Wert zu bringen (Regelungsziel). Der Prozess wird üblicherweise in einem Bereich betrieben, in dem die zugegebene Konzentration an Flockungsmitteln und die abgebaute Konzentration an organischen Stoffen in einem linearen Zusammenhang stehen. Dosierte man also beispielsweise 1 g/l Flockungsmittel und erhält eine Reduktion der Konzentration an organischen Stoffen um 2 g/l, so kann man, so lange man sich im vorgesehenen Anwendungsbereich des Flockungsmittels bewegt, davon ausgehen, dass bei Zugabe von 2 g/l Flockungsmittel die Konzentration an organischen Stoffen um 4 g/l sinkt. Dadurch ist es möglich, Daten für die Ermittlung des optimalen Regelparameters im laufenden Betrieb des Prozesses zu sammeln. Wie bei der bereits geschilderten direkten Bestimmung des Regelparameters werden im Zulauf der Anlage Spektren und zusätzliche Messgrößen (Temperatur, ...) in Echtzeit gemessen. Im Zulauf und im Ablauf der Anlage wird (auf spektrale oder auch auf andere Weise mit einem konventionellen Messgerät oder mit Laboranalysen) jene Größe gemessen, die das Regelungsziel bestimmt. Im Falle des Prozesses, bei dem Flockungsmittel zum Zwecke der Reduktion an organischen Stoffen dosiert werden, wäre dies die Konzentration an organischen Stoffen nach der Behandlung. Da der Prozess in Betrieb ist, wird der Zustand der Flüssigkeit durch den Regelparameter kontinuierlich beeinflusst (das wäre im gegebenen Beispiel die Bindung der organischen Stoffe durch das Flockungsmittel). Man kennt jetzt also den Wert des Regelparameters und seinen Effekt auf das Behandlungsergebnis. In diesem Beispiel könnte z.B. bei einer Messung im Zulauf eine Konzentration von 8 g/l und im Ablauf eine Konzentration von 4 g/l an organischen Stoffen gemessen werden. Die Änderung der Konzentration ist also 4 g/l. Ist das Regelungsziel eine Konzentration von höchstens 2 g/l (Regelungsziel), so hätte man nicht 4 g/l sondern 6 g/l, also 1,5 mal mehr organische Stoffe binden müssen um das Regelungsziel zu erreichen. Wenn zu diesem Zeitpunkt 2 g/l Flockungsmittel dosiert wurden, so kann man prognostizieren, dass man 1,5 mal 2 g/l also 3 g/l Flockungsmittel hätte hinzugeben müssen, um das Regelungsziel zu erreichen. Auf diese Weise erhält man also im laufenden Prozess korrekte Werte für den Regelungsparameter, die man mit den Messungen im Zulauf (Spektrum, Temperatur, pH-Wert...) korrelieren kann.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter automatisch vorgenommen wird. Beispielsweise können in einem automatisierten Vorgang verschiedenste Flüssigkeiten mit verschiedensten eingesetzten Betriebsmittel durchgemessen werden und auf diese Weise eine Matrix an Messdaten geschaffen werden, aus der die Korrelation berechnet wird.

Dabei hat sich die Vornahme der Korrelation nach dem so genannten PLS (Partial Least Square)-Verfahren als besonders vorteilhaft erwiesen. Dieses multivariate statistische Verfahren stellt eine gute Wahl zur Konstruktion eines der Regelung oder Steuerung zugrundeliegenden Prognosemodells dar.

Das aktuelle Extinktionsspektrum und allenfalls weitere Parameter der Flüssigkeit können vor dem Einsatz der Betriebsmittel gemessen werden. Diese Variante des Verfahrens stellt die bereits oben erwähnte so genannte „Feed Forward“-Strategie dar.

Alternativ dazu oder zusätzlich können das aktuelle Extinktionsspektrum und allenfalls weitere Parameter der Flüssigkeit auch nach dem Einsatz der Betriebsmittel gemessen werden. Dies stellt die bereits oben erwähnte so genannte „Feedback“-Strategie bzw. „Feed Forward“- und

„Feedback“-Strategie dar, womit das Behandlungsergebnis gemessen wird.

Vorteilhafterweise wird das aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit im ultravioletten und/oder sichtbaren Wellenlängenbereich, vorzugsweise im Bereich zwischen 200 und 800 nm, gemessen.

Um zeitliche Verzögerungen möglichst zu vermeiden, wird das aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit und allenfalls weitere Parameter der Flüssigkeit in vorgegebenen Zeitabständen gemessen. Dabei wird die Wahl der Zeitabstände an die jeweiligen Anwendungsfälle entsprechend angepasst. Die Zeitabstände können im Bereich von Sekunden aber auch im Bereich von Tagen oder dazwischen liegen. Somit werden Schwankungen der Zusammensetzung der Flüssigkeit unmittelbar erkannt und es kann aufgrund der Schwankungen sofort der Einsatz der Betriebsmittel entsprechend angepasst und somit der Einsatz der Betriebsmittel bei optimalem Behandlungsergebnis minimiert werden.

Das gemessene aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit kann auch kompensiert werden, so dass Einflüsse, wie z.B. die Trübheit der Flüssigkeit, eliminiert werden können. Dabei können verschiedene Kompensationsverfahren gemäß dem Stand der Technik zur Anwendung kommen. Durch Kompensation des Extinktionsspektrums kann beispielsweise das Absorptionsspektrum der Flüssigkeit resultieren.

Um einerseits eine Dokumentation der Messung zu ermöglichen und andererseits Erfahrungswerte zu sammeln, werden die gemessenen Extinktionsspektren und allenfalls weitere gemessene Parameter der Flüssigkeit und allenfalls zumindest ein den Einsatz der Betriebsmittel charakterisierender Parameter vorzugsweise gespeichert.

Um die Regelung oder Steuerung noch besser und in der Folge den Einsatz der Betriebsmittel noch weiter minimieren zu können, kann die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit mit dem Einsatz der Betriebsmittel in Abhängigkeit der gemessenen Beeinflussung, insbesondere Reduktion, zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit angepasst werden. Dabei wird das Ziel der Regelung oder Steuerung, d.h. meist die Reduktion eines Bestandteils der Flüssigkeit, erfasst und zur Anpassung der Kalibration herangezogen.

Wird beispielsweise das Regelungsziel regelmäßig übererfüllt, kann die Kalibration dahingehend korrigiert werden, dass der Einsatz der Betriebsmittel entsprechend reduziert wird, bis das Regelungsziel gerade noch erfüllt wird.

Gelöst wird die erfindungsgemäße Aufgabe auch durch eine oben genannte Vorrichtung, wobei zumindest eine Messeinrichtung durch eine in der Flüssigkeit anordenbare spektrometrische Sonde zur Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit gebildet ist, und weiters ein mit der Regel- und Steuereinrichtung verbundener Speicher zum Speichern zumindest einer Korrelation des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter vorgesehen ist, so dass der aktuell erforderliche Einsatz der Betriebsmittel aus dem aktuellen Extinktionsspektrum der Flüssigkeit anhand dieser gespeicherten Korrelation ableitbar ist. Somit kann durch die Messung des Extinktionsspektrums zusammen mit der gespeicherten Korrelation der Einsatz der Betriebsmittel genau geregelt oder gesteuert und somit der Einsatz der Betriebsmittel minimiert werden.

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist allenfalls zumindest eine Einrichtung zur Messung weiterer klassischer Parameter der Flüssigkeit, wie z.B. pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit oder dgl., vorgesehen, welche Messeinrichtung mit der Regel- und Steuereinrichtung verbunden ist. Wie bereits oben erwähnt, können derartige weitere Parameter einen Gewinn an Information bedeuten, wodurch die Regelung oder Steuerung noch genauer erfolgen kann.



Zumindest eine spektrometrische Sonde und allenfalls Einrichtungen zur Messung weiterer Parameter der Flüssigkeit können nach der „Feed Forward“-Strategie vor der Einrichtung zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel oder bzw. und nach der „Feedback“-Strategie auch nach der Einrichtung zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel angeordnet sein.

5

Zumindest eine spektrometrische Sonde ist vorzugsweise zur Messung des Extinktionsspektrums im ultravioletten und/oder sichtbaren Wellenlängenbereich, vorzugsweise im Bereich zwischen 200 und 800 nm, ausgebildet. Wie bereits oben erwähnt, können in diesem Wellenlängenbereich sehr charakteristische Extinktionsspektren von Flüssigkeitsbestandteilen beobachtet werden.

10

Zu Dokumentationszwecken oder zur Sammlung von Erfahrungswerten kann ein Speicher zum Speichern der Extinktionsspektren, allenfalls weiterer gemessener Parameter der Flüssigkeit und allenfalls zumindest einem den Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter vorgesehen sein.

15

Wenn gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung Mittel zur Veränderung bei gespeicherter Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit mit zumindest einem den Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter vorgesehen sind, kann aufgrund von Messergebnissen eine Beeinflussung der Korrelation und in der Folge eine noch bessere Regelung oder Steuerung des Einsatzes der Betriebsmittel vorgenommen werden. Diese Veränderungsmittel können beispielsweise durch Parameter, mit denen die Korrelation bzw. der mathematische Zusammenhang zwischen Extinktionsspektrum und Einsatz der Betriebsmittel verändert werden kann, realisiert werden.

20

Dabei sind die Veränderungsmittel vorzugsweise mit einer Einrichtung zur Erfassung der Beeinflussung zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit verbunden. Somit kann direkt vom erreichten Ziel der Regelung oder Steuerung, beispielsweise der Reduktion eines bestimmten Bestandteils in der Flüssigkeit auf die Korrelation zur Ermittlung des aktuell erforderlichen Einsatzes der Betriebsmittel Einfluss genommen werden.

25

Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist ein Mittel zur Auswahl einer aus mehreren gespeicherten Korrelationen des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter vorgesehen. Nach dieser Variante können mehrere Korrelationen gespeichert sein, aus welchen je nach Anwendung eine bestimmte Korrelation ausgewählt wird. Beispielsweise kann dadurch auf geänderte Zielvorgaben, d.h. beispielsweise auf geänderte Grenzwerte, für die Konzentration bestimmter Bestandteile in der Flüssigkeit reagiert und eine entsprechend angepasste Korrelation ausgewählt werden.

30

Je nach Anwendungsfall können die Betriebsmittel durch eine der Flüssigkeit beizugebende Substanz durch Nährstoffe für Mikroorganismen, durch Filter oder durch chemische und/oder physikalische Adsorptionsmittel oder dgl. und die Einrichtung zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel durch Dosieranlagen für das Substrat, die Nährstoffe, die chemischen und/oder physikalischen Adsorptionsmittel oder auch durch Einrichtungen zur Festlegung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit durch ein Filter oder Reinigungsmaßnahmen des Filters oder dgl. gebildet sein.

35

Die vorliegende Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

40

Fig. 1 zwei Varianten eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln in Flüssigkeiten zur Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils der Flüssigkeit nach dem Stand der Technik;

45

Fig. 2 den prinzipiellen Aufbau einer spektrometrischen Sonde;

50

55

Fig. 3 ein beispielhaftes Extinktionsspektrum einer Flüssigkeit;

Fig. 4 den prinzipiellen Aufbau einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

5 Fig. 5 den zeitlichen Verlauf der Menge eines beigegebenen Betriebsmittels bei einem Anwendungsfall gemäß einem herkömmlichen und dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Fig. 1 zeigt zwei Schemata eines Verfahrens zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln in Flüssigkeiten nach dem Stand der Technik mit einer Vorrichtung 1 zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes eines Betriebsmittels 2 in einer Flüssigkeit 3. Die Flüssigkeit 3 verläuft entsprechend den Pfeilen S entlang eines Rohres oder dgl. im dargestellten Beispiel von links nach rechts. Die Vorrichtung 1 zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes der Betriebsmittel 2 umfasst eine Einrichtung 4 zur Messung eines bestimmten Parameters in der Flüssigkeit 3, beispielsweise des pH-Werts, der Temperatur, der elektrischen Leitfähigkeit oder dgl.. Natürlich können auch mehrere Einrichtungen 4 zur Messung verschiedener Parameter vorgesehen sein (nicht dargestellt). Die Messeinrichtung 4 ist mit einer Regel- oder Steuereinrichtung 5 verbunden, die wiederum mit einer Einrichtung 6 zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel 2 verbunden ist. Beispielsweise kann es sich bei einem Betriebsmittel 2 um eine Substanz handeln, die in einem Vorratsbehälter 7 gelagert ist, und mit einer als Dosiereinrichtung ausgebildeten Einrichtung 6 zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel 2 verbunden ist. Je nach Messwert, der mit der Messeinrichtung 4 erfasst wird, regelt oder steuert die Regel- oder Steuereinrichtung 5 die Einrichtung 6 zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel 2 entsprechend, so dass ein gewünschter Effekt oder ein gewünschtes Ziel der Regelung oder Steuerung, beispielsweise die Reduktion eines Bestandteils in der Flüssigkeit 3, eintritt.

25 Der obere Teil der Fig. 1 zeigt das Prinzip der so genannten „Feed Forward“-Strategie, bei der die Flüssigkeit 3 vor dem Einsatz des Betriebsmittels 2 durch die Messeinrichtung 4 analysiert wird. Bei diesem Prinzip wird der Einsatz des Betriebsmittels 2 durch entsprechende Vorschriften in der Regel- und Steuereinrichtung 5 vorgegeben, ohne dass der wirklich erzielte Effekt, d.h. beispielsweise die Reduktion eines Bestandteils X in der Flüssigkeit 3 nach dem Einsatz des Betriebsmittels 2 überprüft wird.

30 Beim Verfahren im unteren Teil der Fig. 1, der so genannten „Feedback“-Strategie, wird die Flüssigkeit 3 nach dem Einsatz des Betriebsmittels 2 durch eine entsprechende Messeinrichtung 4 analysiert und in Abhängigkeit der analysierten Messwerte die Regel- und Steuereinrichtung 5 und in der Folge die Einrichtung 6 zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel 2 angesteuert. Dieses Verfahren weist den Nachteil auf, dass auf Schwankungen der Zusammensetzung der Flüssigkeit 3 nur mit einer zeitlichen Verzögerung reagiert werden kann. Kombinationen beider Methoden, d.h. der „Feed Forward“- und „Feedback“-Strategie, sind auch denkbar, lösen jedoch die in der Praxis auftretenden Probleme nicht vollständig, da die gemessenen Parameter zu unspezifisch sind.

35 Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer spektrometrischen Sonde 8, umfassend eine Lichtquelle 9, deren Lichtstrahl durch entsprechend angeordnete Fenster 10, 11, 12 durch einen Messbereich 13 gelenkt wird, in dem sich die zu analysierende Flüssigkeit 3 befindet. Die empfangenen Lichtstrahlen werden von einem Detektor 14 erfasst und entsprechend ausgewertet. Auf der linken Seite der Fig. 2 wird zu Referenzzwecken ein Referenzlichtstrahl außerhalb des Messbereichs 13 zum Detektor 14 geschickt. Zum Lenken der Lichtstrahlen sind entsprechende Optiken 15, 16 angeordnet, auf die nicht näher eingegangen wird.

50 Fig. 3 zeigt ein typisches Extinktionsspektrum einer Flüssigkeit im ultravioletten und sichtbaren Wellenlängenbereich. Dabei ist die Absorption in Abhängigkeit der Wellenlänge  $\lambda$  aufgetragen. Wie bereits oben erwähnt, wird die Charakteristik des Extinktionsspektrums durch Veränderung verschiedenster Parameter oder Bestandteile bzw. Zusammensetzungen der Flüssigkeit verändert, wodurch aus dem Extinktionsspektrum auf die Zusammensetzung der Flüssigkeit 3 rückgeschlossen werden kann.

55

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der Vorrichtung 1 zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln 2 in Flüssigkeiten 3, wobei die Einrichtung 4 zur Messung von Parametern der Flüssigkeit 3 durch zumindest eine spektrometrische Sonde 8 gebildet ist. Die spektrometrische Sonde 8 erfasst das Extinktionsspektrum der Flüssigkeit 3 vor oder bzw. und nach der Einrichtung 6 zur Festlegung des erforderlichen Einsatzes der Betriebsmittel 2. Die spektrometrischen Sonden 8 sowie allenfalls weitere Messeinrichtungen 4' zur Messung weiterer Parameter der Flüssigkeit 3, wie z.B. pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit oder dgl., sind mit der Regel- oder Steuereinrichtung 5 verbunden, in der das aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit 3 mit einer in einem Speicher 17 abgelegten Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit 3 mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel 2 charakterisierenden Parameter verglichen wird bzw. anhand einer entsprechenden mathematischen Vorschrift der Einsatz der Betriebsmittel 2 abgeleitet wird und an die Einrichtung 6 zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel 2 weitergeleitet wird. Die zumindest eine in der Flüssigkeit 3 befindliche spektrometrische Sonde 8 ermittelt „online“ die Zusammensetzung der Flüssigkeit 3 vor und bzw. oder nach der Einrichtung 6 zur Festlegung des erforderlichen Einsatzes der Betriebsmittel 2 und liefert mit dem Extinktionsspektrum eine gegenüber herkömmlichen Verfahren wesentlich höhere Informationsdichte, aufgrund derer eine bessere Regelung oder Steuerung und somit ein minimierter Einsatz an Betriebsmitteln 2 bei optimalem Regelergebnis resultiert. In der Regel- oder Steuereinrichtung 5 wird anhand gespeicherter Vorschriften aus dem aktuellen Extinktionsspektrum beispielsweise die notwendige Menge an einer beizugebenden Substanz ermittelt. Da das Extinktionsspektrum besser auf Schwankungen der Zusammensetzung der Flüssigkeit 3 reagiert, kann auch rascher und genauer auf Veränderungen der Flüssigkeit 3 reagiert werden und somit eine Überdosierung der Betriebsmittel 2 vermieden werden.

Zur Vornahme der Korrelation des Extinktionsspektrums mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter werden beispielsweise verschiedene Zusammensetzungen von Flüssigkeiten 3 mit verschiedenen Mengen an Betriebsmitteln 2 versetzt und die Reaktion, beispielsweise die Reduktion eines bestimmten Bestandteils X in der Flüssigkeit 3, gemessen. Dies erfolgt beispielsweise unter Laborbedingungen in manueller oder automatisierter Weise. Aus den resultierenden Daten kann eine Korrelation zwischen dem Extinktionsspektrum der Flüssigkeit und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit, wie z.B. pH-Wert, Temperatur oder elektrische Leitfähigkeit, und zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel charakterisierenden Parameter berechnet werden, und somit ein mathematischer Zusammenhang zwischen dem Extinktionsspektrum und des erforderlichen Einsatzes der Betriebsmittel 2 hergestellt werden. Beispielsweise werden sich bei einem bestimmten Bestandteil X in der Flüssigkeit 3 bestimmte Wellenlängen im Extinktionsspektrum besonders ändern, so dass aufgrund von Veränderungen bei diesen Wellenlängen oder Wellenlängenbereichen im Extinktionsspektrum auf die Konzentration des bestimmten Bestandteils X in der Flüssigkeit 3 rückgeschlossen und somit der Einsatz des Betriebsmittels 2, welcher zur Reduktion dieses Bestandteils X führt, genau festgelegt werden.

Fig. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Menge eines eingesetzten Betriebsmittels nach einem herkömmlichen und dem erfindungsgemäßen Verfahren, wobei die Kurve A den Verlauf gemäß dem herkömmlichen Verfahren und die Kurve B den Verlauf gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zeigt. Deutlich erkennbar ist, dass die Menge an eingesetztem Betriebsmittel beispielsweise der Flüssigkeit beigegebenen Substanz deutlich reduziert werden kann.

Im Folgenden werden noch einige Anwendungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Dabei immer davon ausgegangen, dass ein Extinktionsspektrum der Flüssigkeit im ultravioletten und/oder sichtbaren Wellenlängenbereich und eventuell zusätzlich klassische Parameter der Flüssigkeit von anderen Messinstrumenten aufgenommen wird.

### 1. Wasserverschmutzungsabhängige Dosierung von Nährstoffen

In Klär- und Wasseraufbereitungsanlagen werden Mikroorganismen verwendet um Schmutz- und Schadstoffe abzubauen. Diese Mikroorganismen benötigen ausreichend Nährstoffe, die im richtigen Verhältnis zueinander stehen müssen. Bei gewissen Abbauprozessen sind ein Teil dieser Nährstoffe genau jene Schmutzstoffe, die in den Klär- und Wasseraufbereitungsanlagen primär abgebaut werden sollen. Stimmt dann das Verhältnis der verschiedenen Nähr- bzw. Schmutzstoffe zueinander nicht, so wird die Menge an Mikroorganismen, die im zu reinigenden Wasser leben kann durch den im Mangel vorhandenen Nährstoff begrenzt (das Liebig'sche Gesetz vom Minimum), während der im Überfluss vorhandene Nährstoff nicht zur Gänze aufgebraucht werden kann und daher als Schmutzstoff im Wasser verbleibt. Wenn man einen möglichst vollständigen Abbau der Schmutz- und Schadstoffe erreichen will muss man daher jene Nährstoffe, von denen im Wasser zu wenig vorhanden ist, ergänzen. Es ist in diesem Fall besonders wichtig, möglichst genau über das Nährstoffangebot und den Nährstoffbedarf Bescheid zu wissen, da zu hoch dosierter Nährstoff nicht nur verschwendet und damit unnötige Kosten verursachen würde, sondern auch nach dem Prozess übrig bleiben und damit selbst zum Schadstoff werden würde.

Bei bestimmten Anwendungen ist typischerweise ein Mangel an immer dem selben Nährstoff vorhanden. Im Abwasser von Papierfabriken ist beispielsweise organischer Kohlenstoff in hoher Konzentration, aber sehr wenig Stickstoff und Phosphor enthalten, weshalb beide Nährstoffe zudosiert werden müssen um eine effektive biologische Abwasserreinigung zu gewährleisten. Es ist bei anderen Anwendungen aber auch möglich, dass einzelne oder mehrere andere Nährstoffe zudosiert werden müssen, um ein für die Verschmutzungsreduzierenden Organismen ausgewogenes Nährstoffverhältnis herzustellen.

Üblicherweise wird die Konzentration der Schmutz-, Schad- und Nährstoffe durch Probenahme und Vermessung im Labor bestimmt. Aus der gewonnenen Information wird die im Zeitverlauf nächstfolgende Dosiereinheit von Nährstoffen oder anderen Betriebsmitteln bestimmt. Diese Methode hinkt naturgemäß immer der Prozessdynamik nach, das heißt, es kommt, bei Sicherstellung der Einhaltung der erlaubten Grenzwerte, zu einer systematischen Überdosierung von Betriebsmitteln.

Zur Ermittlung des Bedarfs an einem einzelnen Nährstoff werden im Prozess zu verschiedenen Zeitpunkten (die möglichst repräsentativ für die verschiedenen Betriebszustände im Prozess sein sollten) Wasserproben genommen und zum gleichen Zeitpunkt werden ein Extinktionsspektrum des Wassers und eventuell zusätzliche Parameter, die Einfluss auf die Aktivität der Mikroorganismen und damit die Effektivität des Schadstoffabbaus haben (pH-Wert und Temperatur) erfasst. Im Labor wird dann ermittelt, wie groß der Nährstoffmangel ist indem man z.B. den Schmutzstoffabbau des Prozesses in entnommenen Proben simuliert. Die Probe wird auf mehrere Behälter aufgeteilt, denen Mikroorganismen, in Konzentration und Art dem Prozess entsprechend, und verschiedene Dosen an Nährstoff hinzugefügt werden. Unter ansonsten konstant gehaltenen Bedingungen wird nach einer durch den simulierten Prozess definierten Zeitspanne überprüft, ob das Regelungsziel erreicht wurde, d.h. ob die Verschmutzung bis unter den vorher festgesetzten Grenzwert abgebaut wurde. Der relative Nährstoffbedarf ist dann die geringste relative Dosierung (Nährstoff pro Liter Wasser) an Nährstoff, mit der die Verschmutzung so weit abgesenkt werden konnte, dass das Regelungsziel gerade noch erreicht wurde. Der absolute, im Prozess zu dosierende Nährstoffbedarf kann durch Messung des Durchflusses im Prozess aus dem relativen Nährstoffbedarf hochgerechnet werden. Für den Fall der Zudosierung von mehreren Nährstoffen kann dieses Konzept erweitert werden, indem den Proben verschiedene Kombinationen von Nährstoffmengen zugesetzt werden. Nach der prozessdefinierten Reaktionszeit wird von jenen Teilproben, bei denen das Regelungsziel erreicht wurde, jene ausgesucht, die die günstigste Kombination an Zudosierungen aufweist. Als günstigste Kombination wird in den meisten Fällen wohl jene angesehen werden, die am wenigsten kostet, es sind jedoch auch andere Gesichtspunkte denkbar, die andere Kriterien für die Beurteilung festlegen. Die in der günstigsten Teilprobe zudosierten Nährstoffkonzentrationen entsprechen den Werten für den relativen Nährstoffbedarf der einzelnen Nährstoffe. Aus dem

mit diesem relativen Nährstoffbedarf am besten korrelierenden Spektralbereich wird der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter" berechnet, wobei pH-Wert und fallweise andere Messgrößen bei Bedarf mit berücksichtigt werden können. Durch Messung des Durchflusses kann daraus der absolute Nährstoffbedarf hochgerechnet werden.

Der/die Wert(e) für die Dosierung des im Mangel vorliegenden Nährstoffs ist/sind in diesem Fall also der Regelparameter, während der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter", pH Wert und fallweise andere Messgrößen, und im Prozess zusätzlich der Durchfluss die erfassten Messgrößen sind.

### 2. Dosierung von Flockungsmitteln in Wasseraufbereitungsanlagen

Ein wichtiger Schritt in der Wasseraufbereitung ist die Entfernung von organischen Stoffen und Partikeln im Wasser. Das Spektrum an im Wasser vorkommenden organischen Stoffen ist sehr groß - von kleinmolekularen organischen Verbindungen wie z.B. Pestiziden bis zu großmolekularen wie Huminsäure. Dementsprechend gibt es auch nicht eine einzige Methode, die für die Entfernung von allen Arten von organischen Stoffen optimal ist. Großmolekulare organische Verbindungen können gut durch Zugabe von Flockungsmitteln ausgefällt und anschließend durch Absetzen oder Ausfiltern entfernt werden. Bei diesem Prozess gilt es den Flockungsmittelbedarf zu bestimmen. Der Flockungsmittelbedarf ist die kleinste Dosis an Flockungsmittel, die ausreicht die Konzentration der organischen Stoffe im Wasser unter einen festgelegten Wert zu bringen. Der Flockungsmittelbedarf hängt vom Durchfluss durch die Anlage, von Anteil und Art der ausflockbaren organischen Verbindungen im Wasser, vom pH-Wert und fallweise von anderen Messgrößen des Wassers ab. Der Durchfluss durch die Anlage und konventionelle physikalische Messgrößen sind mit traditionellen Messgeräten erfassbar; Anteil und Art der ausflockbaren organischen Verbindungen im Wasser sind im Extinktionsspektrum des Wassers erkennbar.

Der Flockungsmittelbedarf kann nach Entnahme von Proben im Labor nach einer verbreiteten Methode bestimmt werden. Dabei wird die Wasserprobe auf verschiedene Behälter aufgeteilt und jedem Behälter eine andere Dosis Flockungsmittel zugesetzt. Nach einer Reaktionszeit wird die Konzentration an organischen Verbindungen in den einzelnen Behältern gemessen. Die Teilprobe, bei der die Konzentration mit der geringsten Menge an Flockungsmittel gerade noch unter den erforderlichen Wert gebracht werden konnte, bestimmt den relativen Flockungsmittelbedarf (Flockungsmittel pro Liter Wasser).

Aus dem mit diesem relativen Flockungsmittelbedarf am besten korrelierenden Spektralbereich wird der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter" berechnet, wobei pH-Wert und fallweise andere Messgrößen bei Bedarf mit berücksichtigt werden können.

Durch Messung des Durchflusses kann daraus der absolute Flockungsmittelbedarf hochgerechnet werden.

Der Flockungsmittelbedarf ist in diesem Fall also der Regelparameter, während der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter", pH Wert und fallweise andere Messgrößen, sowie im Prozess die Durchflussmenge die Messgrößen sind.

### 3. Bedarfsoptimierte Beigabe von Desinfektionsmitteln

In Wasseraufbereitungs- und Kläranlagen werden oft Desinfektionsmittel (wie z.B. Ozon, Chlor, Bestrahlung mit UV Licht (UV Licht wird im Folgenden als Desinfektionsmittel bezeichnet und mit Menge an Desinfektionsmittel ist in diesem Fall die Energie des Lichtes gemeint), und andere Gase und Flüssigkeiten zugegeben um schädliche Mikroorganismen zu zerstören. Die Anzahl und Art der Mikroorganismen lässt sich nicht kontinuierlich überwachen, weshalb durch Kombination von sporadischen Labormessungen und einer systematischen Überdosierung eine ausreichende hygienische Sicherheit erreicht wird: Wenn man den genauen Desinfektionsmit-

telbedarf (also die geringste Dosis an Desinfektionsmittel, welche die sichere und nachhaltige Zerstörung der Mikroorganismen sicherstellt) nicht kennt muss man das Desinfektionsmittel überdosieren. Das ist aus zwei Gründen nachteilig. Erstens führt die Überdosierung zu einem unnötig hohen Verbrauch an Desinfektionsmittel und damit zu unnötig hohen Kosten, zweitens wird durch die Überdosierung die Bildung von Desinfektionsnebenprodukten gefördert. Das sind gesundheitsschädliche (krebserregende) chemische Verbindungen, die beim Abbau von organischen Stoffen durch Reaktion mit dem Desinfektionsmittel entstehen.

Das zu desinfizierende Rohwasser ist zumeist natürlichen Ursprungs und enthält ein breites Spektrum an organischen und mineralischen Substanzen unterschiedlichster chemischer Eigenschaften, welche zum Teil leicht und zum Teil schwerer oxidierbar sind. Bei der Desinfektion ist es nicht das Ziel, diese Substanzen zu oxidieren oder abzubauen, sondern es sollten möglichst nur die Mikroorganismen zerstört werden, damit es nicht zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten wie oben beschrieben kommt. Da die Zusammensetzung der organischen Substanzen und Mikroorganismen im Wasser ständig variiert, ändert sich auch die Behandelbarkeit durch Desinfektionsmittel, und es ändert sich auch das Potential zur Bildung von Desinfektionsnebenprodukten ständig und üblicherweise in großem Ausmaß. Eine Änderung dieses Potentials über die Zeit im Verhältnis 1:5 wäre nicht ungewöhnlich, weshalb bei nicht geregelten Anlagen eine zeitweise Überdosierung im Verhältnis 5:1 vorkommen kann.

Manchmal wird die Menge an zugegebenem Desinfektionsmittel mittels klassischer Parameter wie Trübung oder TOC (Total Organic Carbon), gesteuert, welche als unspezifische Umweltbedingungen für Mikroorganismen angesehen werden und daher mit deren Konzentration korrelieren sollen. Trübung kann durch nicht gelöste mineralische oder organische Stoffe oder durch Mikroorganismen hervorgerufen werden. Mineralische Trübstoffe können in hoher Konzentration ganz ohne Begleitung von Mikroorganismen auftreten und damit keine Gefahr darstellen, wobei die Messung der nephelometrischen Trübung als Stand der Technik keinen Hinweis auf die Ursache und Art der Trübung gibt. Die Auswertung des Lichtspektrums im sichtbaren Wellenlängenbereich, in erster Linie durch mathematische Anpassung des gemessenen Trübungsspektrums mittels etablierter Methoden, z.B. Methode der geringsten quadratischen Abweichung, an die als bekannt vorausgesetzten Spektren der beschriebenen Trübungsverursacher, vereinfacht dargestellt durch ein Polynom dritter Ordnung, und Ermittlung der Kenngrößen dieses Polynoms, lässt sich nach Stand des Wissens die Art und Konzentration der Trübung errechnen weshalb durch Verwendung eines entsprechenden Spektralalgorithmus eine höhere Korrelation mit der Mikroorganismendichte möglich ist als mittels einfacher nephelometrischen Trübungsmessung, wodurch im Sinne dieser Erfindung Desinfektionsmittel vorausschauend optimal zudosiert werden kann.

Weiters ist nur ein kleiner Teil des gelösten TOC als Nährstoffgrundlage für Mikroorganismen anzusehen. Dieser Anteil ist wiederum durch Fraktionierung im UV Spektrum isolierbar, was durch kein anderes kontinuierliches Verfahren erreicht werden kann. Der entsprechende Spektralbereich korreliert zwar nicht analytisch-quantitativ, aber doch wesentlich strenger mit der Konzentration an Mikroorganismen als andere kontinuierliche Verfahren und kann daher ebenfalls als relativ genauer Regelungsparameter zur exakten Dosierung des Desinfektionsmittels verwendet werden.

Wenn Daten und Referenzdaten über einen ausreichend langen Zeitraum zur Verfügung stehen, so kann ein Kombinationsparameter ermittelt werden, welcher sowohl den Charakter der Trübung als auch die Zusammensetzung des organischen Kohlenstoffs berücksichtigt und daher für jede vorkommende Zusammensetzung des Rohwassers einen guten Regelungsparameter ergibt.

Der Desinfektionsprozess hängt nicht nur von der ursprünglichen Zusammensetzung des Wassers ab, sondern auch von pH-Wert, Temperatur und fallweise anderen Messgrößen des Wassers, die mit herkömmlichen Messgeräten bestimmt werden können.

Eine Korrelation zwischen Extinktionsspektrum, pH-Wert, Temperatur und dem Desinfektionsmittelbedarf kann auf folgende Weise bestimmt werden. Zu verschiedenen Zeitpunkten, die möglichst repräsentativ für die verschiedenen Betriebszustände des Desinfektionssystems sein sollen, wird eine Rohwasserprobe genommen und pH-Wert, Temperatur und ein Extinktionsspektrum werden gemessen. Für jede Wasserprobe wird der Desinfektionsmittelbedarf festgestellt, indem die Probe aufgeteilt und jeder Teil mit verschiedenen Desinfektionsmitteldosen behandelt wird. Nach einer Reaktionszeit wird bei jedem Teil der Desinfektionserfolg überprüft. Die Desinfektion war erfolgreich, wenn die Zahl an Mikroorganismen unter dem geforderten Wert liegt. Die geringste relative Desinfektionsmitteldosis, die gerade noch zum Erfolg geführt hat, ist der relative Desinfektionsmittelbedarf (Desinfektionsmittel pro Liter Wasser).

Aus dem mit diesem relativen Desinfektionsmittelbedarf am besten korrelierenden Spektralbereich wird der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter" berechnet, wobei pH-Wert und fallweise andere Messgrößen bei Bedarf mit berücksichtigt werden können.

Durch Messung des Durchflusses kann daraus der absolute Desinfektionsmittelbedarf hochgerechnet werden.

Der Desinfektionsmittelbedarf ist in diesem Fall also der Regelparameter, während der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter", pH-Wert und fallweise andere Messgrößen, und im Prozess die Durchflussmenge die Messgrößen sind.

Man kann dieses Verfahren noch um eine Prognose für die Menge an entstehenden Desinfektionsnebenprodukten erweitern. Dazu muss man in jenem Teil der desinfizierten Wasserproben, der für die Korrelation des Desinfektionsmittelbedarfs verwendet wurde (also in jenem Teil, der mit der geringsten Desinfektionsmitteldosis erfolgreich desinfiziert wurde) die Konzentration der erzeugten Desinfektionsnebenprodukte messen. Durch Korrelation mit den bekannten Parametern Extinktionsspektrum, Temperatur und pH Wert erhält man eine Prognosemöglichkeit für die zu erwartende Konzentration an Desinfektionsnebenprodukten nach der Desinfektion, und in der Folge die Konzentration der „Vorläufersubstanzen von Desinfektionsnebenprodukten“. Dadurch kann man überprüfen, ob die Konzentration an Desinfektionsnebenprodukten nach der Desinfektion im erlaubten Bereich liegen wird, und diesen Regelwert zur Bestimmung der Dosis verwenden. Da der Desinfektionsprozess (und damit die Menge an produzierten Desinfektionsnebenprodukten) vom pH-Wert abhängig ist kann durch Änderung des pH-Wertes gegebenenfalls gegengesteuert werden.

Bei Desinfektion durch elektromagnetische Strahlung führt die Schwächung des Lichtes durch Ablenkung an suspendierten oder kolloidalen Teilchen zu einem Nachlassen der Desinfektionswirkung mit dem Abstand von der Strahlungsquelle, weshalb zusätzlich zum Desinfektionsmittelbedarf des Rohwassers die Konzentration dieser Teilchen und damit die Schwächung des Lichtes überwacht werden kann.

#### *4. Vorhersage von Filterverschmutzungsgrad*

Die Verwendung von Ultrafiltration und Nanofiltration in Wasseraufbereitung zur Entfernung von gelösten Substanzen findet immer häufiger Anwendung, sowohl in der Abwasserbehandlung, als auch in der Trinkwasseraufbereitung. Hauptsächlich kleine Anlagen und Industrieanlagen bei denen sehr hohe Anforderungen an Wasserqualität üblich sind, verwenden diese neue Technologie. Bei dieser Art von Filtration wird Wasser unter Druck durch eine Membran gepresst. Während dieses Prozesses entstehen zwei unterschiedliche Arten von Verschmutzung auf der Rohwasserseite der Membran: „Scaling“ und „Fouling“. „Scaling“ ist das Ausfallen von Mineralien, „Fouling“ ist das Wachsen von Mikroorganismen auf der Membran. „Fouling“ wird hauptsächlich durch die organischen Substanzen im Wasser bestimmt, weil diese als Nährstoffe für die Mikroorganismen dienen. Diese Verschmutzung der Membran ist ein wichtiger Prozessparameter, weil sie dazu führt dass der Widerstand der Membran ansteigt und letztendlich die

Membranmodule nicht mehr ökonomisch betrieben werden können und gereinigt oder komplett getauscht werden müssen. Zeitliche Rückflussspülung und/oder Spülung mit Reinigungsmitteln, wie Salzsäure, können die Verschmutzung (teilweise) wieder entfernen. Der richtige Zeitpunkt zum Reinigen ist aber derzeit nicht ohne Zerlegung der Membran zu bestimmen. Zu spätes  
5 Reinigen bedeutet, dass mehr Energie als notwendig verbraucht wird um das Wasser durch die Membran zu pressen. Mit konventionellen Druckmessungen wird „Fouling“ erst dann bemerkt wenn Druckverluste auftreten, was schon einem starken Verschmutzungsgrad entspricht.

Das biologische „Fouling“ ist hauptsächlich von bestimmten organischen Fraktionen im Wasser, von Temperatur, pH Wert und der Betriebsdauer der Membraneinheit seit der letzten Reinigung  
10 abhängig. Der Anteil der organische Substanzen, der verantwortlich für das Wachsen der Mikroorganismen ist, kann aus dem Extinktionsspektrum heraus berechnet werden.

Aus dem am besten mit diesem Anteil an organischen Substanzen korrelierenden Spektralbereich wird der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter" berechnet, wobei pH-Wert und fallweise andere Messgrößen bei Bedarf mit berücksichtigt werden können.  
15

Damit ist es möglich die Filterverschmutzung zu berechnen und so zum optimalen Zeitpunkt zu reinigen.  
20

Der Regelungsparameter wird, sehr ähnlich wie in den anderen hier beschriebenen Beispielen, auf folgende Weise ermittelt: Kleine Membraneinheiten (Pilotanlagen) oder Membranproben werden mit Wasser von unterschiedlicher Zusammensetzung durchströmt. Nach einer gewissen  
25 Zeitdauer, die ausreichend zur Bildung von Verschmutzung ist, werden die Membranen analysiert und der Grad der Verschmutzung bestimmt. Da in diesem Fall die Wasserzusammensetzung während des gesamten Versuchs konstant ist und außerdem die Betriebsdauer der Membran bekannt ist, kann man so den Verschmutzungszuwachs pro Zeit für das verwendete Wasser bestimmen. Dieser Verschmutzungszuwachs pro Zeit wird dann mit den spektralen  
30 Daten des verwendeten Rohwassers korreliert. Diese Korrelation erlaubt dann im Betrieb, den aktuellen Verschmutzungszuwachs an der Membran zu prognostizieren. Durch Integration dieses Parameters über die Zeit können der aktuelle Verschmutzungsgrad der Membran und damit der optimale Zeitpunkt für die Reinigung bestimmt werden.

Der Verschmutzungsgrad, der den Zeitpunkt der Filterreinigung bestimmt, ist in diesem Fall also  
35 der Regelparameter, während der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter", pH Wert und fallweise andere Messgrößen sowie im Prozess der Durchfluss die Messgrößen sind.

#### *5. Regelung des Betriebs von Aktivkohlefiltern bzw. der Dosierung von pulverförmiger Aktivkohle* 40

Aktivkohlefilter werden im Bereich der Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung hauptsächlich dafür verwendet, gelöste Stoffe, die sich biologisch nur schwer oder gar nicht abbauen lassen durch Adsorption aus dem Wasser zu entfernen.  
45

Die Filter bestehen aus gekörnter Aktivkohle, die vom zu reinigenden Wasser durchströmt wird. Die maximale Wassermenge pro Zeiteinheit ist begrenzt, da bei zu großem Durchfluss die Filterwirkung nicht mehr ausreicht und zu viele Schadstoffe den Filter passieren (die Kapazität ist erschöpft). Die ideale Fließgeschwindigkeit durch den Filter ist nicht konstant, sondern hängt  
50 u.a. vom Zustand des Filters (wie lange ist er bereits in Betrieb) und nicht zuletzt vom Schadstoffgehalt des einströmenden Wassers und den Adsorptionseigenschaften der um Adsorptionsplätze konkurrierenden organischen Inhaltsstoffe ab. Es liegt im ökonomischen Interesse des Betreibers, den Filter mit dem jeweils größtmöglichen Durchfluss zu betreiben und dabei gerade noch das vorgeschriebene Reinigungsziel einzuhalten. Kann man den Filter nämlich mit  
55 größerem Durchfluss betreiben, so kann man auch eine größere Menge an Wasser filtern bzw.



im Umkehrschluss bei der Auslegung des Filters auf einen bestimmten maximalen Durchfluss den Filter kleiner und damit billiger bauen.

5 Es kann a) eine generelle Herabsetzung der Summe der organischen Inhaltsstoffe das Ziel sein oder b) die Entfernung einer Bestimmten einzelnen Zielsubstanz, typischerweise eine organische Mikroverunreinigung wie ein Chlorkohlewasserstoff.

10 Typischerweise lässt sich sowohl im Fall a), insbesondere aber im Fall b) der Reinigungserfolg nicht kontinuierlich überwachen, da eine Technologie zur Überwachung von organischen Inhaltsstoffen, insbesondere aber von Mikroverunreinigungen, wie z.B. chlorierten Kohlewasserstoffe, nicht bekannt oder zu teuer ist.

15 Trotzdem werden Strategien benötigt, die Filter zu überwachen und dabei insbesondere die Durchflussgeschwindigkeit zu regeln, bzw. den optimalen Zeitpunkt zum Auswechseln der teuren Aktivkohle nach Erschöpfung der Adsorptionskapazität zu bestimmen.

20 Im Fall a) wird das Regelungsziel durch die gerade noch tolerierte Summe der Konzentrationen der organischen Substanzen im Filter-Ablauf anhand von klassischen Analysenparametern definiert, welches wiederum durch den am besten korrelierenden Spektralbereich abgebildet werden kann wodurch die Überwachung der klassischen Analysenparameter wegfallen kann.

25 Die Differenz zwischen der Summe der Konzentration der organischen Substanzen im Zulauf des Filters und der Summe der Konzentration der organischen Substanzen im Ablauf des Filters, über die Zeit gemessen, wird als Verschmutzung des Filters bezeichnet, und der am besten mit dieser Differenz korrelierende Spektralbereich wird aus klassischen Isothermen - Batchversuchen gewonnen und somit als der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter" bezeichnet.

30 Die maximale Durchflussgeschwindigkeit, bei welcher das Regelziel gerade noch erreicht wird, und der Verschmutzungsgrad, der den Zeitpunkt des Aktivkohlewechsels bestimmt, sind in diesem Fall also die Regelparameter, während der "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter", fallweise in Kombination mit anderen Messgrößen, die Messgrößen sind.

35 Im Spezialfall b) kann noch der mit der Adsorptionseigenschaft dieser Mikroverunreinigung am besten korrelierenden Spektralbereich aus klassischen Isothermen - Batchversuchen gewonnen und als "für den Betriebsmitteleinsatz charakteristische Spektralparameter" bezeichnet werden. Damit ist es die Überwachung des Filterablaufs und somit der Filterverschmutzung, und die Regelung des Filters anhand dieser Messgröße möglich.

40 Das im obigen Abschnitt für die Prognose des Verschmutzungsgrades von Membranfiltern beschriebene Verfahren ist auch für Aktivkohlefilter anwendbar.

45 Man kann auf folgende Weise eine Korrelation zwischen dem Extinktionsspektrum im Zulauf des Filters, dem Verschmutzungsgrad des Filters und dem maximalen Durchfluss durch den Filter finden. Man misst bei einer bestimmten Wasserqualität das Extinktionsspektrum des Wassers im Zulauf zum Filter bestimmt den Verschmutzungsgrad des Filters durch über die Zeit integrierte Differenzbildung zwischen Zulauf und Ablauf wie oben beschrieben. Dann wird der Durchfluss so variiert, dass man einen Übergang zwischen korrektem Funktionieren des Filters (die Schadstoffkonzentrationen hinter dem Filter liegen unter den geforderten Werten) und einer Filterfehlfunktion, also von erreichtem Regelungsziel auf nicht erreichtes Regelungsziel beobachten kann. Der maximale Durchfluss ist dann der größte Durchfluss, der zu keiner Filterfehlfunktion bzw. zum Erreichen des Regelungsziels geführt hat.

55 Bei der Dosierung von Pulverkohle kommen die Vorteile der Erfindung noch besser zur

Geltung: Nachdem aus dem UV-Vis Spektrum ein Parameter extrahiert wurde welcher das Adsorptionsverhalten der spektral unterscheidbaren Fraktionen des enthaltenen organisch gebundenen Kohlenstoffs berücksichtigt, welcher üblicherweise bis zu einem erlaubten Grenzwert entfernt werden soll, wobei hier bei der Ermittlung des Referenzparameters „Aktivkohlebedarf“ z.B. die üblichen „Isothermen-Batch-Versuche“ zur Anwendung kamen, muss das teure Betriebsmittel nicht in Relation zur über längere Zeiträume maximal enthaltenen Menge an organisch gebundenen Kohlenstoff dosiert werden, was zu einer fortwährenden Überdosierung führt, sondern es kann z. B. während einer Phase besserer Adsorbierbarkeit weniger Kohle dosiert werden, und vice versa. Damit kann der Betriebsmitteleinsatz exakt entlang des wirtschaftlichen Optimums geregelt werden, und es lassen sich große Einsparungen erzielen.

## Patentansprüche:

- 15 1. Verfahren zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln (2) in Flüssigkeiten (3) zur Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3), wobei der zumindest eine Bestandteil (X) der Flüssigkeit (3) oder ein diesen Bestandteil (X) charakterisierender Parameter über das Extinktionsspektrum der Flüssigkeit (3) gemessen wird, und aufgrund der Messergebnisse der Einsatz der Betriebsmittel  
20 (2) geregelt oder gesteuert wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass das aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit (3) durch eine in der Flüssigkeit (3) angeordnete spektrometrische Sonde (8) gemessen wird, und aus dem gemessenen aktuellen Extinktionsspektrum anhand einer gespeicherten Korrelation des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) mit  
25 zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter der aktuell erforderliche Einsatz der Betriebsmittel (2) abgeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass weitere Parameter der Flüssigkeit (3), wie zum Beispiel pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, oder dgl. gemessen und bei der Bestimmung des aktuell erforderlichen Einsatzes der Betriebsmittel (2) be-  
30 rücksichtigt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit zumindest  
35 einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter anhand von Referenzdaten vorgenommen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit zumindest einem  
40 den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter aus Paaren von Extinktionsspektren der Flüssigkeit (3), allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) und zumindest einem den Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter berechnet werden.
- 45 5. Verfahren nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter aus Paaren von Extinktionsspektren der Flüssigkeit (3), allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) und zumindest einem die erforderliche Beeinflussung, insbesondere Reduktion  
50 zumindest eines Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3), charakterisierenden Parameters berechnet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit  
55 zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter automatisch vorgenommen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter nach dem PLS (Partial Least Square)-Verfahren vorgenommen wird.
- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass das aktuelle Extinktionsspektrum und allenfalls weitere Parameter der Flüssigkeit (3) vor dem Einsatz der Betriebsmittel (2) gemessen werden.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass das aktuelle Extinktionsspektrum und allenfalls weitere Parameter der Flüssigkeit (3) nach dem Einsatz der Betriebsmittel (2) gemessen werden.
- 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass das aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit (3) im ultravioletten und/oder sichtbaren Wellenlängenbereich, vorzugsweise im Bereich zwischen 200 nm und 800 nm, gemessen wird.
- 20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass das aktuelle Extinktionsspektrum und allenfalls weitere Parameter der Flüssigkeit (3) in vorgegebenen Zeitabständen gemessen werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass das gemessene aktuelle Extinktionsspektrum der Flüssigkeit (3) kompensiert wird.
- 25 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, *dadurch gekennzeichnet*, dass die gemessenen Extinktionsspektren und allenfalls weitere gemessene Parameter der Flüssigkeit (3) und allenfalls zumindest ein den Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierender Parameter gespeichert werden.
- 30 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit dem Einsatz der Betriebsmittel (2) in Abhängigkeit der gemessenen Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3), angepasst wird.
- 35 15. Vorrichtung (1) zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes von Betriebsmitteln (2) in Flüssigkeiten (3) zur Beeinflussung, insbesondere Reduktion zumindest eines Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3), mit einer Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2), einer Einrichtung (4) zur Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) zur Messung zumindest einen Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3) oder eines diesen Bestandteil (X) charakterisierenden Parameters, und mit einer mit der Festlegungseinrichtung (6) und der Messeinrichtung (4) verbundenen Regel- oder Steuereinrichtung (5) zur Regelung oder Steuerung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) in Abhängigkeit des zumindest einen gemessenen Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3) oder eines diesen Bestandteil (X) charakterisierenden Parameters, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine Messeinrichtung (4) durch eine in der Flüssigkeit anordenbare spektrometrische Sonde (8) zur Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) gebildet ist, und dass weiters ein mit der Regel- und Steuereinrichtung (5) verbundener Speicher (17) zum Speichern zumindest einer Korrelation des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter vorgesehen ist, so dass der aktuell erforderliche Einsatz der Betriebsmittel (2) aus dem aktuellen Extinktionsspektrum der Flüssigkeit (3) anhand dieser gespeicherten Korrelation ableitbar ist.
- 50 16. Vorrichtung (1) nach Anspruch 15, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine Einrichtung (4') zur Messung weiterer Parameter der Flüssigkeit, wie z.B. pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, oder dgl. vorgesehen ist, welche Messeinrichtung (4') mit der
- 55

Regel- und Steuereinrichtung (5) verbunden ist.

- 5 17. Vorrichtung (1) nach Anspruch 15 oder 16, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine spektrometrische Sonde (8) und allenfalls Einrichtungen (4') zur Messung weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) vor der Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) angeordnet sind.
- 10 18. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 17, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine spektrometrische Sonde (8) und allenfalls Einrichtungen (4') zur Messung weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) nach der Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) angeordnet sind.
- 15 19. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 18, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine spektrometrische Sonde (8) zur Messung des Extinktionsspektrums der Flüssigkeit (3) im ultravioletten und/oder sichtbaren Wellenlängenbereich, vorzugsweise im Bereich zwischen 200 nm und 800 nm ausgebildet ist.
- 20 20. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 19, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Speicher (18) zum Speichern der Extinktionsspektren, allenfalls weiterer gemessener Parameter der Flüssigkeit (3) und allenfalls zumindest eines den Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameters vorgesehen ist.
- 25 21. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 20, *dadurch gekennzeichnet*, dass Mittel zur Veränderung der gespeicherten Korrelation des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit zumindest einem den Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter vorgesehen sind.
- 30 22. Vorrichtung (1) nach Anspruch 21, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Veränderungsmittel mit einer Einrichtung zur Erfassung der Beeinflussung zumindest eines Bestandteils (X) der Flüssigkeit (3) verbunden ist.
- 35 23. Vorrichtung (1) nach Anspruch 22, *dadurch gekennzeichnet*, dass Mittel zur Auswahl einer mehrerer gespeicherter Korrelationen des Extinktionsspektrums und allenfalls weiterer Parameter der Flüssigkeit (3) mit zumindest einem den erforderlichen Einsatz der Betriebsmittel (2) charakterisierenden Parameter vorgesehen ist.
- 40 24. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 23, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Betriebsmittel (2) durch zumindest eine der Flüssigkeit (3) beizugebende Substanz und die Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) durch eine Anlage zur Dosierung der zumindest einen Substanz gebildet ist.
- 45 25. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 23, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Betriebsmittel (2) durch Nährstoffe für Mikroorganismen und die Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) durch eine Anlage zur Dosierung der Nährstoffe gebildet ist.
- 50 26. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 23, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Betriebsmittel (2) durch ein Filter, insbesondere Membranfilter und die Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) durch eine Einrichtung zur Festlegung der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit (3) durch das Filter oder durch eine Einrichtung zur Reinigung des Filters gebildet ist.
- 55 27. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 23, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Betriebsmittel (2) durch chemische und/oder physikalische Adsorptionsmittel und die Einrichtung (6) zur Festlegung des Einsatzes der Betriebsmittel (2) durch eine Anlage zur

Dosierung der chemischen und/oder physikalischen Adsorptionsmittel gebildet ist.

### Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Int. Cl.<sup>8</sup>: **G05D 11/13** (2006.01)  
**G05D 21/02** (2006.01)  
**G01N 21/85** (2006.01)  
**G01J 3/00** (2006.01)  
**G01J 3/42** (2006.01)  
**C02F 1/00** (2006.01)  
**C02F 3/00** (2006.01)  
**C02F 9/00** (2006.01)

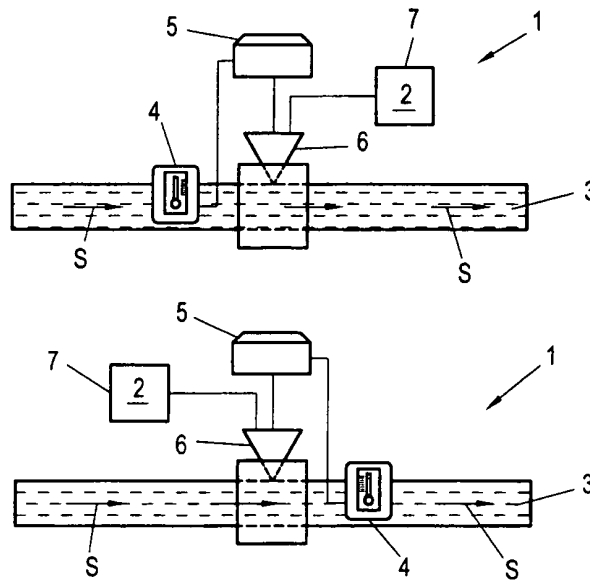


Fig. 1

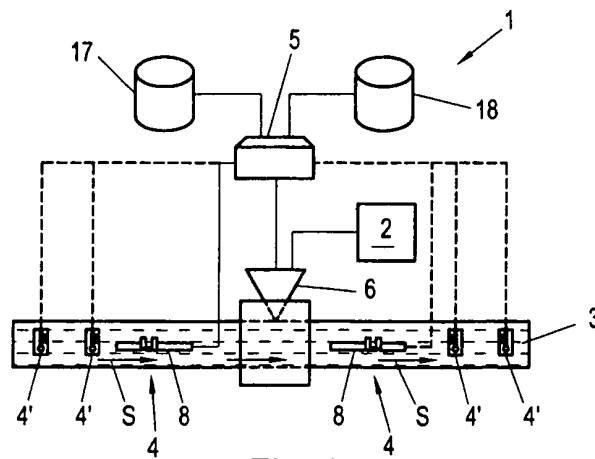


Fig. 4



Int. Cl.<sup>8</sup>: **G05D 11/13** (2006.01)  
**G05D 21/02** (2006.01)  
**G01N 21/85** (2006.01)  
**G01J 3/00** (2006.01)  
**G01J 3/42** (2006.01)  
**C02F 1/00** (2006.01)  
**C02F 3/00** (2006.01)  
**C02F 9/00** (2006.01)

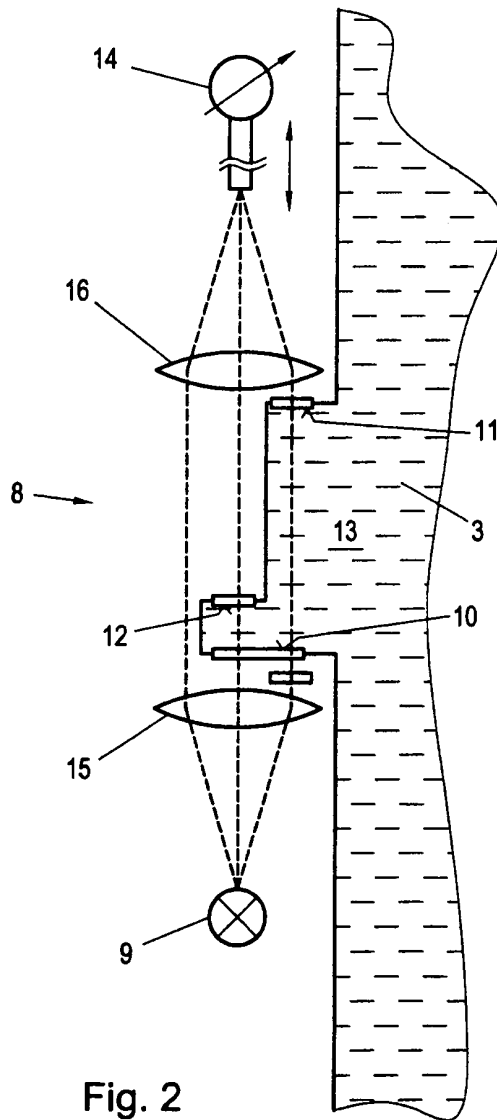


Fig. 2



Int. Cl.<sup>8</sup>: **G05D 11/13** (2006.01)  
**G05D 21/02** (2006.01)  
**G01N 21/85** (2006.01)  
**G01J 3/00** (2006.01)  
**G01J 3/42** (2006.01)  
**C02F 1/00** (2006.01)  
**C02F 3/00** (2006.01)  
**C02F 9/00** (2006.01)

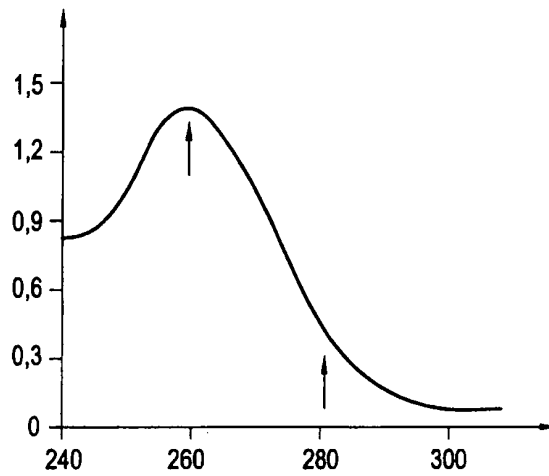


Fig. 3

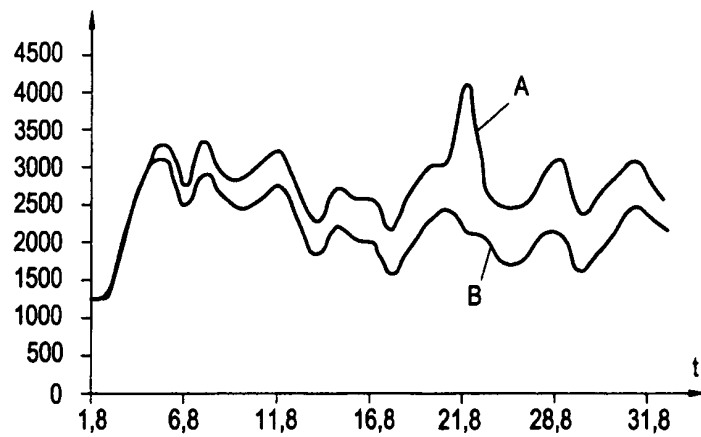


Fig. 5