

PRESSEINFORMATION

2. Mai 2024 || Seite 1 | 5

2D Fluoreszenzsonde des Fraunhofer ILT überwacht Wasseraufbereitung in Klärwerken

Laser-Tauchsonde für ein smartes Inline-Monitoring von Wasser und Abwasser

Eine neuartige laserbasierte Tauchsonde, die das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen im Zuge BMBF- und EU-geförderter Projekte mit Industriepartnern und Anwendern erprobt, könnte den Weg zu einem fortlaufenden Inline-Monitoring von Wasseraufbereitungsprozessen in Kläranlagen ebnen. Das 2D-Fluoreszenzmessverfahren generiert direkt vor Ort spektroskopische Daten im Klärbecken. Diese sind in Verbindung mit einer intelligenten Auswertesoftware der Schlüssel zu einer energie- und ressourceneffizienten Wasseraufbereitung. Auf der Münchener Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft IFAT 2024 wird das Verfahren erstmals öffentlich präsentiert.

Um Wasseraufbereitungsprozesse in Kläranlagen zu überwachen, setzen deren Betreiber bisher auf 24-Stunden-Mischproben. Diese werden über den Tagesverlauf kontinuierlich gesammelt und anschließend im Labor auf Summenparameter hin analysiert; so etwa die Gesamtmenge enthaltener organischer Kohlenstoffe (Total Organic Carbon; TOC), gelöste organische Kohlenstoffe (Dissolved Organic Carbon; DOC) oder die Menge an Sauerstoff, die der vollständige aerobe Abbau biologischer Inhaltsstoffe (Biological Oxygen Demand; BOD) verbraucht. Angesichts der steigenden Bevölkerungsdichte in urbanen Räumen und variierender Abwasserzusammensetzungen stößt dieses 24-Stundenraster jedoch an Grenzen. Eine engmaschigere Kontrolle wäre nicht nur mit Blick auf die Qualität aufbereiteter Abwässer wünschenswert. Auch der Bedarf an Energie und teuren, in der Herstellung oft umweltbelastenden Betriebsstoffen ließe sich erheblich reduzieren, wenn die Betreiber im laufenden Aufbereitungsprozess nachvollziehen könnten, wie sich die Messwerte der Summenparameter verändern, um ihre Anlagen auf dieser Echtzeitdatenbasis steuern zu können.

Neuartige Tauchsonde detektiert Emissionen von Fluorophoren im Abwasser

Ein Forschungsteam des Fraunhofer ILT legt aktuell das technologische Fundament, um eine solche datenbasierte Wasseraufbereitung real werden zu lassen. Das Herzstück hierfür ist eine neuartige laserbasierte Tauchsonde, welche die Wasseranalytik aus dem Labor direkt in die Klärbecken verlegt. »Wir nutzen das Phänomen, dass für die

Pressekontakt

Petra Nolis M.A. | Gruppenleitung Kommunikation | Telefon +49 241 8906-662 | petra.nolis@ilt.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT | Steinbachstraße 15 | 52074 Aachen | www.ilt.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Wasserqualität relevante Inhaltsstoffe bei der Anregung mit spezifischen Lichtwellenlängen fluoreszieren. Unsere Tauchsonde regt diese Fluorophore mit verschiedenen Wellenlängen zwischen dem UV- und dem sichtbaren Spektralbereich an und detektiert jeweils die emittierten Fluoreszenzsignale«, erklärt Dr. Christoph Janzen, Spezialist für Bioanalytik, der am Fraunhofer ILT für die Entwicklung der 2D-Fluoreszenzsonde verantwortlich ist. Targets der Inline-2D-Fluoreszenzanalytik sind beispielsweise die Aminosäuren Tryptophan (TRP), Tyrosin (TYR), Phenylalanin (PHE) und die Gruppe der Huminsäuren (HS). Da die Wellenlängen für ihre Anregung von 260 Nanometern für PHE bis 350 Nanometern für HS reichen, koppelt das Team die Sonde mit einer durchstimmbaren Lichtquelle. »Diese kann alle Zielstoffe mit ihren spezifischen Wellenlängen anregen. Sofern sie im Abwasser vorhanden sind, emittieren sie ihr charakteristisches längerwelliges Fluoreszenzsignal«, sagt er. Mithilfe eines empfindlichen Spektrometers lässt sich für jede Anregungswellenlänge ein Fluoreszenzspektrum aufnehmen.

2. Mai 2024 || Seite 2 | 5

So entstehen 2D-Karten, welche die Anregungswellenlängen samt korrespondierender Lichtemission festhalten. Diese Anregungs-Emissions-Matrizen (Excitation Emission Matrices; EEM) visualisieren die detektierten Fluoreszenzsignale und informieren die Betreiber in jedem Stadium des Aufbereitungsprozesses präzise über die organische Schmutzfracht im Abwasser. »Diese 2D-Fluoreszenzmessung ermöglicht es, inline die charakteristischen Summenparameter des Abwassers direkt im Aufbereitungsprozess zu erfassen. Bisherige Verfahren können das nur offline im Labor. Kommerziell verfügbare Inline-Sonden für die Summenparameterbestimmung sind oft nur in einem begrenzten Parameterbereich zuverlässig und liefern falsche Messdaten, wenn die Abwasserzusammensetzung stark variiert«, erklärt Janzen. Um die Messungen abzusichern, sei es möglich, mit der Tauchsonde ergänzend zu den Fluoreszenzdaten auch Transmissionsspektren aufzunehmen.

Anspruchsvolle Integration in eine handliche Tauchsonde

Um das komplexe Inline-Messverfahren, das bisher üblicherweise offline in Laborgeräten erfolgt, in Form einer handlichen Tauchsonde zu realisieren, hat das Team auf den umfassenden Optikdesign- und Messtechnik-Kompetenzen des Fraunhofer ILT aufgebaut. Als Strahlquelle dient im Sinne hoher Brillanz und geringer Wärmeverluste eine lasergezündete Xenon-Plasma-Lampe. Über einen Monochromator wird aus ihrem Licht die jeweils gewünschte Wellenlänge gefiltert und über eine optische Faser zur Tauchsonde geleitet. Dort kollimiert eine Linse das Licht der Quelle und fokussiert es mit einer asphärischen Optik am Messpunkt. Dieselbe Optik koppelt Fluoreszenzsignale der gesuchten Inhaltsstoffe über eine zweite Kollimationslinse in eine weitere Faser ein und überträgt sie zu einem CCD-Spektrometer. Zur Auswertung und Visualisierung der Messdaten ist eine Software im Einsatz, die das Team in einem Verbundforschungsprojekt mit Partnern aus Industrie und Forschung entwickelt hat.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Während das Aachener Forschungsteam die Sonde selbst im EU-geförderten Projekt »FluoMonitor – 2D-Fluoreszenzsonde für das Inline Wasser- und Abwasser Monitoring« mit einem mittelständischen Anbieter von Messtechnik, einem wasserwirtschaftlichen Forschungsinstitut sowie einem regionalen Wasserverband entwickelt hat, geht es im laufenden BMBF-Förderprojekt AIX-Watch darum, die 2D Fluoreszenz-Messmethodik weiterzuentwickeln und unter Realbedingungen zu erproben. »Das mittelfristige Ziel ist es, die Steuerung und Regelung von Kläranlagen auf Basis der fortlaufenden Inline-Messungen zu optimieren«, sagt Janzen. Betreiber müssen kontrollieren und dokumentieren, dass ihre Anlage die Grenzwerte für Summenparameter wie TOC, DOC und BOD einhält. Diese erfasst das neuartige 2D-Fluoreszenzverfahren zwar nicht direkt, doch korrelieren die erfassten Amino- und Huminsäuren mit den Summenparametern. »Es gibt bereits mathematische Modelle, die aus diesen Korrelationen auf die Werte der Summenparameter schließen. Wenn diese Modelle fortlaufend erhobene Inline-Messdaten verarbeiten, die unsere Tauchsonden liefern, wird die Analysegenauigkeit perspektivisch immer weiter zunehmen«, sagt Janzen. Betreiber bekämen so Inline-Zugriff auf den Status ihrer Wasseraufbereitungsprozesse und könnten die Betriebsstrategien entsprechend anpassen.

2. Mai 2024 || Seite 3 | 5

Mit KI und Inline-Sensorik zu einer smarten, adaptiven Wasseraufbereitung

Damit würde die laserbasierte Tauchsonde zur Basistechnologie für eine smarte Wasseraufbereitung. Im Zusammenspiel von Inline-Sensorik und Künstlicher Intelligenz wäre es trotz schwankender Abwasserzusammensetzungen möglich, Energie und aufwändig herzustellende Betriebsstoffe wie Ozon nur in dem Maß einzusetzen, wie es zum Einhalten der gesetzlichen Grenzwerte tatsächlich notwendig ist. »Da wir uns hier im Bereich mathematischer Modelle bewegen, bedarf es noch der Absicherung durch herkömmliche Offline-Analysen«, betont Janzen. Doch die lernenden Modelle seien ein vielversprechender Ansatz für eine adaptive Abwasseraufbereitung, die sich auf Inline-Messungen stützt und am Ist-Zustand des Wassers und seiner aktuellen Zusammensetzung ihre Betriebsstrategien orientiert. Um das Verfahren auf einen flächendeckenden Einsatz vorzubereiten, treibt das Team am Fraunhofer ILT parallel die Weiterentwicklung der Sonde voran. Ein Ansatz dafür ist es laut Janzen, anstelle der durchstimmbaren Xenon-Plasma-Lichtquelle kostengünstigere LEDs einzusetzen. Denn im Zusammenhang mit Dataming und KI komme es vor allem darauf an, die Datenbasis schnell auszuweiten. Kostengünstigere Tauchsonden sind ein Weg, um diesem Ziel näher zu kommen. »Interessierte sind herzlich eingeladen, sich auf der IFAT 2024 am Fraunhofer-Gemeinschaftsstand (Halle B2, Stand 338) eingehend über das neue 2D Fluoreszenz-Messverfahren und dessen Zukunftspotenzial zu informieren«, erklärt Janzen.

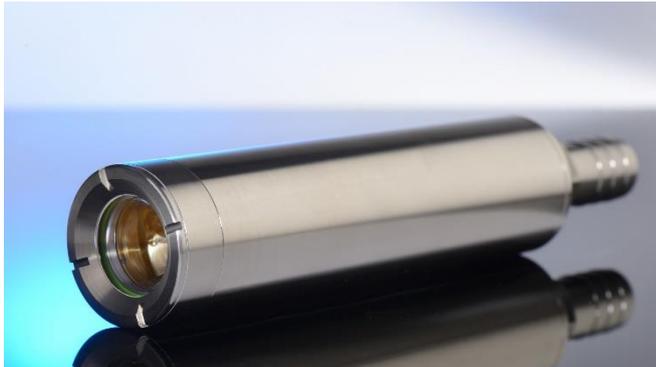


Bild 1:
Die am Fraunhofer ILT entwickelte 2D Fluoreszenzsonde ist der zentrale Baustein für ein Inline Wasser- und Abwassermonitoring.
© Fraunhofer ILT, Aachen.

2. Mai 2024 || Seite 4 | 5



Bild 2:
Im Rahmen des Programms REACT-EU führt das Projekt »FluoMonitor« Expertise aus Optik, Wasserwirtschaft und Analytik zusammen, um das Potenzial multidimensionaler Fluoreszenzsonden für die Inline-Flüssigkeitsanalyse zu evaluieren. Bei den Sonden kommt es auf hoch präzise Strahlführung an.
© Fraunhofer ILT, Aachen.



Bild 3:
Die Kläranlage Aachen-Soers des Wasserverbandes Eifel-Rur (WVER) verfügt über eine großtechnische Ozonungsanlage. Der WVER ist einer der Partner, mit denen das Fraunhofer ILT die neue Abwasser-Monitoring-Technologie entwickelt.
© WVER.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT



Bild 4:
Das neue Inline-Messverfahren soll stichprobenartige manuelle Probenahmen wie hier in der Kläranlage Aachen Soers des Wasserverbandes Eifel-Rur ergänzen und in vielen Fällen ersetzen.
© WVER.

2. Mai 2024 || Seite 5 | 5

Fachlicher Kontakt

Dr. Christoph Janzen

Gruppe Lasermedizintechnik und Bioanalytik
Telefon +49 241 8906-8003
christoph.janzen@ilt.fraunhofer.de

Dr. Achim Lenenbach

Abteilungsleiter Lasermedizintechnik und Biophotonik
Telefon +49 241 8906-124
achim.lenenbach@ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
www.ilt.fraunhofer.de

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Etwa 30 800 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von rund 3,0 Mrd. €. Davon fallen 2,6 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.