

Abschlussbericht

Verbundprojekt

„Entwicklung einer Hybrid-Optrode für Wassermonitoring in Aquakultur und Abwasserbehandlung“ -Aquaoptrode

Teilvorhaben

„Evaluierung, Optimierung und Applikation von Optroden“

Förderkennzeichen: 13N9533
Laufzeit: 01.01.2008 bis 30.06.2011

Vorgelegt von der
Hochschule Bremerhaven
An der Karlstadt 8
27568 Bremerhaven

Teilprojektleiter:
Prof. Dr. Oliver Zielinski

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben geführt wurde	3
3	Planung und Ablauf des Vorhabens.....	5
4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	6
5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
6	Erzielte Ergebnisse	7
6.1	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	14
6.2	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten.....	14
7	Voraussichtlicher Nutzen/Verwertbarkeit der Ergebnisse	14
7.1	Wissenschaftlicher und technischer Nutzen	14
7.2	Wissenschaftliche und technische Anschlussfähigkeit.....	15
8	Ergebnisse Dritter	15
9	Veröffentlichung der Ergebnisse	15

1 Aufgabenstellung

Ziel des Teilvorhabens ist die Entwicklung, Evaluierung und Optimierung eines hybrid integrierten optischen Sensors für in-situ Messungen von Ammoniak- bzw. Ammoniumkonzentrationen und pH-Werten in natürlichen Gewässern, Aquakulturen und Abwasser. Der Sensor soll kostengünstig herstellbar, wartungsarm und zuverlässig anwendbar sein. Mit Ihm sollen wichtige Überwachungs- und Kontrollaufgaben in industriellen Prozessen und in der Umwelt ausgeführt werden können, die heute nur offline durch aufwendige Probennahmen und nachfolgende chemische Analysen im Labor mit üblichen ionenselektiven Elektroden nur mit Einschränkungen nur unbefriedigend lösbar sind. Motivation für die Arbeiten im Rahmen des Gesamtprojektes „Aquaoptrode“ ist das große potentielle wirtschaftliche Interesse, das für onlinefähige Ammoniak- bzw. Ammoniumsensoren in verschiedenen Bereichen der Wasserwirtschaft und -bewirtschaftung existiert (siehe Gesamtverbundbeschreibung). Trotz zahlreicher in der Literatur beschriebener Ansätze gelang es bisher noch nicht, Optroden für Ammonium- oder Ammoniakmessungen, ähnlich den in der Wassermesstechnik inzwischen bewährten pH-, Sauerstoff- und CO₂-Optroden, zu entwickeln. Neuere Forschungen auf dem Gebiet der Farbstoffchemie und die Entwicklung preiswerter optischer Spektro Sensoren sollten es jedoch möglich machen, in Einheit mit chemometrischen Auswerteverfahren verlässliche Ammoniak-Einzel- und auch Hybrid-Optroden zu entwickeln.

2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben geführt wurde

Motivation für die Arbeiten im Rahmen des Gesamtprojektes „Aquaoptrode“ war das große potentielle wirtschaftliche Interesse, das für onlinefähige Ammoniak- bzw. Ammoniumsensoren in verschiedenen Bereichen der Wasserwirtschaft und -bewirtschaftung existiert. So stellt die Ammoniumkonzentration für die Fisch- und Teichwirtschaft insbesondere in geschlossenen Aquakulturanlagen einen essentiellen Parameter dar, da zu hohe Konzentrationen von Ammoniak toxische Wirkung auf den Fischbestand haben. Durch den zunehmenden Preisdruck (vor allem im Bereich der Lachsaufzucht) ist die Überwachung der Wasserqualität jedoch auch für Teich- und Käfighaltung ein Thema geworden, da die Besatzdichten in diesen Bereichen deutlich zugenommen haben. Darüber hinaus stellt die zunehmende Eutrophierung von Gewässern weltweit ein Problem für die Gewässergüte dar. Durch gesetzliche Vorgaben (z.B. die EU Wasserrahmenrichtlinie) zeichnet sich eine deutliche Zunahme des Bedarfs an geeigneten Messstationen ab, mit denen neben anderen Parametern auch die Ammoniakkonzentration erfasst werden muss. Die Verfügbarkeit eines wartungsarmen Ammoniumsensors, wie ihn die zu entwickelnde Aquaoptrode

darstellt, würde zu einer weiten Verbreitung eines solchen Sensors innerhalb dieser Messnetze führen. Auch in kommunalen Kläranlagen wird derzeit eine Vielzahl von Ammoniumsensoren eingesetzt. Diese erfordern durch das überwiegend verwendete nasschemische Messprinzip ein hohes Maß an Servicearbeiten und generieren damit hohe Betriebskosten. Ein wartungsarmer Sensor wie die Aquaoptode stellt hierfür eine sehr kostengünstige Alternative dar. Desweiteren stellt die Aquaoptode durch diese Eigenschaften einen idealen Sensor für die vielerorts betriebene Umstellung auf ‚unbemannte‘ Kleinkläranlagen dar. Trotz zahlreicher in der Literatur beschriebener Ansätze gelang es bisher allerdings noch nicht, Optroden für Ammonium- oder Ammoniakmessungen, ähnlich den in der Wassermesstechnik inzwischen bewährten pH-, Sauerstoff- und CO₂-Optroden, zu entwickeln. Neuere Forschungen auf dem Gebiet der Farbstoffchemie und die Entwicklung preiswerter optischer Spektrosensoren ließen es jedoch möglich erscheinen, in Verbindung mit chemometrischen Auswerteverfahren verlässliche Einzel- und auch Hybridoptroden für die wassertechnischen Schlüsselparameter Ammoniakkonzentration und pH-Wert zu entwickeln. Eine solche Entwicklung erschien durch die Bündelung der Kompetenzen der am Projekt beteiligten Partner möglich und aussichtsreich: Die TriOS Mess- und Datentechnik GmbH war seit Ihrer Gründung im Jahre 1998 im Bereich der Entwicklung und Herstellung von optischen Messgeräten für die Meeresforschung/-technik tätig. Zum ihrem Produktspektrum gehören spektralauflösende Lichtmessgeräte, Fluorometer, Prozessphotometer sowie Steuerung- und Anzeigeeinheiten, die in verbesserter und modifizierter Form die gerätetechnische Basis für die Entwicklung der optoelektronischen Auslese- und Auswerteeinheit der Aquaoptrode bilden. Das Institut für Photonische Technologien e.v. (IPHT) verfügt über langjährige Erfahrungen bei der Entwicklung von Lichtleitfasern, mikrooptischen und anderen optischen Komponenten, spektralchemischen Sensoren und spektralen Messsystemen. Schwerpunkt der Forschungen sind photonische Technologien und deren Anwendung in der Materialforschung, in den Lebenswissenschaften und in der Umwelttechnik. Das Institut besitzt Ausrüstungen für die Herstellung und Mikro- und Nanostrukturierung von Sensoren sowie verschiedene optische, chemische und physikalische Labors. Mit der Arbeitsgruppe Dr. G. Mohr des Institut für Physikalische Chemie (IPC) der Friedrich-Schiller-Universität Jena war ein Kompetenzträger auf dem Gebiet der Sensorchemie, der Entwicklung funktionalisierter Indikatorfarbstoffe sowie von Sensor-Nanopartikeln für die medizinische Diagnostik und Prozessanalytik vorhanden, bei dem bereits Erfahrungen mit der Bestimmung von Ammoniak und pH in der Umweltanalytik vorlagen. Dabei wurden Absorptions- und Fluoreszenzfarbstoffe in weichgemachte Polymere und Sol-Gel Gläser eingebettet, sowie pH Indikatoren an Zellulose kovalent gebunden. Die Hochschule Bremerhaven, Labor für Maritime Technologien (HSB), unter Leitung von Prof. Dr. Oliver Zielinski

wurde im Januar 2006 im Rahmen des im Jahre 2003 eingerichteten Bachelor-Studienganges Maritime Technologien gegründet und führt neben der studentische Ausbildung in den Bereichen Meerestechnik, Offshore Windenergie und marine Aquakultur Forschungsvorhaben im Bereich der Entwicklung und des Einsatzes elektrooptischer in-situ Sensorik für die marine Umweltüberwachung durch. Der Kompetenzschwerpunkt dieses Labors liegt auf dem Einsatz und der Weiterentwicklung reagenzienfreier optischer Messverfahren in der Aquakultur und Gewässermesstechnik. Mit der Errichtung des Zentrums für Aquakulturforschung (ZAF) am Standort Bremerhaven stand Anfang 2011 eine weitere Testeinrichtung zur Verfügung.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Gesamtvorhaben wurde in mehreren Arbeitspaketen geplant, die teilweise eng zwischen den Projektpartnern verzahnt und aufgeteilt wurden. Im Rahmen dieses Abschlussberichtes werden allerdings nur diejenigen Arbeitspakete aufgeführt, die ganz oder teilweise im Rahmen des Teilvorhabens „Evaluierung, Optimierung und Applikation von Optroden“ bearbeitet wurden.

AP 1000 Management

AP 1300 Dokumentation

AP 2000 Definition

AP 2100C Anforderungsprofil

AP 2200 Systemdefinition

AP 2300 Erprobungskonzept

AP 4000 Entwicklung Hybridoptrode

AP 4200 Laboruntersuchungen

AP 4500C Auswerteverfahren

5000 Langzeituntersuchungen

AP 5200 Applikationen

6000 Datenauswertung und Publikation

AP 6100C Kongresse/Messen

AP 6200C Publikation

Der Ablauf des Vorhabens folgte im Wesentlichen der vorgegebenen Planung. Aufgrund von Materialbeschaffungsproblemen konnte erst 4 Monate später mit den im Vorhaben geplanten Erprobungen in der Kläranlage und in der Aquakulturanlage begonnen werden. Da Ergebnisse von Langzeituntersuchungen ein wichtiger Bestandteil für die spätere Marktfähigkeit des neuen Sensors darstellen, können diese nicht in einem kürzeren Zeitraum durchgeführt werden. Die in den Arbeitspaketen 5220 und 5240 geplanten 8 Monate Langzeiterprobung waren somit in der ursprünglich geplanten Laufzeit nicht mehr umsetzbar. Nach einer kostenneutralen Verlängerung des Vorhabens konnten die Langzeituntersuchungen des Vorhabens erfolgreich durchgeführt werden.