

Rostocker Meerestechnische Reihe
herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. Mathias Paschen

Band 10/2015

**Mathias Paschen, Christoph Otto, Thomas Miethe,
Christian Semlow, Karsten Breddermann,
Sindy Laurat, Stephan Schacht**

**Beiträge zur Theorie und zum Entwerfen von
Netzkäfigen für die Offshore-Aquakultur**

Shaker Verlag
Aachen 2015

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2015

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-4181-1

ISSN 1868-7636

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

**Universität
Rostock**



Traditio et Innovatio



Beiträge zur Theorie und zum Entwerfen von Netzkäfigen für die Offshore-Aquakultur

Ergebnisse ingenieurwissenschaftlicher Analysen im
Rahmen des FuE-Projektes

Baltic IMTA - Verfahrensentwicklung einer Integrierten
Multi Trophischen Aquakultur für die Küstengewässer
Mecklenburg-Vorpommerns

Autoren:

Mathias Paschen, Christoph Otto, Thomas Miethel,
Christian Semlow, Karsten Breddermann, Sindy Laurat
und Stephan Schacht

Wissenschaftlicher Abschlussbericht

Vorwort

Die Entwicklung von Netzkäfiganlagen für die offene See stellt erhebliche Anforderungen an den entwerfenden Ingenieur. Schließlich geht es darum, weitgehend autark arbeitende technische Einrichtungen für die Produktion hochwertiger Speisefische bereitzustellen, die nicht nur erheblichen Umweltbelastungen infolge von Seegang, Wind und Strömung, Bewuchs und gegebenenfalls Vereisung widerstehen sollen; sie müssen insbesondere auch die Gewähr für ein rasches und sicheres Wachstum der zu farmenden Fische unter Einhaltung aller rechtlichen Rahmenbedingungen bieten.

In verschiedenen Industrieländern wie Australien, Japan, Kanada, die Niederlande oder auch Norwegen sind jüngst komplexe und kosten- aufwändige Forschungsprojekte zur Entwicklung einer nachhaltigen Offshore-Aquakultur mit zum Teil erheblicher Industriebeteiligung auf den Weg gebracht worden. Diese Anstrengungen sind durch den weltweit rasant steigenden Bedarf an marinen Eiweißträgern motiviert.

Norwegische Stakeholder erklärten darüber hinaus, dass sie mit diesen Entwicklungen die technologische Systemführerschaft auf dem Gebiet der seeseitigen Aquakultur langfristig sichern wollen.

Nachdem sich die Bundesrepublik Deutschland politisch vor ca. 25 Jahren von einer seeseitigen Aquakultur weitgehend verabschiedete, gibt es heute erfreuliche neue Signale, die Entwicklung ökologisch nachhaltiger Aquakulturkonzepte für die offene See wieder fördern zu wollen. Eine entscheidende Vorreiterrolle in diesem Prozess übernahm das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern.

Mit den Mitteln des Europäischen Fischereifonds förderte das Ministerium das an der Universität Rostock bearbeitete Forschungsverbundvorhaben „Baltic IMTA - Verfahrensentwicklung einer Integrierten Multi-trophischen Aquakultur für die Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns“, siehe <http://www.baltic-imta.uni-rostock.de> .

Die Entwicklung sowie der Betrieb umweltgerechter schwimmender

Aquakulturanlagen für die offene See erfordert die Klärung zahlreicher Fragestellungen unterschiedlichster Fachgebiete auf Grundlage validierter wissenschaftlicher Methoden.

Mit der vorliegenden Schrift werden ausgewählte Ergebnisse der ingenieurwissenschaftlichen Forschung des Baltic-IMTA-Projektes vorgestellt.

Im Fokus der Arbeiten stand die Methodenentwicklung zur Voraussage von Schwimmfähigkeit, Stabilität, Formveränderung und Durchströmbarkeit von Netzkäfigen unter dem Einfluss von Strömung.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf der Entwicklung und Validierung mathematischer Modelle zur numerischen Simulation der Durchströmung der Netzkäfigwände sowie zur räumlichen und zeitlichen Ausbreitung von Stoffwechselprodukten der Fische und nicht aufgenommenen Futterresten im Umfeld der Aquakulturanlage.

An dieser Stelle sei allen am Forschungsvorhaben Beteiligten für die erfolgreiche Mitwirkung gedankt. Namentlich erwähnen möchte ich meine wissenschaftlichen Mitarbeiter Dipl.-Ing. Christian Semlow, Dipl.-Ing. Karsten Breddermann, Dipl.-Math. Sindy Laurat, M.Sc. Stephan Schacht, M.Eng. Greegowoon Kim sowie Dr.-Ing. Bernhard Mehl.

Dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern gilt mein Dank für die finanzielle Förderung des Vorhabens.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Gerhard Martin, Leiter des Referats Fischerei und Fischwirtschaft, für die vertrauensvolle Zusammenarbeit sowohl in der Entwicklungsphase als auch während der Bearbeitung des Vorhabens.

Nicht vergessen möchte ich, Herrn Kollegen Prof. Dr. Harry Palm, Leiter des Lehrstuhls Aquakultur und Sea-Ranching, für die partnerschaftliche Zusammenarbeit zu danken. In meinen Dank beziehe ich all jene Mitarbeiter des Lehrstuhls Meerestechnik ein, die außerhalb ihrer eigenen Forschungs- und Lehrtätigkeit regen Anteil am Fortgang der Untersuchungen hatten.

Rostock, im Dezember 2015

Mathias Paschen

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **V**

Tabellenverzeichnis **IX**

- 1 Extension of the reconstructed reaction forces formulation and application to an aquaculture cage** **1**
- 1.1 Introduction 1
- 1.2 Method 2
 - 1.2.1 Representation of Netting as a Rigid Multi-body System 2
 - 1.2.2 Extended Reconstructed reaction forces formulation 4
 - 1.2.3 Exemplary Structure 6
 - 1.2.4 Forces and Loads 7
- 1.3 Results 11
- 1.4 References 12

- 2 Experimentelle Untersuchungen am ebenen Netztuch zum Strömungsverlauf vor, in und hinter den Netzmaschen** **15**
- 2.1 Abkürzungen und Symbole 16
- 2.2 Versuchsaufbau und Versuchsmodell 16
- 2.3 Einhaltung der dynamischen Ähnlichkeit 23
- 2.4 Vergleich zwischen der Differenzdruck-, Hitzdraht- und Prandtl-Rohr-Messung 25
- 2.5 Definition/Beschreibung U_{mean} , V_{mean} , W_{mean} und Turbulenzgrad 28
- 2.6 Durchströmungsergebnisse in Abhängigkeit vom Anströmwinkel 30
 - 2.6.1 Vergleich der Ergebnisse aus den unterschiedlichen Messmethoden/Messgeräten 30
 - 2.6.2 Vergleich der Ergebnisse für drei unterschiedliche Netzgeometrien 34

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.7 | Auswertung der Messungen von Feldflächen hinter den Netzen | 42 |
| 2.8 | Zusammenfassung | 47 |
| 2.9 | Anlage 1 Beispiel für die Datenausgabe der Messprogramme | 48 |
| 3 | Methoden zur Simulation von Strömungen um und durch Aquakulturanlagen mit RANSE-Verfahren | 49 |
| 3.1 | Abkürzungen und Symbole | 49 |
| 3.2 | Einleitung | 50 |
| 3.2.1 | Stand der Wissenschaft | 51 |
| 3.3 | Methoden zur numerische Strömungssimulation mit RANSE-Verfahren zur Ermittlung des Strömungsfeldes in und um Aquakulturanlagen | 53 |
| 3.3.1 | Numerische Strömungssimulation mit RANSE-Verfahren | 54 |
| 3.3.2 | Identifikation der relevanten Parameter zur strömungsphysikalischen Beschreibung des Netztuchs | 55 |
| 3.3.3 | Strömungssimulation am ebenen Netztuch | 57 |
| 3.3.4 | Poröses Medium Modell zur Beschreibung der Aquakulturanlage | 62 |
| 3.4 | Ergebnisse | 65 |
| 3.4.1 | Besatzuntersuchung | 66 |
| 3.5 | Zusammenfassung | 69 |
| 3.6 | Literaturverzeichnis | 70 |
| 4 | Numerische Simulation von Partikelströmungen aus einer Offshore-Käfiganlage mittels ANSYS CFX | 73 |
| 4.1 | Geometrie und Netzkonstruktion | 74 |
| 4.2 | Modellbildung | 75 |
| 4.3 | Physikalische Grundlagen der einzelnen Phasen | 76 |
| 4.4 | Randbedingungen und Eingabeparameter | 77 |
| 4.5 | Simulation des Bewegungsverhaltens von Futterpartikeln | 79 |
| 4.6 | Simulation des Bewegungsverhaltens von Faezespartikeln | 85 |
| 4.7 | Zusammenfassung und Ausblick | 89 |
| 4.8 | Literaturverzeichnis | 90 |
| 5 | Simulation der Verankerung | 91 |
| 5.1 | Theoretisches Modell | 91 |
| 5.2 | Wahl eines geeigneten Verankerungskonzeptes | 94 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5.3 | Annahmen und Vereinfachungen | 95 |
| 5.4 | Ergebnisse | 97 |
| 5.5 | Empfehlungen für weiteres Vorgehen und Ausblick | 97 |
| 5.6 | Literaturverzeichnis | 99 |