

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 Netzmanchen	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