

Heiko Dankert

**Räumliche Analyse der Diffraktion von
Wellenfeldern anhand von Bildsequenzen
und Simulationen**

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2000 Diplom.de
ISBN: 9783832447717

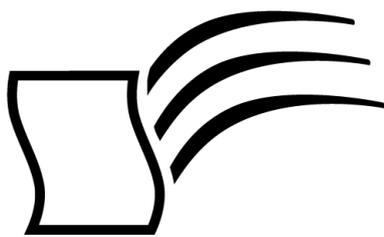
Heiko Dankert

**Räumliche Analyse der Diffraktion von Wellenfeldern
anhand von Bildsequenzen und Simulationen**

Heiko Dankert

Räumliche Analyse der Diffraktion von Wellenfeldern anhand von Bildsequenzen und Simulationen

Diplomarbeit
an der Universität Rostock
Fachbereich Bauingenieurwesen
Institut für Wasserbau
Februar 2000 Abgabe



Diplom.de

Diplomica GmbH _____
Hermannstal 119k _____
22119 Hamburg _____

Fon: 040 / 655 99 20 _____
Fax: 040 / 655 99 222 _____

agentur@diplom.de _____
www.diplom.de _____

ID 4771

Dankert, Heiko: Räumliche Analyse der Diffraktion von Wellenfeldern anhand von Bildsequenzen und Simulationen / Heiko Dankert - Hamburg: Diplomica GmbH, 2001
Zugl.: Rostock, Universität, Diplom, 2000

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH
<http://www.diplom.de>, Hamburg 2001
Printed in Germany



Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit.

Ihr Team der Diplomarbeiten Agentur

Diplomica GmbH _____
Hermannstal 119k _____
22119 Hamburg _____

Fon: 040 / 655 99 20 _____
Fax: 040 / 655 99 222 _____

agentur@diplom.de _____
www.diplom.de _____

Zusammenfassung

In dieser Arbeit ist eine neue Methode zur lokalen, räumlichen Analyse von Wellenfeldern getestet und am Beispiel der Diffraktion von Wellenfeldern an einem Wellenbrecher validiert worden. Mit Zeitserien von Bildern einer CCD-Kamera wird die Meeresoberfläche räumlich und zeitlich erfasst. Die Bildsequenzen werden mittels einer Fouriertransformation in den Wellenzahl-Frequenzraum überführt. Mit Hilfe einer spektralen Filtermethode, welche auf der Dispersionsrelation für lineare Oberflächenschwerewellen beruht, werden das spektrale Signal des Seeganges und das Rauschen voneinander getrennt. Die anschließende Integration über die positiven Frequenzen ergibt ein richtungseindeutiges Wellenzahlspektrum. Diese Methode wird für die Untersuchung von homogenen Wellenfeldern eingesetzt. Unter inhomogenen Bedingungen, beispielsweise hervorgerufen durch Diffraktion oder Refraktion, erfolgt eine Umverteilung der spektralen Energie des Wellenfeldes. Solche Gebiete können nicht mit der oben beschriebenen Methode untersucht werden, weil eine Fouriertransformation Homogenität für das betrachtete Gebiet voraussetzt. Mit der neuen Methode werden inhomogene Wellenfelder, unter der Annahme lokaler Homogenität, untersucht. Dabei werden auf lokaler, räumlicher Skala Wellenzahlen in Betrag und Richtung sowie Bildspektren bestimmt. Die Wellenzahl wird aus der Phaseninformation gewonnen. Es wird anhand eines Testbildes und von Simulationen die Eignung des Verfahrens sowie die Genauigkeit zur Ermittlung der Wellenzahlen untersucht. Schließlich wird die Methode auf Bildsequenzen von Wellenfeldern in einem hydraulischen Modell angewendet.

Abstract

In this thesis a new method, based on a local, spatial analysis of wave fields is tested and exemplary verified on the diffraction of wave fields behind a breakwater. With time series of images of a CCD-camera the sea surface is spatially and temporally observed. The image sequences are transformed into the wave number-frequency domain using a Fast-Fourier-Transformation. With a spectral filter method, based on the dispersion relation of linear surface-gravity waves, the spectral signal of the sea state and the noise are separated. The integration over the positive frequencies gives an unambiguous directional wave number spectrum. This method has been proved to be reliable for the analysis of homogeneous water surfaces. Under inhomogeneous conditions, e.g. caused by diffraction or refraction, the spectral energy of the wave field is redistributed. Such areas are not suitable for investigation with the method above described, because the Fourier-Transformation requires homogeneity in the observed area. With the new method inhomogeneous wave fields are investigated under the assumption of local homogeneity. Thereby the wave numbers in amount and direction and the image spectra are obtained on a local, spatial scale. The wave number is obtained from the phase pattern. The suitability and the accuracy of the method to determine the wave numbers is analyzed on a test-picture and on simulations. Finally the method is applied to image sequences of wave fields in a hydraulic model.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Seegang	3
2.1	Dispersionsrelation	3
2.2	Seegangsstatistik und dreidimensionale Wellenzahl-Frequenzspektren	4
2.3	Ableitung zwei- und eindimensionaler Seegangsspektren	6
2.4	Parametrisierung der Frequenzspektren	7
2.5	Parametrisierung der Richtungsverteilung	8
3	Diffraktion	9
3.1	Lösungsansätze	10
3.2	Lösung von Sommerfeld	12
4	System zur Erfassung optischer Bildsequenzen	19
4.1	Bildaufnahme- und Bildverarbeitungssystem	19
4.2	Optische Transferfunktion des Systems	20
5	Modulationsmechanismen	23
5.1	Reflexion und Refraktion	23
5.2	Modulationstransferfunktion der Abbildung	25
5.3	Neigungsmodulation	26
5.4	Geometrische Projektion und Okklusion	27
6	Das optische Experiment	29
6.1	Der multidirektionale Wellentank	29
6.2	Experimentelle Anordnung	29
6.3	Experiment	31
7	Analysemethoden	33
7.1	Geometrische Entzerrung	34

7.2	Dreidimensionale Fouriertransformation	35
7.3	Das Bildspektrum	36
7.4	Analyse von homogenen Wellenfeldern	37
7.5	Analyse von inhomogenen Wellenfeldern	39
8	Ergebnisse	43
8.1	Analyse der lokalen Wellenzahlbestimmung anhand eines Testbildes	43
8.1.1	Variation des Rauschniveaus	45
8.1.2	Pixelweise und blockweise Bestimmung	50
8.1.3	Fazit	51
8.2	Simulation	52
8.2.1	Methode zur Simulation des Wellenfeldes	52
8.2.2	Simulationsläufe und Auswertemethodik	55
8.2.3	Einfallende Wellen	59
8.2.4	Reflektierte Wellen	69
8.2.5	Streuungswellen	73
8.2.6	Gesamtlösung	79
8.2.7	Fazit	86
8.3	Wellentankdaten	88
8.3.1	Auswertemethodik	88
8.3.2	Bestimmung der Wellenzahlbeträge	91
8.3.3	Mittlere Laufrichtungen und Richtungsverteilung der Wellen	97
8.3.4	Fazit	101
8.4	Filtereffekte	103
8.4.1	Unstetigkeiten	103
8.4.2	Richtungsfiler	103
8.4.3	Fazit	108
9	Diskussion der Ergebnisse	109
	Zusammenfassung und Ausblick	113
A	Lösung von Sommerfeld	123
B	Verfahren zur Analyse von inhomogenen Wellenfeldern	125
B.1	Richtungsfilerung	125
B.2	Inverse Transformation	127

B.3	Methode zur lokalen Bildsequenzanalyse dispersiver Grenzflächen	127
B.3.1	Verfahren	128
B.3.2	Interpretation der lokalen Wellenzahl	129
B.3.3	Approximation und Konfidenzmaß	129

Abbildungsverzeichnis

2.1	Dispersionsrelation für lineare Oberflächenschwerewellen.	4
2.2	JONSWAP-Spektrum	7
3.1	Diffraction an einem Wellenbrecher	10
3.2	Koordinatensystem und Bezeichnungen zur Sommerfeldschen Lösung	14
3.3	Phase und Varianz des einfallenden Wellenfeldes	16
3.4	Phase und Varianz des reflektierten Wellenfeldes	16
3.5	Phase und Varianz des Streuungswellenfeldes	17
3.6	Phase und Varianz der Sommerfeldschen Lösung	17
4.1	Komponenten des Bilderfassungssystemes.	19
4.2	Testmuster zur Messung der Systemtransferfunktion.	21
5.1	Aufteilung des Strahlungsflusses.	24
5.2	Abhängigkeiten des Reflexionsgrades ρ	25
5.3	Projektion der Wasseroberfläche und Okklusion von Gebieten des Wellenfeldes.	28
6.1	Der multidirektionale Wellentank.	30
6.2	Schematischer Aufbau des CEDEX-Experimentes.	31
6.3	Darstellung des Aufbaus von Kamera und Beleuchtungssystem.	31
6.4	Beispiel zweier nicht entzerrter Einzelbilder	32
7.1	Winkel- und Wellenlaufrichtungskonvention.	33
7.2	Einzelbilder nach der geometrischen Entzerrung	35
7.3	Wellenzahl-Frequenz-Schnitt und Wellenzahlebene.	37
7.4	Varianz eines Wellenzahlspektrums.	38
7.5	Zweidimensionale Richtungsfiltermaske.	40
7.6	Richtungsfilterung einer dispersionsgefilterten Frequenzebene.	41
7.7	Phase und Varianz einer richtungsgefilterten und in den Ortsraum transformierten Frequenzebene.	41
7.8	Beispiel für ein lokales Bildspektrum.	42

8.1	Phase und Varianz des Testbildes.	44
8.2	Verhalten der Methode zur lokalen Wellenzahlbestimmung für Wellenzahlen in x -Richtung bei variierendem Rauschniveau σ_n	47
8.3	Konfidenz und relativer Fehler des Betrages der resultierenden Wellenzahlen k sowie absoluter Fehler in der Richtung bei variierendem Rauschniveau σ_n	48
8.4	Verhalten der Methode für den Betrag der resultierenden Wellenzahlen k bei variierendem Rauschniveau σ_n	49
8.5	Resultierende Wellenzahlen k , pixelweise über ein Ensemble (links) und blockweise (rechts) bestimmt.	50
8.6	Berechnete Wellenzahlen nach der blockweisen Bestimmung.	51
8.7	Phase und Varianz eines Simulationslaufes.	54
8.8	Statistischer Mittelwert der Varianz eines Ensembles von 10 Simulationen.	54
8.9	Verhältnis der Varianz vor der Richtungsfilterung zu der nach der Richtungsfilterung.	57
8.10	Phase und Varianz einer mit $\alpha = 45^\circ$ richtungsgefilterten Realisation des Reflexionsterms für $s = 75$	58
8.11	Phase und Varianz einer Realisation des einfallenden Wellenfeldes für $s = 75$ und $s = 10$	60
8.12	Relativer Fehler und Konfidenz der Wellenzahlbestimmung in Abhängigkeit von der Varianz für die einfallenden Wellen.	62
8.13	Relativer Fehler und Konfidenz der berechneten Wellenzahlbeträge der einfallenden Wellen in Abhängigkeit von der Wellenlaufrichtung Θ	63
8.14	Karten der Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Fehler des Terms der einfallenden Wellen.	64
8.15	Histogramme der mittleren Laufrichtungen im Gebiet der einfallenden Wellen.	65
8.16	Lokale Wellenzahlspektren einer Realisation der einfallenden Wellen.	66
8.17	Lokale Spektren der über alle Realisationen gemittelten, richtungsgefilterten Varianz der einfallenden Wellen.	67
8.18	Karten der Mittelwerte und Standardabweichungen der ermittelten Wellenlaufrichtungen für die einfallenden Wellen.	68
8.19	Phase und Varianz einer Realisation des reflektierten Wellenfeldes für $s = 75$ und $s = 10$	70
8.20	Relativer Fehler und Konfidenz der berechneten Wellenzahlbeträge in Abhängigkeit von der Richtung Θ für den Reflexionsterm.	71
8.21	Histogramme der ermittelten mittleren Wellenlaufrichtungen im Reflexionsgebiet.	71
8.22	Lokale Spektren der ensemblegemittelten Varianz des Reflexionsterms.	72
8.23	Phase und Varianz der Streuungswellen für $s = 75$ und $s = 10$	73
8.24	Relativer Fehler und Konfidenz der berechneten Wellenzahlbeträge in Abhängigkeit von der Wellenlaufrichtung Θ für den Streuungsterm.	74
8.25	Histogramme der ermittelten mittleren Laufrichtungen für die Streuungswellen.	75
8.26	Spektren der Wellenzahlen mit zugehöriger Varianz einer Realisation des Streuungsterms.	76

8.27	Lokale Spektren der ensembledemittelten Varianz des Streuungsterms.	77
8.28	Karte der Mittelwerte und Standardabweichungen der mittleren Wellenaufrichtungen des Streuungsterms.	78
8.29	Phase und Varianz der Gesamtlösung für $s = 75$ und $s = 10$	79
8.30	Verhältnis der ensembledemittelten Varianz des Streuungsterms zu der der einfallenden Wellen.	80
8.31	Relativer Fehler und Konfidenz der berechneten Wellenzahlbeträge in Abhängigkeit von der Wellenaufrichtung Θ für die Gesamtlösung.	81
8.32	Spektren der Wellenzahlen mit zugehöriger Varianz einer Realisation der Gesamtlösung.	82
8.33	Lokale Spektren der ensembledemittelten Varianz der Gesamtlösung.	83
8.34	Diffraaktionsdiagramm für den halbusendlichen Wellenbrecher mit einem Spreadparameter von $s = 75$	85
8.35	Diffraaktionsdiagramm für den halbusendlichen Wellenbrecher mit einem Spreadparameter von $s = 10$	85
8.36	Wellenzahl-Frequenz-Schnitt durch das 3D-Spektrum des untersuchten Wellentank-Datensatzes.	90
8.37	Globales Richtungs-Frequenz-Spektrum über alle Richtungen.	90
8.38	Globales Richtungs-Frequenz-Spektrum des analysierten Bereiches.	91
8.39	Dispersionsgefilterte Frequenzebene.	92
8.40	Berechnete Wellenzahlen und relative Fehler der Wellenzahlen gegen die Sollwellenzahlen.	92
8.41	Konfidenz der Wellenzahlen, aufgetragen gegen die Varianz und die Richtungen.	93
8.42	Phase und Amplitudenquadrat einer dispersionsgefilterten und in zwei Richtungen richtungsgefilterten Frequenzebene.	95
8.43	Globales Richtungs-Frequenz-Spektrum des analysierten Bereiches mit Varianz-Schwellwert.	96
8.44	Berechnete Wellenzahlen und relative Fehler der Wellenzahlen gegen die Sollwellenzahlen mit Varianzschwellwert.	96
8.45	Wellenzahlkonfidenz aufgetragen gegen die Varianz und die Richtungen mit Varianzschwellwert.	97
8.46	Karten der Mittelwerte, Standardabweichungen und der systematischen Fehler des relativen Fehlers im Bereich von -5 dB bis 0 dB.	98
8.47	Lokale Richtungs-Frequenzspektren.	99
8.48	Mittelwerte und Standardabweichungen der Wellenaufrichtungen einer Frequenzebene. . .	100
8.49	Mittelwerte der Wellenaufrichtungen einer Frequenzebene.	101
8.50	Die mit einer Hanning-Funktion multiplizierte Realisation des Reflexionsterms.	104
8.51	Phase und Varianz des richtungsgefilterten Testbildes.	105
8.52	Berechnete Wellenzahlen k_x, k_y sowie Wellenaufrichtung θ für Filterbreiten $N = 8$ und $N = 32$	106
8.53	Phase und Varianz der Modulationstransferfunktionen.	107
8.54	Eine Realisation des Reflexionsterms, richtungsgefiltert mit Filterbreite $N = 8$	108

B.1	Schema der Methode zur Analyse von inhomogenen Wellenfeldern.	126
-----	---	-----

Tabellenverzeichnis

6.1	Technische Daten des multidirektionalen Wellentanks.	30
6.2	Während des CEDEX-Experimentes verwendete Seegangparameter.	32
8.1	Simulationsparameter.	56
8.2	Datensatzparameter.	89