

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Statik TU München

Band 14

Alexander Michalski

**Simulation leichter Flächentragwerke in einer
numerisch generierten atmosphärischen Grenzschicht**

Shaker Verlag
Aachen 2010

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.

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2010

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9317-8

ISSN 1860-1022

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

Zusammenfassung

Windbeanspruchungen bilden für textile Konstruktionen aufgrund ihres geringen Eigengewichts die bemessungsmaßgebende Belastung, wobei insbesondere instationäre turbulente Windfluktuationen bei diesen Tragwerken zu Schwingungserscheinungen führen können. Die Erfassung der dynamischen Bauwerksreaktionen ist aufgrund des speziellen Tragverhaltens, der Werkstoffeigenschaften und der stark ausgeprägten Wechselwirkung von Struktur und Fluid äußerst komplex. Das Simulationswerkzeug der Fluid-Struktur-Wechselwirkungssimulation bietet im Vergleich zu den gängigen Methoden der Ingenieurspraxis, die Möglichkeit, Kraft- und Verformungszustände wirklichkeitsnah zu erfassen. Für dieses Berechnungskonzept ist es notwendig, das turbulente Windfeld stromaufwärts des zu untersuchenden Bauwerks innerhalb einer numerischen Strömungsumgebung zu modellieren. Diese Problematik wurde in bisherigen numerischen Simulationen nur andeutungsweise behandelt. Ziel der Arbeit ist es, diese Lücke zu schließen. Es wird eine Methode, wie eine atmosphärische Grenzschichtströmung innerhalb einer numerischen Strömungssimulation mit einer für die Gebäudeaerodynamik ausreichenden Genauigkeit realisiert werden kann, entwickelt und umgesetzt. Das Strömungsproblem wird hier durch die inkompressiblen Navier-Stokes-Gleichungen und die Turbulenz durch den Ansatz der Grobstruktursimulation modelliert.

Die Grundlagen atmosphärischer Windströmungen in Zusammenhang mit der Tragwerksanalyse werden aufbereitet und vor allem die statistische Beschreibung des mikrometeorologischen Teil des Windspektrums detailliert diskutiert. In dieser Arbeit wird die künstliche Erzeugung von Windgeschwindigkeitszeitreihen, ausgehend von statistischen Beschreibungen turbulenter Windströmungen, eingesetzt. Es werden zwei Verfahren, mit denen zeitlich und räumlich aufgelöste Windfelder erzeugt werden, umgesetzt: die Methode der autoregressiven Prozesse und die Methode der Wellenüberlagerung mithilfe der dreidimensionalen Fourier-Transformation im Wellenzahlbereich auf Basis eines Spektraltensors für atmosphärische Turbulenz. Es wird ein Kopplungsmodul entwickelt, das die Übergabe sowie die räumliche und zeitliche Interpolation der extern erzeugten Windsignale an das numerische Berechnungsgitter regelt. Windfelder werden mittels beider Verfahren generiert und am Einströmrand einer Grobstruktursimulation aufgeprägt. Die so erhaltene numerische Simulation atmosphärischer Grenzschichtströmung wird in Beispielen eingehend getestet und bewertet.

Die Simulationsumgebung bestehend aus Windsimulation und der Fluid-Struktur-Kopplung wird für die Ermittlung der dynamischen Tragwerksantwort eines 29m-Schirms unter Windbelastung angewendet. Die in einer CFD-Simulation ermittelten Druckschwankungen werden mit Ergebnissen am starren, kleinskaligen Schirmmodell aus Windkanaluntersuchungen verglichen. Anschließend wird die Validität der numerischen FSI-Methode anhand eines Feldexperiments gezeigt. Innerhalb dieses Versuchs wird das dreidimensionale turbulente Windfeld sowie Kräfte und Verformungen am 29m-Schirmprototyp gemessen und mit FSI-Simulationsergebnissen verglichen. Die hierfür notwendige numerische Erzeugung eines natürlichen, gemessenen Windfeldes demonstriert die Anwendbarkeit und Leistungsfähigkeit der entwickelten Methode.