

Universität  
Rostock



Traditio et Innovatio

# Beitrag zur Identifikation des Manövrierhaltens von Wasserfahrzeugen für den Entwurf von Assistenzfunktionen

Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)  
der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik  
der Universität Rostock

vorgelegt von Tobias Hahn  
geb. am 30. April 1983, in Vorwerk

Rostock, 4. Februar 2022

---

# Kurzfassung

Die steigenden Ansprüche an Effizienz, Emissionsreduzierung und Sicherheit bei wachsenden Schiffsgrößen und hohem Verkehrsaufkommen stellen aktuell Herausforderungen für die Schifffahrt dar.

Als Lösungsansatz wird in der vorliegenden Arbeit die Erhöhung des Automatisierungsgrades verfolgt, indem Assistenzfunktionen zur Vereinfachung und Verbesserung der Schiffsführung vorgeschlagen werden.

Das Anwendungsgebiet umfasst Schiffe und andere Wasserfahrzeuge, die sich bei geringen Geschwindigkeiten in Längs-, Quer- und Drehrichtung unabhängig voneinander manövrieren lassen. Für diese Fahrzeuge leistet die vorliegende Arbeit einen Beitrag zur Identifikation des Manövrierverhaltens. Das resultierende Prozessmodell wird benötigt, um Assistenzfunktionen zu entwerfen und so die Schiffsführung optimieren zu können. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung einer Methode zur experimentellen Parameterschätzung für das verkoppelte Trägheitsverhalten der dynamischen Schiffsbewegung. Die Dämpfung und Trägheit des Fahrzeugs werden mit arbeitspunktabhängigen Dämpfungs- und Massenmatrizen approximiert. Mit den dargestellten Methoden werden neben den Diagonalelementen auch alle Nebenelemente dieser Matrizen experimentell bestimmbar. Hierzu werden zwei Typen von Bewegungsphasen je Freiheitsgrad ausgewertet: Fahrt bei konstanter Geschwindigkeit und verkoppelte Beschleunigungsphasen.

Die algorithmische Umsetzung umfasst die Parameterschätzverfahren und die darauf aufbauenden Reglerentwurfsverfahren. Die Verifikation und Validierung der Verfahren erfolgt unter Laborbedingungen im Modellmaßstab sowie auf einem Schlepper im freien Gewässer. Anhand der geschätzten Parameter wird der Entwurf einer Assistenzfunktion zum Manövrieren exemplarisch dargestellt und schließlich die Funktion des Gesamtsystems im Einsatz bei Wind und Strömung demonstriert.

Der Vorteil der entwickelten Methode liegt zum einen in der Nutzung vorhandener Daten des regulären Betriebs, sodass die Notwendigkeit von Erprobungsfahrten entfallen kann. Zum anderen erfolgt die Datenverarbeitung und Parameterschätzung automatisiert, sodass die Abhängigkeit von Experten verringert wird.

Durch die Realisierung einer vollumfänglichen Selbsteinstellung könnten Funktionen zum automatischen Manövrieren in Zukunft für eine größere Zahl von Wasserfahrzeugen nutzbar gemacht werden oder hinsichtlich der autonomen Schifffahrt an Bedeutung gewinnen.

---

# Abstract

The increasing demands for efficiency, emission reduction and safe operation with growing ship sizes and high traffic volumes currently pose challenges in shipping.

As a solution approach, the present work pursues the increase of the degree of automation by means of assistance functions to simplify and improve ship handling.

The field of application includes watercrafts that can be manoeuvred independently in longitudinal, transverse and turning directions at low speeds. For this kind of watercrafts, the present work contributes to the identification of the manoeuvring characteristics. The resulting process model is required to design assistance functions and thus to be able to optimise the operation of watercrafts. The focus is on the development of a method for experimental parameter estimation for the coupled acceleration characteristics of the dynamic motion. The damping and inertia of the watercraft are approximated with working point-dependent damping and mass matrices. With the methods presented, all off-diagonal elements of these matrices can be determined experimentally in addition to the diagonal elements. For this purpose, two types of motion are evaluated for each degree of freedom: Cruise at constant speed and coupled acceleration.

The algorithmic implementation includes the parameter estimation approach and, based on this, the controller design approach. The verification and validation of the approaches is carried out under laboratory conditions on a model scale as well as on a tugboat in open water. Based on the estimated parameters, the design of an assistance function for manoeuvring is exemplified and finally the performance of the entire system in wind and current is demonstrated.

The benefit of the methods developed is, on the one hand, the use of existing data from regular operation, so that the need for trials can be avoided. On the other hand, the data processing and parameter estimation is automated, so that the dependence on experts is reduced.

By implementing a comprehensive self-tuning approach, functions for automatic manoeuvring could be made available to a larger number of watercrafts in the future or become more important in terms of autonomous operation.