

Schriftenreihe des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau

Herausgeber:  
Geschäftsführender Direktor des  
Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau  
Ruhr-Universität Bochum

Heft 2010-5

**Kai Oberste-Ufer**

**Steuerung von Tunnelvortriebsmaschinen durch  
Einsatz eines fuzzy-basierten Expertensystems**

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.: Bochum, 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 978-3-8322-9577-6

ISSN 1614-4384

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Steuerung von Tunnelvortriebsmaschinen durch Einsatz eines fuzzy-basierten Expertensystems

*Dipl.-Ing. Kai Oberste-Ufer*

Das Auffahren von Tunnelbauwerken in innerstädtischen Bereichen stellt extrem hohe Anforderungen an die Maschinenteknik und die Fähigkeiten des Schildfahrers. Eine sehr geringe Überdeckung und die damit verbundene Nähe zur unterfahrenen Bebauung erhöhen deutlich das Schadensrisiko. Obwohl moderne Vortriebsmaschinen mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet sind, ist das Auffahren eines Tunnels dennoch stets mit Unsicherheiten verbunden. Hauptziel der Dissertation ist deshalb die Verbesserung der Unterstützung der Maschinensteuerung zur Reduzierung von Setzungen. Diese erfolgt durch die Erfassung und Auswertung der während des Vortriebs gewonnenen Betriebs- und Messdaten innerhalb einer integrativen Steering-Software. Die Auswertung der Daten erfolgt dabei auf Basis von Expertenregeln. Durch den Einsatz von Fuzzylogik können vor allen Dingen auch unscharfe Eingangswerte verarbeitet werden.

Erster Schritt zur Implementierung des Steering-Systems ist die detaillierte Analyse des Systems Maschine-Boden. Beide Systemkomponenten (Boden und Schildmaschine) beeinflussen sich gegenseitig (die Maschine wirkt auf den Boden ein und der Boden auf die Maschine). Jede neue Baugrundsituation stellt aufgrund der geänderten Geologie somit eine neue Einwirkungssituation dar. Es ist demnach von Bedeutung, grundlegende, von der anstehenden Geologie möglichst unabhängige Mechanismen zu charakterisieren und zu beschreiben, die zur Ausbildung der Setzungsmulde führen.

Hierauf aufbauend wurde im zweiten Schritt die zugehörige Regelbasis als Grundlage des Expertensystems entwickelt, im Zuge der Entwicklung kontinuierlich erweitert, angepasst und verbessert. Die einzelnen Regeln stellen die Formalisierung der im ersten Schritt gewonnenen Zusammenhänge dar und bilden, in Form einer durch den Computer verarbeitbaren Repräsentation, die Grundlage der gesamten Auswertung.

Zusammen mit der Definition der funktionellen Systemanforderungen erfolgt anschließend die prototypische Implementierung des Steering-Systems. Diese umfasst die Entwicklung der Schnittstellen zur Maschine, des Expertensystems sowie der graphischen Benutzerschnittstelle. Parallel zur Implementierung des Hauptsystems erfolgt der kontinuierliche Test der Software sowie der zugrundeliegenden Expertenregeln (Verifikation). Dazu wurde eine Simulation der Maschine mit allen relevanten, den Gesamtprozess definierenden Daten (Steuerdaten, Position, Monitoring) entwickelt sowie eine eigenständige Applikation zum Testen der Regelbasis implementiert.

Abschließend wurde die Übertragung des prototypisch entwickelten Steering-Systems in die Praxis überprüft. Dazu wurde ein aktuelles Tunnelbauprojekt ausgewählt und die entwickelte Software vor Ort eingebunden. Dieser Schritt dient der Validierung des Systems, um die Leistungsfähigkeit des gewählten Lösungsansatzes sowie der implementierten Steering-Software aufzeigen zu können. Als Referenzprojekt wurde die Baustelle der U-Bahnlinie U4 in Hamburg gewählt. Zur Validierung der dort gewonnenen Ergebnisse bzw. der im mehrwöchigen Einsatz des Systems generierten Steueranweisungen wurden die Ergebnisse von entsprechenden Fachleuten begutachtet.