

Simon Densborn

Modellierung, Regelung und Trajektoriengenerierung für ein flexibles Mehrkörpersystem am Beispiel einer Feuerwehdrehleiter

Band 63

**Berichte aus dem
Institut für Systemdynamik
Universität Stuttgart**



Berichte aus dem
Institut für Systemdynamik
Universität Stuttgart

Band 63

Simon Densborn

**Modellierung, Regelung und Trajektoriengenerierung
für ein flexibles Mehrkörpersystem am Beispiel einer
Feuerwehdrehleiter**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag
Düren 2022

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.: Stuttgart, Univ., Diss., 2022

Copyright Shaker Verlag 2022

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8612-6

ISSN 1863-9046

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzfassung

Feuerwehdrehleitern werden naturgemäß meist in sehr zeitkritischen sowie für den Bediener mental belastenden Situationen genutzt. Zudem sind mehr als 99 % der Feuerwehren in Deutschland, Stand 2017, ehrenamtliche Abteilungen [43]. Trotz intensiver feuerwehrtechnischer Ausbildung kann während des Einsatzes nicht auf eine tägliche Erfahrung im Umgang mit dem Hubrettungsgerät zurückgegriffen werden. Daher sind Assistenz- und Unterstützungsfunktionen zum sicheren, einfachen und schnellen Drehleiterbetrieb von großer Bedeutung.

Drehleitern sind in einer hohen Variantenvielfalt in Leiterlängen bis zu 68 m sowie Ausführungen mit und ohne Gelenkarm verfügbar. Assistenz- und Regelfunktionen müssen auf allen Typen funktionsfähig sein. Aus diesem Grund wird ein modellbasierter Entwurf der Regelsysteme durchgeführt, welcher ein valides Streckenmodell voraussetzt. Die vorliegende Arbeit stellt ein Verfahren zur Modellierung der Leiterdynamik als flexibles Mehrkörpersystem (FMKS) nach der Lagrange Gleichung zweiter Art vor. Die Diskretisierung der Flexibilität erfolgt nach dem Ritz-Verfahren. Es wird ein Modellierungsverfahren abgeleitet, mit dem es möglich ist, diesen Modellierungsansatz auch für eine hohe Anzahl an flexiblen Elementen effizient durchzuführen. Die Modellierung nach der Lagrange Gleichung zweiter Art bietet den Vorteil, dass linearisierte Systemmatrizen für jeden gewünschten Arbeitspunkt in geschlossener Form berechenbar sind. Als Ansatzfunktionen der Ritz-Diskretisierung werden die Eigenformen von Euler-Bernoulli Balken sowie Torsionsstäben genutzt. Dazu werden für Euler-Bernoulli Balken mit innerem Momentenlager die Eigenformen und charakteristischen Gleichungen analytisch hergeleitet.

Im Anschluss an die Modellierung werden drei Assistenzsysteme für Feuerwehdrehleitern vorgestellt. Es wird ein Modul zur Trajektoriengenerierung abgeleitet, welches vorher abgespeicherte Trajektorien glättet und anschließend zeitoptimiert abfährt. Ein weiteres Verfahren fährt beliebige Zielpunkte im Arbeitsraum zeitoptimiert an. Zur Umsetzung dieser Trajektorien wird ein Verfahren zur Trajektorienfolgeregelung entwickelt, welches die begrenzte Hydraulikölförderleistung der Aktorik berücksichtigt. Während des Betriebs einer Feuerwehdrehleiter treten zwangsläufig strukturdynamische Schwingungen im Leitersatz auf. Um die Auswirkungen auf die Positioniergenauigkeit zu reduzieren und dadurch die Einsatzgeschwindigkeit zu erhöhen, wird ein bereits bekanntes Verfahren zur aktiven Schwingungsdämpfung auf Drehleitern mit fünf Freiheitsgraden erweitert. Der analytische Entwurf eines Luenberger-Beobachters auf Basis der Struktur des Systemmodells ermöglicht dabei eine allgemein gültige Beobachterparametrierung.