

Berichte aus der Steuerungs- und Regelungstechnik

Klaus Röbenack

**Regler- und Beobachterentwurf für nichtlineare
Systeme mit Hilfe des Automatischen Differenzierens**

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Habil.-Schr., 2005

Copyright Shaker Verlag 2005

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4414-X

ISSN 0945-1005

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

In den vergangenen zwei bis drei Jahrzehnten wurden differentialgeometrische Methoden zum Regler- und Beobachterentwurf für nichtlineare Systeme entwickelt. Die Grundidee dieser Verfahren besteht im wesentlichen darin, das betrachtete System aufgrund differentialgeometrischer Überlegungen in eine geeignete Normalform zu transformieren, in der die jeweilige Entwurfsaufgabe besonders einfach durchzuführen ist. Dem Reglerentwurf mittels exakter Eingangs-Ausgangs-Linearisierung liegt beispielsweise die Byrnes-Isidori-Normalform zugrunde, beim Beobachterentwurf werden häufig die Beobachtbarkeits- bzw. die Beobachter-Normalform verwendet. Bei der Implementierung der jeweiligen Regelungseinrichtung muß die verwendete Koordinatentransformation berücksichtigt werden. Dabei spielen *Lie-Ableitungen* und *Lie-Klammern* eine zentrale Rolle. Diese Ableitungen wurden bisher per Hand oder symbolisch mittels Computeralgebra-Systemen berechnet. Bereits bei einfachen Systemmodellen kann man sehr große Ausdrücke für den Regler bzw. Beobachter erhalten.

Eine Alternative zur symbolischen Berechnung von Ableitungen stellt die Methode des *Automatischen Differenzierens* dar. Die zu differenzierende Funktion muß als Programm in einer geeigneten Programmiersprache vorliegen. Die Grundidee beim Automatischen Differenzieren besteht in der systematischen Anwendung der Kettenregel auf das in seine elementaren Operationen zerlegte Programm unter Berücksichtigung der bekannten Ableitungsregeln für elementare Funktionen. Im Gegensatz zum symbolischen Differenzieren werden bei diesem Vorgehen numerische Zahlenwerte anstelle symbolischer Ausdrücke verwendet. Dadurch wird ein explosionsartiges Anwachsen des Speicher- und Rechenaufwandes wie bei der Manipulation symbolischer Ausdrücke im Fall höherer Ableitungen vermieden.

Das vorliegende Buch behandelt den Entwurf von Regelungseinrichtungen für nichtlineare Regelstrecken mit dem Ziel, die Methode des Automatischen Differenzierens für die Lösung von Regelungsaufgaben zu erschließen. Es wird gezeigt, daß durch den Einsatz des Automatischen Differenzierens differentialgeometrisch orientierte Regelungskonzepte auch bei komplizierteren Systemen eingesetzt werden können. Die entwickelten Ansätze und Berechnungsverfahren werden an einem aus der Literatur entnommenen Spektrum von Entwurfsmethoden erprobt.