

Gedanken zur Regelungsnormalform linearer hyperbolischer PDE-ODE-Mehrgrößensysteme

S. Ecklebe†, L. Mayer†, F. Woittennek†

†Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik, UMIT TIROL, Eduard-Wallnöfer-Zentrum 1, Tel: ++43(0)50/86483930, E-Mail: stefan.ecklebe@umit-tirol.at

Die Steuerung und Regelung von Systemen mit örtlich verteilten Parametern (SVPs) hat eine lange Geschichte, insbesondere im Bereich der angewandten Mathematik mit funktionalanalytischen Ansätzen auf Basis der Zustandsraumtheorie sowie der optimalen Regelung. Allerdings fehlt es derzeit an einem einheitlichen Überblick über die Regelungstheorie von SVPs, obwohl in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte erzielt wurden. Insbesondere ermöglicht die Backsteppingmethode (siehe z.B. [1]) den Regelungsentwurf für eine große Klasse von Systemen innerhalb eines einheitlichen Rahmens. Eine weitere leistungsstarke Methode ist Erweiterung des Konzepts der differentiellen Flachheit auf SVPs [2], welches für den Steuerungsentwurf etabliert ist und bereits erfolgreich für den Regelungsentwurf hyperbolischer Systeme eingesetzt wurde. Trotz der unterschiedlichen Natur beider Ansätze besteht eine interessante Gemeinsamkeit: Beide eignen sich gut um bekannte normalformbasierte Entwurfstechniken für lineare und nichtlineare konzentriertparametrische Systeme auf SVPs zu adaptieren. Präziser ausgedrückt lassen sich Zustandsrückführungen und Beobachter direkt aus den zugehörigen Regler- bzw. Beobachternormalformen ableiten (siehe z.B. [3] für den Eingrößenfall). Zusammenfassend ermöglicht dies einen einfachen Entwurf von beobachterbasierten Folgeregelungen und öffnet den Weg zu einem neuen allgemeinen Normalformansatz für die Behandlung vieler SVP-Klassen sowohl aus der Backstepping-, als auch Flachheitsperspektive innerhalb des gleichen Rahmens, welcher im Fokus des PDEForm-Projekts steht.

Der Vortrag beginnt mit der Wiederholung vorhandener Ergebnisse zu Regelungsnormalformen für ODE-Mehrgrößen- als auch hyperbolische PDE-ODE-Eingrößensysteme. Auf Basis dieser werden die strukturellen Eigenschaften einer Regelungsnormalform für hyperbolische PDE-ODE-Mehrgrößensysteme motiviert. Der Hauptteil widmet sich den notwendigen Schritten zur Einführung eines Normalformzustands, die anhand eines einfachen Beispiels nachvollzogen werden. Der Vortrag schließt mit einer Einordnung der Ergebnisse sowie der Benennung offener Forschungsfragen in Hinblick auf nichtlineare ODE-Randsysteme.

Literatur

- [1] Krstic, M.; Smyshlyaev, A.: Boundary Control of PDEs — A Course on Backstepping Designs, SIAM, Philadelphia 2008.
- [2] Rudolph, J.: Flatness based control of distributed parameter systems, Shaker, Aachen, 2003.
- [3] Gehring, N.; Irscheid, A.; Deutscher, J.; Woittennek, F.; Rudolph, J.: Control of distributed-parameter systems using normal forms: an introduction, at - Automatisierungstechnik, 71(8), 624-646, 2023.