



**Informatik-Verbund Stuttgart**  
der Universität Stuttgart



## **IVS-Award 2022**

**mit Prämierung am 15.11.2022 für**

### **Frau Anne Koch**

**für ihre am Institut für Systemtheorie und  
Regelungstechnik (IST) durchgeführte Doktorarbeit  
(Abgabe: 2022) mit dem Titel**

#### **Determining input-output properties of linear time-invariant systems from data**

##### **Zusammenfassung**

Mit der stark steigenden Verfügbarkeit von Daten erfreuen sich Techniken des Maschinellen Lernens und anderer datenbasierter Methoden zunehmender Beliebtheit und werden in vielen Anwendungsbeispielen erfolgreich angewendet. Dazu gehören Reglerentwurfsverfahren, bei denen Eingangs-/Ausgangsdaten häufig verfügbar sind, während ein mathematisches Modell des Systems schwer herzuleiten ist. Die meisten datenbasierten Methoden zur Regelung dynamischer Systeme können jedoch keine Stabilitäts- und Robustheitsgarantien bieten. Solche Garantien sind allerdings von größter Bedeutung, um nicht nur die Sicherheit in kritischen Systemen wie z. B. dem autonomen Fahren oder in Chemieanlagen zu gewährleisten, sondern auch um das Vertrauen und die gesellschaftliche Akzeptanz solcher autonomen Systeme, die über datenintegrierte Ansätze gesteuert werden, zu erhöhen. Basierend auf der Regelungstheorie leitet Anne Koch in ihrer Dissertation Formeln her und stellt Algorithmen vor, die es erlauben, Systemeigenschaften aus Daten mit mathematischen Garantien zu bestimmen. Dies erlaubt nicht nur Systeme auf der Basis von Daten zu analysieren, sondern auch Regler mithilfe solcher Systemeigenschaften zu entwerfen, die Stabilität und Robustheit garantieren können.

Insbesondere werden in der Dissertation von Anne Koch drei komplementäre datengetriebene Analysemethoden vorgestellt, die Systemeigenschaften direkt aus Daten bestimmen, ohne zuerst ein mathematisches Modell abzuleiten. Dazu gehören iterative Methoden, bei denen Daten aktiv durch Experimente an dem unbekanntem System gesammelt werden, sowie Ansätze, die auf verfügbaren (Offline-)Daten basieren. Alle diese Ansätze sind einfach anzuwenden, stellen geringe Anforderungen an die Daten und bieten rigorose Garantien.

## Abstract

With the rising amount of available data, techniques from machine learning and data science are increasingly popular and are applied successfully in many application examples. This includes engineering problems, where oftentimes input-output data is readily available while a mathematical model of the system is hard to obtain. However, most data-driven methods to control dynamical systems cannot provide stability and robustness guarantees. This is a major shortcoming as such rigorous theoretical treatments, which can analyze and guarantee stability and robustness, are essential to prevent potentially severe accidents. Building on strong theories from the field of systems and control, the dissertation of Anne Koch derives formulas and introduces algorithms to determine system properties from data with mathematical guarantees. This not only allows to analyze systems from data but also to design controllers on the basis of such system properties that can guarantee stability and robustness for the controlled system.

More particularly, Anne Koch introduces three complementary data-driven analysis methods to determine input-output properties directly from data without deriving a mathematical model first. This includes iterative methods, where data is actively sampled by performing experiments on the unknown system, as well as approaches based on available (offline) data. All these approaches are simple to apply, come with low requirements on the data, and provide rigorous theoretical guarantees.