



## **Aufgabenstellung für die <Studien-/Diplom-/Projektarbeit im Rahmen des Forschungspraktikums>**

# **Automatische Identifikation parametrischer Modelle in smarten Fermenter-Modulen**

### **Kontext**

Smarte Process Equipment Assemblies (PEA)<sup>1</sup> sollen in Zukunft automatisch dynamische Simulationsmodelle identifizieren können, die den von ihnen ausgeführten Prozessschritt beschreiben. Diese Modelle können anschließend als Grundlage für modellbasierte Unterstützungssysteme wie Softsensoren oder modellprädiktive Regler dienen. Zu diesem Zweck könnte der PEA-Hersteller wertvolles Vorwissen und typische Modellierungsansätze für einen spezifischen Prozessschritt sowie ein Framework zur Modell- und Parameteridentifikation in seine smarte PEA integrieren. In der aktuellen Fachliteratur sind einige eng verwandte Ansätze für die kombinierte Modell- und Parameteridentifikation wie die Mixed-Integer-Optimierung (Wilson and Sahinidis, 2019), Sparse-Identification (Brunton et al., 2016) und Symbolic-Regression (Schmidt und Lipson, 2009) zu finden. Für best-mögliche Ergebnisse sollten diese Ansätze mit der modellbasierten Versuchsplanung (Tsay et al., 2017) verknüpft werden. Im Rahmen der Arbeit ist ein Konzept für die automatische Identifikation parametrischer Modelle in smarten Fermenter-PEAs auf Basis der genannten Methoden und des Vorwissens des PEA-Herstellers zu entwickeln.

### **Wissenschaftliche Fragestellungen**

- Welche typischen Modellansätze für Fermentationsprozesse sollten in die smarte Fermenter-PEA integriert werden? Welche Beziehung besteht zwischen diesen Ansätzen?
- Welches Vorwissen des PEA-Herstellers kann in der Identifikation genutzt werden?
- Welche Beziehung besteht zwischen den genannten Methoden zur Modell- und Parameteridentifikation? Wie gelingt auf Basis dieser Methoden ein verallgemeinerbarer, robuster Ansatz für den Einsatz in smarten Fermenter-PEAs?
- Wie sollten diese Methoden mit der modellbasierten Versuchsplanung kombiniert werden, um Modelle unter Berücksichtigung von Randbedingungen möglichst zeit- und kosteneffektiv identifizieren zu können?

### **Lastenheft**

1. Literaturrecherche und begründete Auswahl der Forschungsmethodik zur Bearbeitung der Fragestellungen. Das schriftliche Ergebnis dieses Arbeitspakets dient als Meilenstein
  2. Zielgerichtete Beantwortung der Fragestellung durch systematische Anwendung der ausgewählten Forschungsmethodik
  3. Kritische abschließende Bewertung der gewählten Arbeitsweise und der Forschungsergebnisse
- Die Arbeit ist gemäß der Richtlinie des Instituts für Automatisierungstechnik durchzuführen. Eignung und Qualität der erstellten Software sind durch automatisierte Komponenten-, Integrations- und Systemtests nachzuweisen.

### **Voraussetzungen:**

Freude am selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, Verständnis für Prozessanalyse und Versuchsplanung, Grundkenntnisse im Bereich numerische Simulation und Optimierung

**Betreuer:** Dipl.-Ing. Jonathan Mädler

**Verantwortlicher HSL:** Prof. Dr.-Ing. habil. Urbas

---

<sup>1</sup> PEAs sind in der VDI/VDE/NAMUR 2658 und der VDI 2776 standardisierte Prozessmodule.

## Literatur

Brunton, S. L., Proctor, J. L., & Kutz, J. N. (2016). Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 113(15), 3932–3937. **Hinweis:** Prof. Brunton betreibt einen spannenden Youtube-Kanal. Dort ist auch ein Video zum Thema Sparse-Identification zu finden: <https://www.youtube.com/watch?v=gSCa78Tldg>

Schmidt, M., & Lipson, H. (2009). Distilling free-form natural laws from experimental data. *science*, 324(5923), 81–85.

Tsay, C., Pattison, R. C., Baldea, M., Weinstein, B., Hodson, S. J., & Johnson, R. D. (2017). A superstructure-based design of experiments framework for simultaneous domain-restricted model identification and parameter estimation. *Computers & Chemical Engineering*, 107, 408–426.

Wilson, Z. T., & Sahinidis, N. V. (2019). Automated learning of chemical reaction networks. *Computers & Chemical Engineering*, 127, 88–98.