

## BioOpti

Modellbasierte Regelung und Monitoring biotechnologischer Prozesse

|                                 |   |                        |            |
|---------------------------------|---|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | FORPA, Dissertaionen 2024, Industrienahe<br>Dissertationen 2025                             | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 01.11.2025  | <b>Projektende</b>     | 30.04.2028 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2025 - 2028   | <b>Projektlaufzeit</b> | 30 Monate  |
| <b>Keywords</b>                 | Biotechnologie, Regelung, Monitoring, Prozessoptimierung, Digitalisierung,<br>modellbasiert |                        |            |

### Projektbeschreibung

Biotechnologische Prozesse leisten einen zentralen Beitrag zur nachhaltigen Industrie – etwa in der Herstellung von Biotreibstoffen, biobasierten Chemikalien, Lebens- und Futtermitteln oder pharmazeutischen Wirkstoffen. Viele dieser Prozesse weisen ein hohes Potenzial für Effizienzsteigerung und Qualitätsverbesserung auf, das derzeit jedoch durch fehlende oder unzureichende Automatisierungs- und Überwachungslösungen ungenutzt bleibt.

Ziel des beantragten Dissertationsprojekts ist es, modellbasierte Monitoring- und Regelungsverfahren zu entwickeln, die die Betriebsstabilität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit verschiedener biotechnologischer Prozesse optimieren soll. Im Zentrum stehen kombinierte Ansätze aus physikalischer Modellbildung, datengetriebener Systemanalyse und moderner Regelungstechnik.

Das methodische Vorgehen beginnt mit der Auswahl geeigneter Prozesse in enger Zusammenarbeit mit Industrie- und Forschungspartnern. Der Fokus liegt zunächst auf sterilen Kultivierungsprozessen, da diese durch ihre definierte Umgebung besser strukturiert analysierbar sind. In weiterer Folge soll das Vorgehen auf Mischkulturenprozesse ausgeweitet werden, die höhere Anforderungen an Modellierung und Regelung stellen.

Für die ausgewählten Prozesse werden dynamische Modelle erstellt, wobei sowohl mechanistische als auch datengetriebene Ansätze untersucht werden sollen. Darauf aufbauend werden Softsensoren zur Online-Berechnung nicht direkt messbarer Größen entwickelt. Für die Regelung werden modellbasierte und adaptive Strategien erarbeitet, die sowohl Stabilität als auch Prozessleistung unter realen Bedingungen optimieren sollen.

Die Validierung der entwickelten Methoden soll sowohl anhand umfangreicher Simulationsstudien, also auch anhand realer Prozessdaten erfolgen, um einen hohen Praxisbezug sicherzustellen.

Abschließend werden die neu entwickelten Methoden hinsichtlich Performanz, Robustheit und Effizienz bewertet, sowie hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Skalierbarkeit im industriellen Umfeld. Zudem wird analysiert, inwiefern sich die Ansätze auf weitere biotechnologische Prozesse (sowohl sterile Prozesse also auch Mischkulturenprozesse) übertragen lassen, um eine möglichst breite industrielle Nutzung sicherzustellen.

Langfristig ist geplant, die Methoden in Softwarelösungen und Dienstleistungen zur Prozessoptimierung zu überführen.

Damit werden zentrale Hebel für die Digitalisierung, Effizienzsteigerung und nachhaltige Skalierung industrieller

Biotechnologie adressiert.

## **Abstract**

Biotechnological processes play a key role in sustainable industry – for example, in the production of biofuels, bio-based chemicals, food and food additives, or pharmaceutical ingredients. Many of these processes offer significant potential for improving efficiency and product quality, which often remains untapped due to insufficient automation and monitoring solutions.

The aim of the proposed PhD project is to develop model-based monitoring and control strategies to improve operational stability, efficiency, and economic performance of various biotechnological processes. The focus lies on integrated approaches combining physical modeling, data-driven system analysis, and modern control engineering.

The methodological approach starts with the selection of suitable processes in close collaboration with industry and research partners. Initial efforts will focus on sterile cultivation processes, which are better suited for structured analysis due to their well-defined conditions. In a second step, the methods will be extended to more complex mixed-culture processes, which pose greater challenges in terms of modeling and control.

For the selected processes, dynamic models will be developed, considering both mechanistic and data-driven modeling approaches. Based on these models, soft sensors will be designed to enable the real-time estimation of key variables that cannot be measured directly. In parallel, model-based and adaptive control strategies will be developed to ensure robust and efficient process performance under realistic operating conditions. The validation of the developed methods will be carried out through extensive simulation studies as well as real process data, ensuring high practical relevance. Finally, the developed methods will be evaluated with respect to performance, robustness, and efficiency, along with assessments of economic feasibility and scalability under industrial conditions. In addition, the transferability of the methods to other biotechnological processes – including both sterile and mixed-culture systems – will be analyzed to ensure the broadest possible industrial applicability.

In the long term, the developed methods are intended to be integrated into software tools and services for process optimization. In doing so, the project addresses key levers for the digitalization, efficiency improvement, and sustainable scaling of industrial biotechnology.

## **Projektpartner**

- BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH