

## DEEPEN

Data based expert system for process efficiency

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktion der Zukunft, Produktion der Zukunft, PdZ - 2021 Nationale Projekte	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.01.2022	<b>Projektende</b>	31.12.2024
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2024	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	Kunststoff-Extrusion, datengetriebene Modellierung, Expertensystem		

### Projektbeschreibung

Produktionsprozesse in der Kunststofftechnik werden durch eine Vielzahl an Größen beeinflusst und zeigen generell ein nichtlineares und zeitlich veränderliches Verhalten. Diese hohe Komplexität erschwert eine systematische Prozessautomatisierung und Qualitätsüberwachung. Überdies weisen moderne Extrusionsverfahren für Rohre zusätzliche Verfahrensschritte auf, was diese Problematik verschärft. Im vorliegenden Projekt sollen die methodischen Grundlagen geschaffen werden, um diese neuen Extrusionsprozesse einerseits durch datengetriebene Modelle zu beschreiben, andererseits soll das vorhandene Expertenwissen in diese Modelle integriert werden. Alle Methoden sollen generisch entwickelt werden, so dass eine Anwendung auf andere Extrusionslinien mit ähnlichen Prozessen möglich wird.

Im Projekt werden die folgenden Inhalte bearbeitet: Die vorhandenen Daten des Produktionsprozesses werden gesichtet und aufbereitet. Diese Daten werden anschließend einer Sensitivitätsanalyse zugeführt. Beginnend mit klassischen Methoden der Statistik soll über robuste und nichtlineare Methoden eine erste Erkenntnis über die stärksten Prozesseinflüsse gewonnen werden. Diese Ergebnisse sind mit dem Expertenwissen an der Produktionsanlage abzugleichen. Darauf basierend wird ein statisches Prozessmodell aufgebaut, welches mit geeigneter Optimierung an verschiedene Modellstrukturen angepasst wird. In der Folge wird ein dynamisches Prozessmodell erstellt. Dieses beschreibt transiente Vorgänge und die zeitlichen Abfolgen der Prozessschritte. Das Prozessmodell soll als Resultat alle wesentlichen Prozesszustände enthalten und online wie ein Beobachter Daten liefern. Aus den so ermittelten Prozesszuständen wird ein Soft-Sensor für Produktqualität aufgebaut. Hier können, wie in der Prozessmodellierung, neuronale Netze mit Feature Extraction und adaptierte Methoden aus dem Machine Learning verwendet werden. Damit ist die Grundlage für einen ersten Automatisierungsschritt mit Human-in-the-Loop gegeben. Dies wird durch Entwicklung eines Expertensystems erleichtert, in das die wesentlichen Größen von Prozessmodell, Soft-Sensor und schließlich der Experten-Entscheid eingehen. Dieses System soll selbst-lernend sein, so dass die Auswirkungen der Entscheidungen zur Verbesserung zur Verfügung stehen.

Das Projekt wird durch die kürzlich fertiggestellte Digitalisierung der Produktionsstätten vom Industriepartner Pipelife ermöglicht. Es wird im Projekt möglich sein, die Datenerfassung und -verarbeitung geeignet anzupassen und wo notwendig, auch zusätzliche Anlagenmessungen durchzuführen. Überdies ist im Rahmen des Projektes ein Proof-of-Concept geplant, bei dem an einer Produktionsanlage das finale Expertensystem getestet und mit der Normalproduktion verglichen wird.

Mit den Projektergebnissen werden die Effizienz der Produktion insgesamt erhöht, Ausschuss reduziert und das

Qualitätslevel besser gehalten. Chargenwechsel funktionieren schneller und Prozessadaptionen können gezielt durchgeführt werden. Die verwendeten Methoden sind in diesem Industriesegment völlig neu, stellen die erste selbstlernende Lösung für verkettete Extrusionslinien dar und reduzieren den Verbrauch von wertvollen Ausgangsstoffen. Somit werden positive Nachhaltigkeitseffekte erzielt. Zusätzlich sind Schritte und Methoden zur Implementierung des Expertensystems auf anderen Produktionslinien klar vorgegeben und validiert.

## **Abstract**

Production processes in plastics technology are influenced by many variables and generally exhibit nonlinear and time-varying behavior. This high complexity makes systematic process automation and quality monitoring difficult. Moreover, modern extrusion processes for pipes are characterized by additional process steps, which leads to an increased complexity. In the present project, the methodological basis is to be established to describe these new extrusion processes by means of data-driven models on the one hand, and to integrate the existing expert knowledge into these models on the other hand. An essential aspect for all these models is that the methods are developed generically, so that an application of these modeling steps and methods to other extrusion lines with similar processes becomes directly possible.

Accordingly, the following contents will be worked on in the project: The existing data of the production process will be reviewed and pre-processed. These data will then be subjected to a sensitivity analysis. Starting with conventional methods of statistics, the strongest process influences are determined via robust and non-linear methods. These results are compared with the expert knowledge at the production plant. Based on this, a static process model is built, which is adapted to different model structures using optimization techniques. Subsequently, a dynamic process model is created, which contains transient processes and time sequences of the process steps. As a result, the process model contains all essential process states and provides online data like an observer. These process states are utilized to build a soft sensor for product quality. Similar to the process modeling, neural networks with feature extraction and adapted methods from machine learning can be used here. This provides the basis for a first automation step with human-in-the-loop. This will be facilitated by the development of an expert system, into which the essential variables of process model, soft sensor and finally the expert decision will be incorporated. This system should be self-learning, so that the effects of the decisions are available for improvement.

The project is made possible by the recently completed digitization of the production facilities by the industry partner Pipelife. During the project, it will be possible to suitably adapt data acquisition and processing, and to carry out additional plant measurements where necessary. Furthermore, a proof-of-concept is planned as part of the project, in which the final expert system will be tested on a production plant and compared with normal production.

As a result of the project, overall production efficiency is increased, scrap is reduced, and the quality level is better maintained. Batch changes work faster, and process adaptations can be carried out in a targeted manner. The results represent the first self-learning solution for multi-stage extrusion processes and reduce the consumption of valuable raw materials. Consequently, a positive impact on sustainability is achieved. In addition, steps and methods for implementing the expert system on other production lines are clearly specified and validated.

## **Projektkoordinator**

- Technische Universität Wien

## **Projektpartner**

- FH JOANNEUM Gesellschaft mbH

- PIPELIFE International GmbH
- Pipelife Nederland B.V.