Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Endress+Hauser

Abschlussbericht zu BMLE-Projekt

Intensivierung von Separationsprozessen in der Lebensmittelindustrie durch Digitale Zwillinge und intelligente Prozesskontrolle (InSeLDiP)

Gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Förderkennzeichen: 281A503A19

Laufzeit des Vorhabens: 15.10.2020 – 31.01.2024

Berichtszeitraum des Vorhabens: 15.10.2020 – 31.01.2024

Zuwendungsempfänger: Endress+Hauser (Deutschland) GmbH + Co. KG

Inhalt

I. Kurzdarstellung 2

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung und wiss./ techn. Stand der Technik 2
2. Ablauf des Vorhabens 2
3. Wesentliche Ergebnisse 3

II. Eingehende Darstellung 4

1. Übersicht über die durchgeführten Arbeiten 4
2. Erläuterung der wichtigsten Positionen im zahlenmäßigen Nachweis 6
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit 6
4. Voraussichtliche Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse 6
5. Änderung im wissenschaftlichen und technischen Stand der Technik während der Projektlaufzeit 6
6. Übersicht über erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse 6

Kurzdarstellung (max. 2 Seiten)

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung und wiss. / techn. Stand der Technik

Steigender Wettbewerbsdruck zwingt auch die deutsche Ernährungsindustrie ihre Prozesse immer weitreichender zu automatisieren und zu digitalisieren. Produktionsprozesse werden zunehmend vernetzter und bilden nicht mehr nur den physikalischen Produktionsprozess, sondern auch die zugehörige digitale Welt ab. Die standortübergreifende Entscheidungsunterstützung erfolgt dabei durch cyber-physische Produktionsprozesse (CPPS), die in Echtzeit optimierte Verfahrensweisen für eine höhere Ressourceneffizienz beschreiben und damit die Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen.

Ziel des Projektes, modellhaft für zwei Separationsverfahren für die Lebensmittelindustrie Digitalisierungskonzepte zu entwickeln, die die Chancen einer auf Prozessverständnis basierenden Regelung nutzen. Datengetriebene und modellbasierte Verfahren sollen dabei kombiniert werden, um die vorhandenen Produktionsprozesse zu optimieren. Die Kombination der Verfahren erlaubt die Erstellung hybrider digitaler Zwillinge, welche auf Basis gesammelter Prozessdaten und vorhandenem Expertenwissen, sowie formalisierten physikalischen und empirischen Modellen, den Produktionsprozess und seine Einfluss- und Ausgabegrößen charakterisieren können. Dies erlaubt die online-Optimierung und ermöglicht so eine nachhaltige Prozessführung unter Einschließung bisher oft nicht genutzter historischer Datensätze.
Endress+Hauser unterstützt das Projekt damit im Wesentlichen durch Sensorik/Messtechnik und der digitalen Kommunikation zur Implementierung eines Digitalen Zwillings. Dies erfolgte in Zusammenarbeit mit den Partnern/Verbundunternehmen.

2. Ablauf des Vorhabens

AP 1: Anforderungsermittlung

Zu Beginn des Projektes werden die zu betrachtenden Anwendungsfälle genau festgelegt und daraus systematisch Anforderungen an das Digitalisierungskonzept abgeleitet.

AP 2: Digitalisierung von Produktionsprozessen

Zur Digitalisierung der Laboranlage werden diese mit entsprechender Software und digitaler Sensorik, Aktorik ausgestattet. Daraus abgeleitet erfolgen Datenerhebungen für den digitalen Zwilling, die mit historischen Daten kombiniert und analysiert werden.

AP 3: Hybride Digitale Zwillinge

Für die Anwendungsfälle werden zur Prozessoptimierung hybride digitale Zwillinge erstellt. Sie bestehen a) aus mechanistischen Modellen, die prozessrelevante Zusammenhänge mathematisch und durch Multiphysikansätze abbilden, um z.B. messtechnisch nicht erfassbare Größen zu beschreiben, und b) aus datengetriebenen Modellen, für die die in AP 2 erfassten Prozessdaten mit historischen Datensätzen kombiniert und analysiert werden.

AP 4: Prozessoptimierung und Assistenz

Zur Nachvollziehbarkeit des digitalen Zwillings wird das Expertenwissen des Bedienpersonals erhoben und mithilfe dessen ein Assistenzsystem konzipiert, das die Ergebnisse und Empfehlungen des digitalen Zwillings anzeigt und (nach Quittierung) automatisiert umsetzt.

AP 5: Evaluation des Gesamtansatzes

Zum Abschluss werden die entwickelten Konzepte an den Anwendungsfällen evaluiert.

3. Wesentliche Ergebnisse

In enger Zusammenarbeit mit den Verbundunternehmen des Projekts InSeLDiP wurde ein Digitaler Zwilling für die Laboranlage implementiert. Das Digitalisierungskonzept aus dem Lastenheft konnte dabei umgesetzt werden, woraus die gewonnen Daten gesammelt wurden, die in der Migration der Prozesssteuerung und der Integration der IIoT und Sensorik verwendet wurden. Automatisierte Verfahren wurden optimiert, weiterentwickelt und für die verschiedenen Anwendungsfälle angepasst.

Durch Datenanalyse und Expertenvalidierung entstand ein datengetriebenes Modell zur Prozessoptimierung, insbesondere zur Vorhersage des Transmembrandrucks. Prozessdaten während des Betriebes wurden ausgelesen, archiviert. Die Erkenntnisse und Informationen daraus dienten im Wesentlichen der Erstellung des digitalen Zwillings. Es folgt die permanente Berechnung des optimalen Durchflusses und Übermittlung an die SPS. Bei Feststellung einer Abweichung zu den Prozessbedingungen erfolgt der entsprechende Korrektureingriff. Mit fortlaufender Entwicklung zeigte sich eine kontinuierliche Verbesserung. Der Digitale Zwilling konnte den Filtrationsprozess immer genauer überwachen.

I. Eingehende Darstellung (max. 20 Seiten)

1. Übersicht über die durchgeführten Arbeiten

Nachfolgend die durch Endress+Hauser unterstützen Arbeiten der im Projekt InSeLDiP betrachteten Anwendungsfälle für Separationsprozesse und anschließend die Projektergebnisse im Rahmen der verschiedenen Arbeitspakete.

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Anwendungsfälle für Separationsprozesse bearbeitet. Diese wurden zu Projektbeginn gemeinsam mit den industriellen Projektpartnern im Rahmen von Workshops und bilateralen Treffen durch Erfassung von IST- und SOLL-Zustand, Anforderungen, Risiken und Evaluationsplanung detailliert.
Dabei wurden diverse Themen bearbeitet:

- Echtzeitanforderung (gefordert war die kontinuierliche Überwachung während der Produktion; Echtzeitdatenkommunikation sowie sporadische Eingriffe zur Festlegung neuer Parametersätze)
- Automatisierung (geführte Nutzung für Bediener bzw. der direkte Eingriff mit oder ohne Hinweismeldung
- Datenqualität (Anpassung der Schärfe/Unschärfe der Modelle auf Grundlage fehlender Datenpunkte, Extrapolation)

Die Ausprägung des digitalen Zwillings ist Anwendungsfall abhängig. Je nach Ausprägung wird hier der digitale Zwilling unterschiedlich ausgeführt. Gleichzeitig sollte das Grundkonzept für alle Anwendungsfälle replizierbar angewandt werden. Der digitale Zwilling soll dabei den Einfluss unterschiedlicher Parameter auf den Prozess ermitteln. Das für die dynamische Cross-Filtration abgeleitete Metamodell soll in der Zukunft für die unterschiedlichen Anwendungen einsetzbar sein. Damit soll ein direkter Eingriff in die Steuerung ermöglicht werden.

Am Beispiel zweier Separationsverfahren der Lebensmittelindustrie werden generalisierbare Digitalisierungskonzepte entwickelt, die die Chancen einer auf Prozessverständnis basierenden Regelung auch in diesem Bereich nutzen. Hierzu sollen datengetriebene und modellbasierte Verfahren kombiniert werden, um die vorhandenen Produktionsprozesse zu optimieren. Die Kombination der Verfahren erlaubt die Erstellung hybrider Digitaler Zwillinge, welche auf Basis gesammelter Prozessdaten und vorhandenem Expertenwissen, sowie formalisierten physikalischen/empirischen Modellen, den Produktionsprozess und seine Einfluss- und Ausgabegrößen abbilden können. Dies erlaubt die online-Optimierung zur

Produktionszeit und ermöglicht somit z.B. eine nachhaltigere Prozessführung unter Erschließung der bisher oftmals noch nicht genutzten historischen Datensätze. Bei dem Vorhaben wird zwischen vorhandenen Produktionsprozessen (Brownfield) und neu projektierten Anlagen (Greenfield) unterschieden. Die entwickelten Lösungen sollen jedoch soweit möglich für beide Anwendungsfälle gleichzeitig anwendbar sein, der Fokus liegt daher auf der Generalisierung der entwickelten Konzepte.

Voraussetzung für die Implementierung war insbesondere in der ersten Projektphase die Erarbeitung der System-/Automatisierungs-Landkarte für die Auswahl und Implementierung der Sensorik, die Kommunikation und die hierarchische Struktur. Für die Kommunikationsart wurde festgelegt möglichst die Sensorik über Profibus und Profinet direkt einzubinden und entlang des NOA-Ansatzes die zusätzlichen Gerätezustands-Informationen separat zu übertragen.

Im Bereich der Digitalisierung von Produktionsprozessen bestand das Ziel darin, den RSMS als Greenfield-Anlage zu digitalisieren, um die für den digitalen Zwilling benötigten Daten im Feld zu erfassen, zu verarbeiten und die Empfehlungen an die Anlage weiterzugeben. Die Umsetzung umfasste dabei im Wesentlichen:

- Migration der Prozesssteuerung
- Integration von IIoT und Sensoren
- Erhöhung der Konnektivität durch OPC UA und Profibus DP

Die Kommunikation und Optimierung des Prozesses erfolgt über den digitalen Zwilling, der kontinuierlich mit Echtzeitdaten gefüttert wird. Regelmäßige aktualisierte Versionen des digitalen Zwillings wurden in der Industrieanlage getestet. Die gewonnen Erkenntnisse aus der Analyse führten direkt in die Weiterentwicklung des digitalen Zwillings. Die selbstlernenden Eigenschaften ermöglichen zudem die Übertragung auf andere Anwendungen.

2. Erläuterung der wichtigsten Positionen im zahlenmäßigen Nachweis

Personalmittel: Das Projekt wurde von Endress+Hauser mit Ingenieuren der Automatisierung und Prozesstechnik unterstützt. Bei der Implementierung der Sensorik wurden intern auch Ingenieure der Produktentwicklung hinzugezogen.

Sachmittel: Zur Ausrüstung der Laboranlage wurden Sensorik, Elektronik zu Anbindung sowie Verbrauchsmaterialien beschafft.

Reisekosten wurden aufgrund der Corona-Pandemie und der somit eingeschränkten Reisemöglichkeiten nur bedingt abgerufen. Bilaterale und Treffen und Projekttreffen wurden per Webmeeting durchgeführt. An nationalen und internationalen Tagungen und Konferenzen wurde wie geplant für Publikation und Wissenstransfer der Teilergebnisse teilgenommen.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit

Die Einbindung von digitalen Zwillingen erhöht nachweislich die Wirtschaftlichkeit, Produktivität von Separation-Anlagen. Die geleisteten Projektarbeiten waren insofern notwendig und angemessen für die von der Industrie geforderte Digitalisierung von Separationsanlagen.

4. Voraussichtliche Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse beziehen sich auf Wissensgewinn für Cloudlösungen, Gerätekommunikation sowie allgemeine Erkenntnisse für Gerätekommunikation innerhalb der Sensorik.

5. Änderung im wissenschaftlichen und technischen Stand der Technik während der Projektlaufzeit

Keine

6. Übersicht über erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse

Keine