

Mehr Überblick in der Linie

Automatische modellbasierte Effizienzanalyse an Getränkeabfüllanlagen

Im Rahmen des kürzlich abgeschlossenen IVLV-Projekts „Effizienzanalysetool für verkettete Abfüll- und Verpackungsanlagen“, das an der TU München und am Fraunhofer AVV unter dem Namen „LineMET“ bearbeitet wurde, konnten Stillstände und Minderleistungen am Zentralaggregat einer Abfüll- und Verpackungsanlage ihren Verursachern zu einem hohen Prozentsatz richtig zugeordnet werden. Damit ist der Weg frei für eine Integration der Ergebnisse in kommerzielle Diagnosewerkzeuge.

Effizienzbewertungen und Störanalysen von Getränkeabfüllanlagen sind heutzutage Standard in branchenüblichen Manufacturing Execution Systemen (MES). Dabei werden eine Vielzahl von Kennzahlen zur Bewertung der Verfügbarkeit, der Leistung oder Qualität sowie stochastische Auswertungen zu Störverteilungen oder Stillstandzeiten bereitgestellt, um Getränkeabfüllanlagen zu analysieren. Kennzahlen werden zumeist nur zeitbezogen berechnet. Eine genauere Analyse von Gründen für die Effizienzverluste wird in aktuellen Systemen zwar angeboten, durch die komplexe Verkettung der Anlagenkomponenten und der verschiedenen Materialströme arbeitet die Analyse jedoch oft nicht zufriedenstellend. Der Grundstein für eine modellbasierte Effizienzanalyse, die diese Herausforderungen bewältigt, wurde 2009 im AiF-Forschungsprojekt LineMod (233 ZBG) gelegt. Ziel des hier besprochenen Anschlussprojekts LineMET (16116BG),

bearbeitet vom Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik der TUM(LVT), dem Fraunhofer-Anwendungszentrum Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV) und dem Lehrstuhl für Informatik IX, Arbeitsgruppe für Modellbasierte Systeme und Qualitatives Schließen der TUM (MQM), war es deshalb, die in LineMod entwickelte Modellbibliothek, auf nahezu alle Anlagen anwendbar zu machen, die Diagnosemöglichkeiten zu erweitern und Vorgaben und mathematische Modellierungen für eine artikelbezogene Effizienzanalyse zu erstellen. So sollte beispielhaft der Aufbau eines vollständigen Effizienzanalysetools demonstriert werden.

Modellbibliothek erweitert

Aufbauend auf den Ergebnissen von LineMod wurden zu erst Anlagenstrukturen untersucht, die durch die LineMod-Diagnoselösung nicht berücksichtigt wurden. Dabei wurden weitere Maschinenkomponenten für die Aufteilung und Zusammenführung von Objektströmen entworfen und in die neue LineMET-Bibliothek aufgenommen. Des Weiteren wurden die LineMod-Systemgrenzen erweitert. Das heißt, es wurden weitere potenzielle Störverursacher gesucht, um sie durch die Anlagendiagnose zu identifizieren. Dabei wurde der Fokus auf das logistische Umfeld, also Bediener und Anlagenversorgung, und Wechselwirkungen zwischen Materialien, deren Verarbeitung und der Anlage gesetzt. Ein weiterer Schwerpunkt der Forschungsarbeiten war

die automatische Überprüfung von Betriebsdaten, die häufig falsche und unplausible Diagnosen hervorriefen. Abschließend sollte beispielhaft ein Effizienzanalysetool entstehen, das eine artikelbezogene Effizienzbewertung unter Einbeziehung von Nebenzeiten sowie eine Ursachenanalyse der Verlustzeiten zulässt.

Die wesentlichen Resultate des Forschungsprojekts sind:

- Die Entwicklung einer vollständigen Bibliothek von Komponenten zur Modellierung beliebiger Abfüll- und Verpackungsanlagen
- Die Entwicklung einer Demonstratorapplikation für die artikelbezogene Effizienzanalyse
- Eine Theorie zur Analyse von Minderleistungen und zur Erweiterung der LineMod-Systemgrenzen
- Der Anstoß zur industriellen Umsetzung der Diagnose durch Installation des Diagnosedemonstrators bei verschiedenen Industriepartnern und Visualisierung der erzielten Ergebnisse mit einem industriellen SCADA-System.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts sind Grundlage für eine artikelbezogene Effizienzanalyse und erlauben eine rasche Integration der modellbasierten Diagnoselösung in bestehende industrielle Produkte. Die theoretischen Grundlagen zur Diagnose von Minderleistungen oder zur Erweiterung der Systemgrenzen wurden geschaffen, die praktische Umsetzung wird aber erst dann einen Sinn ergeben, wenn sich die modellbasierte Diagnose in Produkten etabliert hat und diese erweiterten Funktionalitäten gefordert werden. Die automatische Datenkonsistenzprüfung sowie das Erkennen von Materialeigenschaften als Störgrund erwiesen sich hin-



Ein Gantt-Chart zeigt grafisch den zeitlichen Zusammenhang aller Zustände der beteiligten Maschinen in einer Abfülllinie über einen definierten Zeitraum

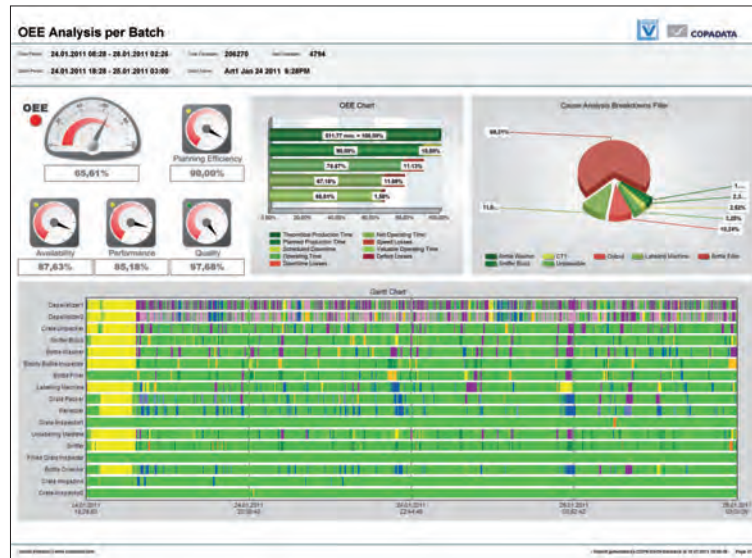
gegen als zu aufwändig für den industriellen Einsatz. Aufgrund des Umfangs der gestellten Projektziele mussten Prioritäten gesetzt werden. Es wurden daher Projektziele wie die Vervollständigung der Bibliothek, die Grundlagen artikelbezogener Effizienzanalyse und die Demonstration der Machbarkeit vorrangig bearbeitet und erreicht.

Zielsetzung und Ergebnisse

Wie erwähnt knüpft LineMET an die Arbeiten und Ergebnisse des ZUTECH-Projekts LineMod an, erweitert dessen Zielsetzung aber qualitativ. Im Vorgängerprojekt war „das Abbilden der Prozessabläufe beim Abfüllen und Verpacken in einer Bibliothek aus Diagnosemodellen von Anlagenkomponenten(-klassen) für kollektive Anlagenstörungen und die verursachenden individuellen Maschinenstörungen“ ein zentrales Ziel. Die Modellkomponenten wurden aus Diagnosesicht für das Zurückführen einzelner Anlagenstillstände (etwa konkret festgemacht am Stillstand des Füllers in Flaschenabfüllanlagen) auf die Störung einer einzelnen Maschine in der Linie entwickelt. Die statistische Auswertung dieser Diagnose kann summarische Hinweise auf Ursachen einer Minderleistung der Anlage liefern. Eine zu geringe Leistung der Anlage hatte in etwa 40 Prozent der Praxisfälle Ursachen im Zusammen-

wirken der verschiedenen Maschinen und Transporteure der Anlage (unter Einschluss ihrer Regelung) oder in Wechselwirkungen mit dem Umfeld der Anlage. Beispiele dafür sind:

- Das „Leerziehen“ von Pufferstrecken durch mehrere Stillstände verschiedener Maschinen, was dann zum Anlagen-



Die erarbeiteten Vorschläge zur Umsetzung eines Effizienzanalysetools wurden auch mit Hilfe des COPA-DATA zenon Analysers in einem industrienahen Demonstrator umgesetzt

stillstand durch eine eigentlich kompensierbare Störung führt

- Auswirkungen eines fehlerhaften Prozessschritts in einer nachgeschalteten Maschine (z.B. mangelhafte Etikettierung bewirkt Störung bei der Kartotonierung)
- Ein Anlagenstillstand durch zu hohen Anteil an ausgeschleustem Verpackungsmaterial schlechter Qualität.

LineMET zielt deshalb darauf ab, ein mächtigeres Werkzeug für die Analyse von Anlagenminderleistungen bereitzustellen und nimmt eine in mehrfacher Hinsicht erweiterte Perspektive ein:

- Es werden nicht nur einzelne Stillstände und Minderleistungszeiträume der Füllmaschine, sondern allgemein eine suboptimale Performanz der Anlage als

Ausgangssymptom für die Diagnose betrachtet.

- Ursachen werden nicht nur in Störungen einzelner Maschinen, sondern auch in ihrem Zusammenwirken gesehen und damit auch Aspekte der Anlagenregelung betrachtet (z.B. Leerziehen von Puffern als Kombination von Störungen und/oder suboptimaler Steue-

runng mehrerer Maschinen oder die Auswirkung von nicht korrekt verarbeiteten Objekten erst in nachgeschalteten Maschinen).

- Die Systemgrenze wird durch Einbeziehung von Schnittstellen der Anlage zu Prozessen wie Produktionsplanung, Logistik und vorgeschalteter Prozesstechnik erweitert, um so auch die Ursachen für Anlagennebenzeiten besser beurteilen zu können.

Verwendung der Ergebnisse

Aufgrund der Ergebnisse des LineMET-Projekts steht einer raschen Implementierung der modellbasierten Diagnose für die Schwachstellenanalyse von Füllerstopps von wissenschaftlicher Seite nichts mehr im Wege. So wurden die Algorithmen anhand von drei Versuchsanlagen ausreichend getestet und die Machbarkeit der Diagnose in der Praxis ausreichend belegt. Auch die technische Umsetzbarkeit einer artikelbezogenen Effizienzanalyse wurde durch einen Demonstrator und eine Umsetzung mit Hilfe eines kommerziellen Tools gezeigt. Hier muss sich noch in den Betrieben zei-

erprobt worden. Für die Anpassung an reale Anlagen sind hier noch einige Probleme zu erwarten, beispielsweise bei der Erweiterung des so genannten Temporal Models auf zwei Diagnoserichtungen, der passenden Findung von Delays oder der Verfolgung von Minderleistung in parallelen Zweigen. Diese Punkte wurden aber im Projekt nicht priorisiert, da der Fokus im Laufe des Projekts darauf gelegt wurde, die bestehenden Modelle so zu optimieren beziehungsweise umzugestalten, dass dem ersten Schritt, der Implementierung der modellbasierten Diagnose in der Praxis, nichts mehr im Wege steht. Die Erweiterung des Diagnosefokus sollte nach der Etablierung der Stillstanddiagnosefunktion in einem weiteren Projekt in Angriff genommen werden, um auch diesen Diagnosefokus in der Praxis umsetzen zu können.

TV/ct

gen, ob derartige Kennzahlen gewünscht sind und auch benutzt werden. Technisch steht einer raschen Markteinführung aber nichts im Wege.

Etwas anders verhält es sich mit der Diagnoseerweiterung auf das logistische Umfeld und die Diagnose von Minderleistung. Hier wurde unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten die erforderliche Arbeit getan. Das heißt, es existieren Modelle, die die Anforderungen abdecken, sie sind jedoch noch nicht in der Praxis

Das IGF-Vorhaben 16116 BG der Forschungsvereinigung Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V., Schragenhofstr. 35, 80992 München, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung vom BMWi aufgrund eines Bundestagsbeschlusses gefördert. Der vollständige Schlussbericht kann bei der IVLV angefordert werden.

IVLV
Wissen vernetzen!

IVLV e.V.
Schragenhofstraße 35
80992 München
Tel.: 089/14 90 09 0
Fax: 089/14 90 09 80
Internet: www.ivlv.de
E-Mail: office@ivlv.de

ABBILDUNGEN: TUM