

Reduzierung von Einlaufverlusten im Extrusionsprozess

Effizient mithilfe von Echtzeit-Analysen

Die Hochschule Bochum legt am Beispiel eines Planetwalzenextruders dar, wie Maschinendaten die auf Erfahrung beruhende gelebte Praxis ergänzen können.

Die zunehmende Umsetzung von Industrie-4.0-Architekturen in den Unternehmen bildet die Grundlage für weiterführende Analysen der gewonnenen Daten. Heuristische Ansätze wie zum Beispiel „Lean“ können damit um evidenzbasierte Entscheidungsfindungen ergänzt oder ganz ersetzt werden. Im Bereich der Fertigungsprozesse birgt die Weiterverarbeitung der mittlerweile gut verfügbaren Maschinendaten den aktuell größten Stellhebel zur Produktivitätssteigerung. Am Beispiel des Extrusionsprozesses wird dies in besonderer Form deutlich: Das Einlaufverhalten wird von einer Vielzahl unterschiedlicher interner und externer Faktoren beeinflusst. Das führt dazu, dass selbst bei gleichen Produkten die gewünschte Prozessstabilität nach unterschiedlichen Zeitspannen erreicht wird. Heuristische, das heißt auf Erfahrung basierende Ansätze bilden diesen Umstand nur ungenügend ab. Die Prozessfreigabe erfolgt entweder zu früh – und führt damit zu ungeplantem Ausschuss – oder zu spät – was ebenfalls zu eigentlich nicht erforderlichem Ausschuss führt. Evidenzbasierte Ansätze, die anhand der Maschinendaten das Prozessverhalten in Echtzeit analysieren und Trends präzisieren, bieten hier eine gute Ergänzung der gelebten Praxis. Wie ein solcher Ansatz daten- und programmiertechnisch um- und eingesetzt werden kann, wird im Weiteren am Beispiel eines Planetenwalzenextruders (Bild 1) vorgestellt.

Schritt 1: Prozessdaten erfassen

Unter der Prozessdatenerfassung wird das automatisierte Protokollieren der Prozessdaten verstanden. Sie stellt das Bindeglied zwischen der Produktionsmaschine und der IT-Infrastruktur dar. Die gewonnenen Daten geben Aufschluss über den effizienten Einsatz der Ressourcen sowie mögliche Formen der Verschwendung. Um diese Größen zu

Bild 1. Der Planetwalzenextruder von Entex plastifiziert Materialien mittels Extrusion. Hierzu werden Substanzen in Granulatform unter Einwirkung von hohem Druck und exakter Temperierung durch ein formgebendes Mundstück in beliebiger Menge gepresst [3]. © Entex



optimieren, sind die Informationen aus der Prozessebene herauszulösen und dauerhaft zu speichern. Durch Kontrollfunktionen der Prozessparameter in Echtzeit werden Abweichungen zu Soll-Werten schnell sichtbar; kürzeste Reaktionszeiten zur Anpassung des Produktionsprozesses verbessern die Produktionsqualität und reduzieren Ausschussmengen. Die gespeicherte Datenbasis kann bei Betrachtung von größeren Zeitspannen zudem Hinweise über prozessuale Trends geben. Für deren Berechnungen werden so genannte Prozessindikatoren definiert. Mit ihrer Hilfe kann der Prozessverlauf visualisiert werden. Die resultierende Darstellung schafft Transparenz, steigert die Prozessstabilität und unterstützt den Maschinenbediener grundlegend bei seiner Arbeit. [1]

Schritt 2: Trends sichtbar machen

Auch beim Bochumer Maschinenhersteller Entex Rust & Mitschke GmbH, der sich auf Herstellung von Planetwalzenextrudern spezialisiert hat, setzen Weiterentwicklungen stark auf den Einsatz digitaler Technologien. Vor allem die Auswertung der Prozessdaten ist wichtig, um den Kunden detaillierten Einblick in die Prozesse zu bieten. Durch die Erstellung eines Leitindikators, der prozessuale Trends sichtbar macht, können aussagekräftige Angaben über den Fertigungsfortschritt

getroffen werden, die eine schnelle und zielgerichtete Steuerung durch den Maschinenbediener zur Folge haben. Die sich ergebende Visualisierung der Daten vereinfacht dabei das Arbeiten und sorgt für die nötige Unterstützung.

Von der Materialzuführung bis zum Erhalt des gewünschten Endprodukts vergeht, abhängig von Maschinengröße und Material, eine gewisse Zeit für den Compoundierprozess. Faktoren wie Druck und Temperatur müssen sich erst konsolidieren, bis die eintretende Prozessstabilität die gewünschte Produktqualität gewährleisten kann. In der Praxis ist ein Maschinenbediener mit der Überwachung des Extrusionsverfahrens betraut. Er nimmt nach Ablauf einer angemessenen Zeit (heuristischer Ansatz) eine Materialprobe an der Austrittsöffnung und lässt diese untersuchen. Stimmt die Probe mit qualitativen Kriterien des gewünschten Endprodukts überein, wird die Produktion freigegeben, ansonsten muss zu einem späteren Zeitpunkt erneut eine Probe genommen werden.

Der Zeitpunkt der Probenentnahme ist damit entscheidend für die benötigte Durchlaufzeit und die entstehende Ausschussmenge. Kommt es zu einer zu frühen Probenentnahme, entsteht ein fehlerhaftes Endprodukt, wurde die »

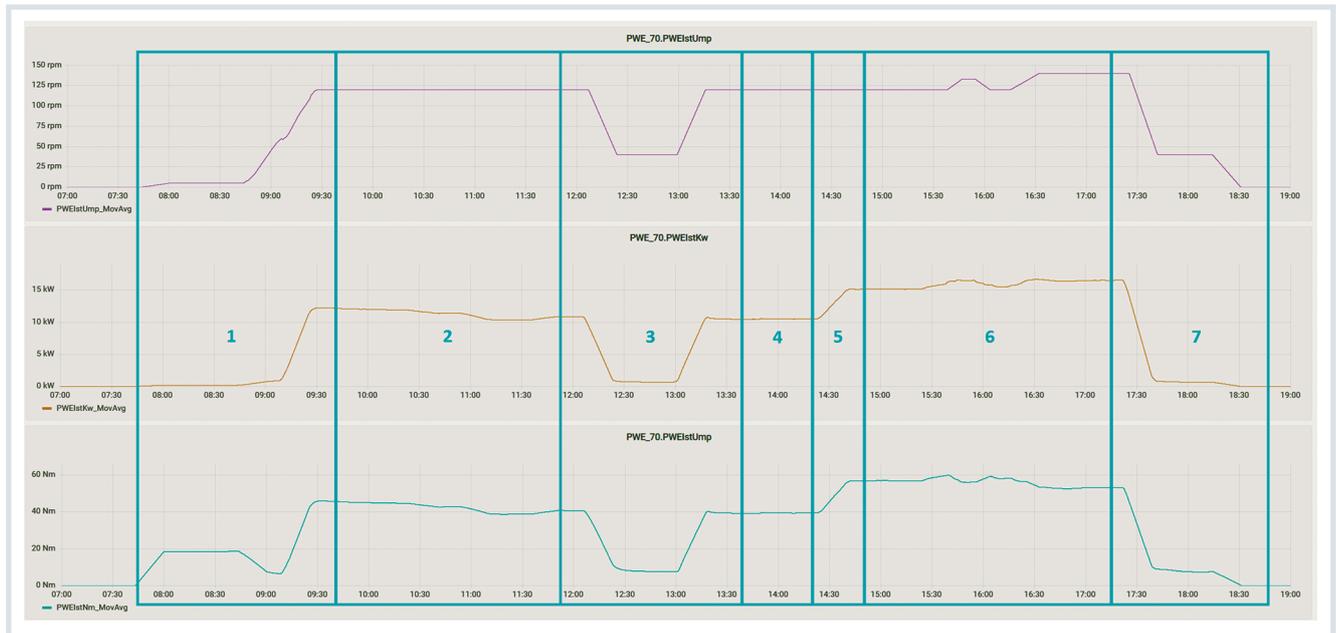


Bild 2. Bei der deskriptiven Datenanalyse werden drei Sensorparameter des Planetwalzenextruders betrachtet. Quelle: Hochschule Bochum; Grafik: © Hanser

Probe zu spät genommen, entsteht zwar bereits das gewünschte Endprodukt, allerdings kann dies nicht rechtzeitig genutzt werden.

Schritt 3: Schlussfolgerungen ziehen

Durch die Implementation einer automatisierten Prozessdatenerfassung werden Daten aus der Steuerung der Maschine aufgezeichnet. Dies geschieht über das Kommunikationsprotokoll OPC UA, welches eine standardisierte Schnittstelle für den Echtzeitdatenaustausch bietet. [2] Die ausgelesenen Daten lassen bereits in ihrer rohen Form Schlussfolgerung über den optimalen Zeitpunkt der Probenentnahme zu. Die Verwendung der deskriptiven Datenanalyse als Hilfsmittel sorgt für die Einteilung des Produktionsablaufs in sieben Teilbereiche.

Bild 2 zeigt dabei drei unterschiedliche Sensorparameter des Planetwalzenextruders, welche einen kongruenten Verlauf aufzeigen. Die Betrachtung der Datenvisualisierung macht deutlich, dass nach jeder Zu- oder Abnahme der dargestellten Graphen eine längere Stagnationsphase folgt. Durch diese Erkenntnis kann der Fertigungsfortschritt anhand der Prozessdaten bestimmt werden. Das Hinzufügen von Materialien sorgt in der Maschine für eine Volatilität, die sich durch eine hohe Unruhe in den Prozessdaten widerspiegelt. Nach vollendeter Umformung stellt sich die Stagnation ein und die Umwandlung ist abgeschlossen. Dieser Punkt ist für die Probenentnahme optimal und sorgt mit hoher Wahrscheinlichkeit für ein positives Testergebnis.

Um diese Auswertung allerdings zu konkretisieren, müssen statistische Verfahren hinzugezogen werden, welche diesen Zeitpunkt bereits vorhersagen können. Das Resultat zeigt sich in einem Indikator, der eine Vielzahl von Messwerten mit vorgegebenen mathematischen Berechnungen verknüpft. Er gibt Aufschluss über die sich einstellende Laufruhe der Maschine und ist wichtig für den Maschinenbediener. Durch die grafische Darstellung aller relevanten Informationen über ein Dashboard werden Einblicke in den Produktionsverlauf deutlich. Der Maschinenbediener kann nun seine Erfahrungen (Heuristik) gemeinsam mit den dargestellten Prozessdaten und dem datengetriebenen Indikator (evidenzbasierter Ansatz) einsetzen, um den perfekten Probeentnahmezeitpunkt anhand der Laufruhe der Maschine zu erkennen.

Die zwei Teile des Laufruheindikators

Für die Zusammensetzung des Laufruheindikators werden verschiedene Berechnungen angestellt. Das Extrusionsverfahren lässt sich auf Grund seiner Mehrdimensionalität nicht von einer einzelnen Berechnung abbilden, sondern ist auf verschiedene Bestandteile angewiesen. Um diese Verfahren zu bewerten, mussten Simulationen angestellt werden. Wichtigstes Kriterium bei der Überprüfung ist die Aussagefähigkeit für den Maschinenbediener. Nach etli-

Info

Text

Philipp Wegner, B.Sc., studierte Wirtschaftsinformatik an der Hochschule Bochum und verantwortet als Data Analyst IT- & Data Science Projekte für die Industrial Analytics Lab GmbH.

Dr. rer. nat. Peter-Christian Zinn, promovierter Physiker und Managing Partner des IAL, berät zum Leitthema „Wie mache ich meine Daten zu Geld?“

Prof. Dr. rer. nat. Henrik Blunck ist promovierter Informatiker und diplomierte Mathematiker und lehrt und forscht in den Bereichen Praktische Informatik und Data Analytics seit 2016 als Professor der Hochschule Bochum.

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Andreas Merchiers lehrt und forscht im Bereich Produktionsmanagement, Industrie 4.0 und Data Analytics an der Hochschule Bochum. Zusätzlich ist er als Industrieberater tätig.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

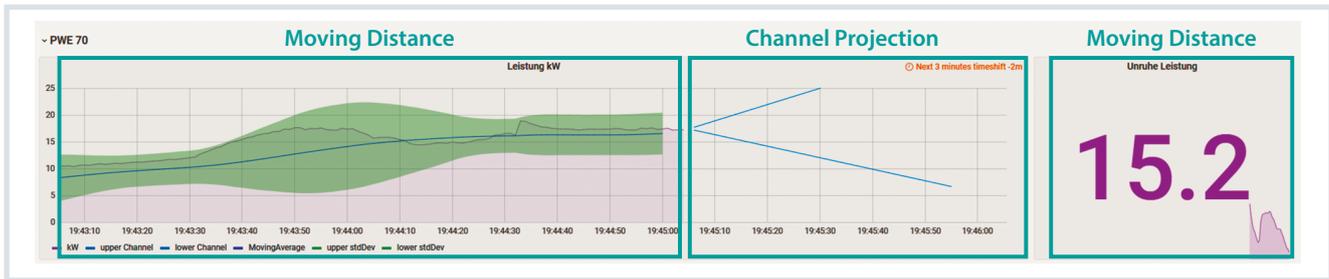


Bild 3. Die schwankende Laufruhe zu Beginn des Prozesses wird durch große Volatilität der Graphen deutlich. Quelle: Hochschule Bochum; Grafik: © Hanser

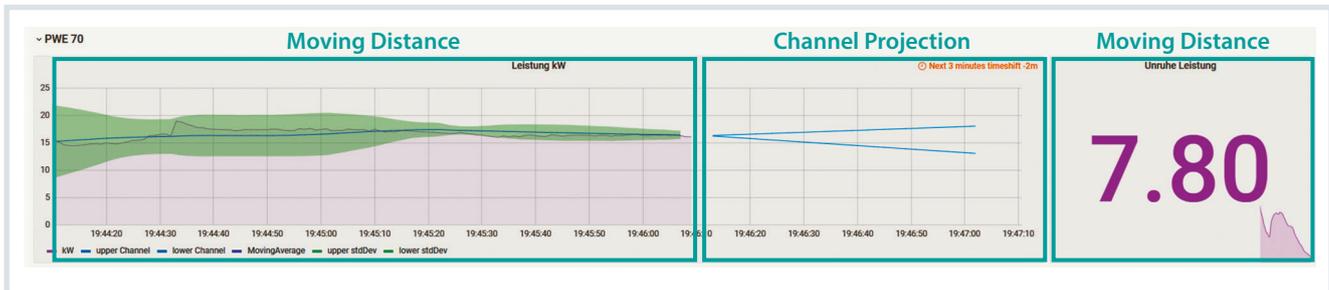


Bild 4. Dieses Bild zeigt die eingehende Laufruhe im fortgeschrittenen Umwandlungsprozess. Quelle: Hochschule Bochum; Grafik: © Hanser

chen Erprobungen haben sich zwei Verfahren als ausdrucksstark herauskristallisiert. Diese bilden gemeinsam den Laufruheindikator ab (**Bilder 3 und 4**) und haben folgende Namen bekommen:

Channel Projection: Die Channel Projection setzt sich aus zwei Projektionslinien zusammen, die den minimalen und maximalen Entwicklungsverlauf der Daten vorhersagen. Der dargestellte Trichter nutzt für die Berechnung historische Datenpunkte. Die Auswahl der Datenhistorie orientiert sich immer am letzten eingefügten Datensatz und reicht eine variable Anzahl an Datensätzen in die Vergangenheit zurück.

Moving Distance: Der zweite Bestandteil des Laufruheindikators besteht aus drei Elementen, die miteinander kombiniert werden und einen besseren Blick auf die Prozessvorgangheit werfen. Das erste Element ist ein ungewichteter gleitender Durchschnitt (blaue Linie). Er sorgt für eine Angleichung durch das Abschwächen von Datenpunkten mit einer zu großen Abweichung innerhalb des betrachteten Fensters. Der Moving Average wird deshalb häufig als Werkzeug für die Vorhersage von Trends genutzt. Für seine Berechnung wird ein Zeitfenster festgelegt, das überlappend verschoben wird. Bei jeder Iteration wird ein arithmetisches Mittel gebildet. Die Ergebnismenge bildet eine gleichmäßig verlaufende Trendlinie. Das zweite Element bildet einen Kanal ab, der sich

um den Moving Average legt. Rechnerisch entsteht eine Ober- und Untergrenze, die sich aus der Standardabweichung des rollierenden Fensters zusammensetzt (grüne Fläche).

Das dritte Element besteht aus einer dimensionslosen Kennzahl, welche sich aus der Summe der absoluten Differenz des berechneten gleitenden Mittelwerts und den tatsächlichen Werten ergibt. Dies indiziert mit einem hohen Wert eine höhere Varianz der Daten und mit einem niedrigen Wert eine niedrige Varianz.

Technische Umsetzung

Für die automatisierte Berechnung der Prozessdaten wurde die weitverbreitete Programmiersprache Python eingesetzt. Python ist für diese Anwendung hervorragend geeignet, da sie die Themenfelder der Data Science, die Erstellung von grafischen Benutzeroberflächen und die Kommunikation zu allen gängigen Datenbanken unterstützt.

Für die grafische Darstellung der Messdaten wurde die Open Source Software Grafana eingesetzt, die vor allem mit ihrer Echtzeitfähigkeit und ihren vielfältigen Einstellmöglichkeiten überzeugt. Das Grafana Dashboard setzt sich aus einer Sammlung von Panels zusammen, die für unterschiedliche Darstellungen genutzt werden. Für das Laufruhe-Dashboard werden für jeden Sensorparameter zwei Panels verwendet.

Verwendung des Dashboards

Für die richtige Verwendung des Grafana Dashboards muss der Maschinenbediener die Prozessparameter am Monitor verfolgen. Er nutzt die grafische Darstellung, um die eingehende Laufruhe der Maschine zu erkennen. Zu Beginn des Umwandlungsprozesses zeigen die Graphen große Volatilität.

Ist der Umwandlungsprozess schon fortgeschritten, stellt sich die eingehende Laufruhe ein. Sie wird durch einen spitzen Trichter in Verbindung mit einem kleinen Standardabweichungskanal und dem Abfall der Unruhe-Leistung (rechtes Panel) sichtbar. Treffen diese Kriterien zu, ist der Zeitpunkt für die Entnahme der Materialprobe optimal.

Fazit und Ausblick

Die Analyse des Prozessverhaltens in Echtzeit sowie die Prädiktion von Trends (Laufruheindikator) ermöglichen eine effektivere und effizientere Maschinennutzung. Die persistente Datenspeicherung und das Grafana Dashboard ermöglichen zudem auch zu späteren Zeitpunkten detaillierte Prozessanalysen: Neben der explorativen Visualisierung können KI-basierte Algorithmen zur Muster- und Korrelationserkennung problemlos implementiert und zusätzliche externe Datenquellen eingebunden werden. ■