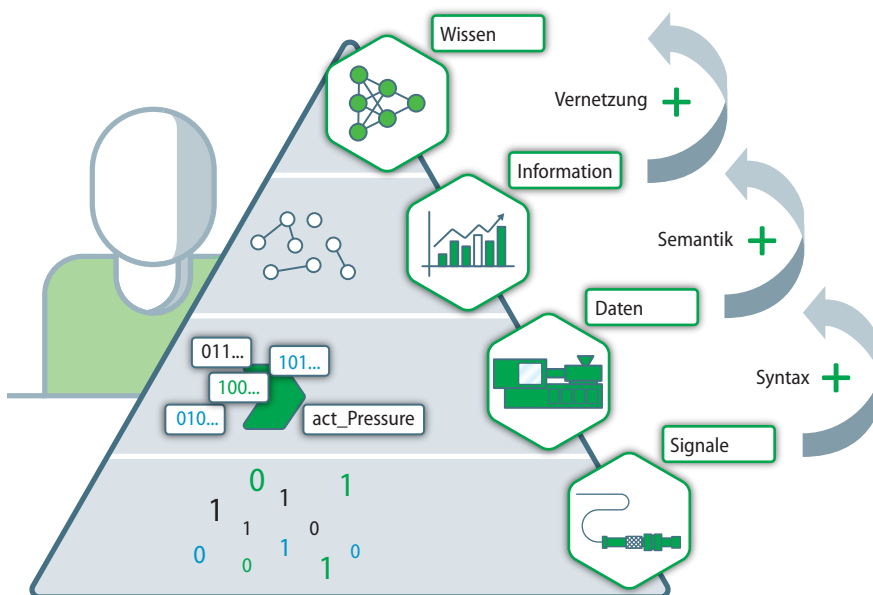


Teil 9 der Serie: Konsistente Datenstrukturen für nachhaltigen Zugriff auf gesichertes Wissen

Vollständige Daten ohne Wenn und Aber

In Produktion und Forschung werden Prozessdaten und zuvor definierte Qualitätswerte nachgehalten, um Optimierungsmodelle zu ermitteln und ein konsistentes Qualitätsmanagement zu betreiben. Daten, die im konkreten Anwendungsfall nicht relevant sind, werden dagegen selten erfasst. Einen langfristigen Zugang zu vollständigen und kontextualisierten Versuchsdaten zu gewährleisten, setzt ein Forschungsdatenmanagement in Verbindung mit einer Prozessdatenerfassung voraus. Dies wird im Rahmen des Plastics Innovation Center 4.0 am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Aachen initialisiert.



Struktur und Vernetzung entlang der Informationspyramide erzeugen aus Sensorsignalen letztlich Wissen. Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

Die (statistische) Versuchsplanung und -analyse ist ein zentrales Werkzeug in den Ingenieurwissenschaften. In der Forschung wie auch in industriellen Einrichtprozessen kann mit geringem Versuchs- und Messaufwand der Einfluss gezielter Maschineneinstellungen auf Prozess- und Qualitätsgrößen untersucht werden. Auf Basis von Forschungsfragen und Hypothesen werden hierzu Überwachungsgrößen festgelegt, wie zum Beispiel Kennwerte zum Einspritzdruck oder der maschinenseitigen Anfahrkurven der Schnecke. Reale oder simulierte Versuchsreihen evaluieren anschließend die Hypothese. Wenngleich dabei valide Ergebnisse im Versuchsraum erzeugt werden, die eine Aussage über die Aus-

gangshypothese zulassen, ermöglichen die erfassten Daten ebenso die Analyse einer Vielzahl weiterer Korrelationen und Abhängigkeiten, die im konkreten Fall meist nicht im Fokus stehen. Die Forschungsinfrastruktur des Plastics Innovation Center 4.0 (PIC 4.0) zeigt nun, wie mithilfe einer strukturierten Datenerfassung und digitaler Services bei der Versuchs- und Produktionsplanung die Konsistenz von Prozessdaten gewährleistet werden kann.

Welche Bedeutung konsistente Daten und verlässliche Datenformate haben, wird meist erst im Nachgang eines Prozesses deutlich. Einerseits liegen Daten wie das Sensorsignal eines Werkzeuginnendruckensors, die Schnecken-

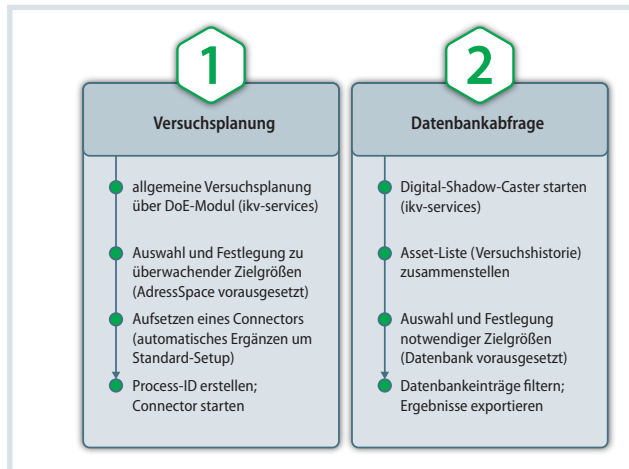
position eines Einspritzaggregats oder der simulierte Verlauf einer Fließfrontgeschwindigkeit vor, die es zunächst zu synchronisieren und zu korrelieren gilt [1]. Hierbei können in den jeweiligen Systemen unterschiedliche Zyklenzähler oder Zeitstempel vorliegen. Andererseits gibt es auch Stammdaten zur Maschine, dem Werkzeug und dem Material, einen aktuellen Konfigurationszustand der Anlagentechnik sowie mit Papier und Stift festgehaltene Notizen, die für die Aussagekraft oder die Rekonstruktion der Versuchsreihe relevant sind.

Zwischen Hypothesen und gesichertem Wissen

Gehen diese Informationen ganz oder teilweise verloren, lassen sich die Ergebnisse außerhalb der spezifischen, im Fokus stehenden Forschungsfrage bislang nur bedingt wiederverwenden. Versuchsreihen mit demselben Werkzeug und demselben Material selbst auf derselben Maschine müssen im Zweifel wiederholt werden, weil zum Beispiel der Schneckenvorschub in früheren Untersuchungen nicht relevant war und daher nicht erfasst wurde oder Unklarheit über einzelne Einstellwerte herrscht. Dem beugt die Datenerfassung im PIC 4.0 durch die Festlegung eines Standard-Datensatzes vor, der parallel zu fokussierten Versuchsreihen abgespeichert wird.

Auch für Methoden des maschinellen Lernens sind konsistente Daten wichtig. Unvollständige Datensätze oder solche, die sich nicht eindeutig zuordnen lassen, schränken die direkte Einsetzbarkeit in der industriellen Produktion häufig ein oder resultieren in einer Ungenau-

Bild 1. Die zwei Szenarien der zielgerichteten Datenzuordnung: perspektivisch aus der Versuchsplanung heraus (links) oder retrospektiv per Datenbankabfrage (rechts). Quelle: IKV; Grafik: © Hanser



igkeit der abgeleiteten Modelle [2]. Eine ziellose Datenerfassung führt dagegen zu ungenutzten Datenfriedhöfen. Anfahrprozesse eröffnen hierzu eine gute Analogie zu den forschungsseitigen Versuchsplänen.

Ziellose Datenerfassung, ungenutzte Datenfriedhöfe

Wertvolle Einblicke, wie die Einstellgrößen an den Produktionsmaschinen voneinander abhängen, ermöglichen eine modellbasierte Einrichtungunterstützung zur konsistenten Qualitätssicherung. Die Herausforderung besteht jedoch zunächst darin, die Datenerfassung zielgerichtet aufzusetzen und Daten für statistische oder datengetriebene Modelle aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz auch lange nach der ursprünglichen Versuchsreihe zur Modellvalidierung zur Verfügung zu stellen. Hierfür müssen Vollständigkeit und die eindeutige Zuordnung von Qualitäts- zu Einstellgrößen gewährleistet sein.

Das Forschungsdatenmanagement umfasst ein breites Themenfeld. Es erstreckt sich von der effizienten Datenerfassung heterogener Systeme über die schnelle und einfache Verarbeitung von Daten zu Informationen bis zur langfristigen Sicherung von generiertem Wissen bei gleichzeitiger Verknüpfung der relevanten Daten (**Titelbild**) [3]. Für das Daten- und Informationsmanagement einer Forschungsinfrastruktur wie der des PIC 4.0 bedeutet dies vor allem, Daten aus Versuchsreihen konsistent nachzuhalten und über das initiale Forschungsprojekt hinaus, zum Beispiel zur Modellvalidierung in anderen Projekten, abrufen zu können.

Die Herausforderung besteht darin, alle zur verlässlichen Rekonstruktion der Versuchsdaten notwendigen Prozesseinstellungen nachzuhalten sowie alle Versuchsreihen versuchsplan- und projektspezifisch zuzuordnen. Im Funktionsablauf müssen hierzu zwei Szenarien unterschieden werden (**Bild 1**). Einerseits muss eine proaktive Festlegung ausgehend von der projektspezifischen Versuchsplanung erfolgen und andererseits eine retrospektive Datenbankabfrage aus Historiendaten.

Erhöhte Effizienz durch standardisierte Versuchsplanung

Eine im Rahmen des Projekts entwickelte Service-Plattform auf Basis von Open-Source-Technologien (ikv-services) unterstützt Anwender bereits dabei, statistische Versuchspläne (Design of Experiments, DoE) standardisiert zu generieren [4]. Ein weiteres Modul ermöglicht es, den Datenerfassungs-Client (Connector) durch Auswahl der für die jeweilige Versuchsreihe gewünschten Überwachungsgrößen zu konfigurieren (**Bild 2**). Der Connector fragt die überwachten Größen ab und sendet die numerischen Werte in ein internes Broker-Netzwerk, wo sie unter anderem in eine Datenbank abgelegt werden.

Neben den individuell spezifizierbaren Zielgrößen wird das Set der Überwachungsgrößen um eine grundlegende Auswahl erweitert, die alle relevanten Prozesseinstellungen und hilfreiche Messdiagramme zur Schneckenbewegung umfasst, auch wenn diese im konkreten Projekt nicht im Fokus der Untersuchungen stehen. Beim Star- »

Digitaler Schatten

Der digitale Schatten ist das Kernkonzept des Exzellenzclusters „Internet of Production“. Er beschreibt eine semantische Aggregation relevanter Datenspuren verschiedener Quellen, um das Verhalten eines Objekts (Assets) in der Produktion datentechnisch abzubilden.

Info

Text

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann ist seit 2011 Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung und Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen.

Pascal Bibow, M.Sc. RWTH beschäftigt sich am IKV mit intelligenten Produktionssystemen und ist seit 2020 Geschäftsführer des Plastics Innovation Center 4.0 am IKV; pascal.bibow@ikv.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Mauritius Schmitz ist seit 2019 Wissenschaftlicher Direktor für Digitalisierung und Industrie 4.0 am IKV und hauptverantwortlicher Koordinator der Aktivitäten des IKV im Exzellenzcluster „Internet of Production“.

Dank

Die Errichtung des Plastics Innovation Center 4.0 wird gefördert durch Mittel des Landes NRW und aus dem Europäischen Fond für Regionale Entwicklung (EFRE).

Die Serie geht weiter

Das PIC 4.0 steht vor der Fertigstellung und der Einzug der Maschinen- und Anlagentechnik ist terminiert. Lesen Sie im letzten Beitrag der Serie von den installierten Möglichkeiten, die Ihnen das PIC 4.0 und seine Forschungsfelder in Zukunft bieten. Der Beitrag erscheint in Heft 11/2022.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

1. Machine Interface ⓘ

Connection Type: Host Address:

Username: Password:

Security Policy: Message Mode:

Parameters

Standardized Identifier	Data Type	Node Location
act_InjectionPressureMax	FLOAT	ns=2;i=202472
act_InjectionTime	FLOAT	ns=2;i=202582
act_MachineCycle	FLOAT	ns=2;i=117562
set_DosingVolume_01	FLOAT	ns=2;i=201972
set_InjectionFlow_01	FLOAT	ns=2;i=201092
set_InjectionFlow_02	FLOAT	ns=2;i=201012

Triggers

Standardized Identifier	Node Location
act_MachineCycle	ns=2;i=117562

Bild 2. In der Bediener-Oberfläche zur manuellen Connector-Konfiguration (Auszug) können projektspezifische Überwachungsgrößen individuell zusammengestellt werden. Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

ten des Connectors wird schließlich eine Prozess-ID generiert, die es erlaubt, Datenspuren verschiedener Geräte auch retrospektiv einem Projekt zuzuordnen. Ebenso können dadurch im Nachgang analoge und unstrukturierte Datenpakete, zum Beispiel handschriftliche Versuchsnotizen oder Fehlerprotokolle, der Versuchsreihe zugeschrieben werden.

Datenspuren der Prozesshistorie

Das zweite Anwendungsszenario betrifft die Datenbankabfrage zu in der Vergangenheit durchgeführten Prozessen. Hierzu kann die Datenbank nach den Messgrößen durchsucht werden; zielführender ist es jedoch, die Datenspuren zu den gesuchten Einstellkombinationen zusammenzustellen. Das im Exzellenzcluster „Internet of Production“ erarbeitete

te Konzept des digitalen Schattens kann zur Kontextualisierung der Daten innerhalb des PIC 4.0 umgesetzt und anwendungsnah demonstriert werden [5]. In Form eines weiteren Service für die zur Verfügung stehende Plattform wird derzeit eine Funktionalität entwickelt, die basierend auf festzulegenden Einstellkombinationen des Prozesses die Datenspuren der Prozesshistorie ermittelt und ausgibt (Digital-Shadow-Caster).

Mit Bezug auf die zu den Prozessen generierten Metadaten, wie auch der Prozess-ID, können korrespondierende Geräte und Anlagen zunächst als Datenquellen (Assets) ausgewählt werden. Aus diesen soll ein Nutzer die einzubeziehenden Datenquellen festlegen. Anschließend sollen die verfügbaren Parameter angezeigt werden; die Grundkonstellation wird dabei durch das Versuchspla-

nungsszenario gewährleistet. Im Anschluss lässt sich per automatisiertem Datenbank-Filterbefehl eine relevante Teilmenge der Datensätze exportieren, die für die angestrebte Analyse oder Modellvalidierung geeignet ist.

Deep Dive in den Data Lake

Die Notwendigkeit intelligenter Filtertechniken ergibt sich aus den verschiedenen Datenbanken und Datenbankstrukturen, die beim Aufsetzen der Datenerfassung und insbesondere für die semantische Verknüpfung einzelner Datenspuren bedient werden. Während zyklusbezogene numerische Werte oder Zeichenketten in eine relationale Datenbank geschrieben werden können, werden Metadaten (zum Beispiel Stammdaten) zur genutzten Maschinen- und Anlagentechnik oder zur Prozesskonfiguration in nicht-relationalen Datenbanken abgelegt. Da jede Produktionsanlage als Datenquelle eigene Datenspuren erzeugt, können diese in relationalen Datenbanken jeweils in eigenen Tabellen, die dazugehörigen Stammdaten in der nicht-relationalen Datenbank in Kollektionen gespeichert werden. Die Verknüpfung von Datenspuren und Metadaten kann dann nur über eindeutige Identifier wie einer Auftragsnummer in einer industriellen Produktion oder der hier eingeführten Prozess-ID erfolgen.

Während das grundsätzliche Erfassen, Speichern und Archivieren auch großer Datenmengen kein technisches Problem mehr darstellt, ist es bis zu einer zielgerichteten Verarbeitung und einem gegebenenfalls monetären Mehrwert oft noch ein weiter Weg. Mit den vorgestellten Szenarien beim Aufsetzen einer projektbezogenen Datenerfassung wie auch dem retrospektiven Korrelieren von Historiendaten soll ein langfristiger Mehrwert erzeugt werden. Dieser äußert sich neben der gesteigerten Transparenz und Abrufbarkeit auch in einer gesicherten Konsistenz und Vollständigkeit der Daten – dazu werden zu den bereits bestehenden weitere Software-Services entwickelt. Damit sollen Daten auch für die Beantwortung weiterführender Fragestellungen wie etwa bei der Übertragbarkeit von Forschungsansätzen auf unterschiedliche Maschinen- und Anlagen oder bei der Verarbeitung weiterer Materialien verwendbar gemacht werden. ■