

# Auf dem Weg zur smarten Spritzgießfabrik

## Teil 2 der Serie: Durchgängige Datenerfassung für die Spritzgießproduktion

Die Themen Digitalisierung und Industrie 4.0 sind in aller Munde. In der Praxis gestaltet sich die Umsetzung aber oft schwierig, der datengetriebene Betrieb einer Spritzgießproduktion ist häufig noch eine Wunschvorstellung. Nur wenn der genaue Ist-Zustand der Maschinen und Peripheriegeräte bekannt ist, kann an einer Optimierung der Prozesse gearbeitet werden. Die Ostschweizer Fachhochschule beschreibt, welche Hürden zu meistern sind und zeigt anhand einer selbst betriebenen Fertigungszelle Lösungsmöglichkeiten auf.

**B**ei der Umsetzung von Industrie 4.0 präsentieren sich heute zwei wesentliche Herausforderungen [1].

Zum einen zeigt sich seitens der Praxis ein häufig fehlendes Bewusstsein sowohl für mögliche Anwendungen, als auch für die Notwendigkeit einer konkreten schrittweisen Umsetzung. Dabei geht es um die eigentliche Zielorientierung oder auch die Use-Case-Festlegung für die Smarte Fabrik. Diese Konkretisierung muss sich an folgenden Fragen ausrichten:

- Wie kann ich meine Wertschöpfung durch die Nutzung von Daten erhöhen?
- Wie kann ich meine Daten nutzen? Was ist das Ziel?
- Welche Daten benötige ich für die Umsetzung eines bestimmten Use Case?

Das Bewusstsein für mögliche Anwendungen kann durch das im letzten Artikel der Beitragsreihe vorgestellten Use-Case-Framework geschaffen werden (Kunststoffe 9/21). Dieses Framework wurde auf der Basis von realisierten Use Cases in der Praxis systematisiert und entwickelt [2].

Zum anderen wird für das Lernen aus Daten eine vollständige Datenbasis benötigt. Auch hier ergeben sich einige Fragen:

- Welche Signale benötige ich? Welche Signale sind überhaupt verfügbar?
- Welche Qualität der Daten benötige ich? Sind die Daten in dieser geforderten Qualität verfügbar?
- Wie bekomme ich die Daten aus meiner Maschine heraus?



Vollautomatisierte Fertigungszelle zur Produktion eines Unihockeyballs im Technikum des IWK in Rapperswil © Ostschweizer Fachhochschule

■ Wie synchronisiere ich Daten von verschiedenen Maschinen und Geräten? Die Datenbasis ist häufig ein großer Stolperstein, da die Daten schlicht nicht zur Verfügung stehen oder nicht in der gewünschten Qualität. So gibt es im Bereich der Kunststoffverarbeitung keine geeigneten, branchenweit standardisierten Spezifikationen und Protokolle, die sich problemlos mit einer Vielzahl unterschiedlicher Datenquellen und Datenbanksysteme integrieren lassen. Diese fehlende Standardisierung hat dazu geführt, dass heute jede Maschine die Daten anders zur Verfügung stellt. Glücklicherweise sind viele Standards und Spezifikationen derzeit in der Entwicklung

(z. B. OPC-UA), so dass sich die Interoperabilität in Zukunft verbessern wird.

### Akquisition von Daten

Untersuchungen zeigten, dass ein schrittweises Vorgehen zur Umsetzung von Industrie 4.0 in der Kunststoffverarbeitung zielführend ist. Mithilfe der Use-Case-Definition lässt sich ein erstes Modell zur Vorhersage entwickeln. Das validierte Modell kann dann in die IT-Landschaft integriert werden, und später in der Fabrik oder im ganzen Produktionsnetzwerk ausgerollt werden. Dies spiegelt sich auch im entwickelten Modell zur Umsetzung von Industrie 4.0 in der Fabrik wider (**Bild 1**).

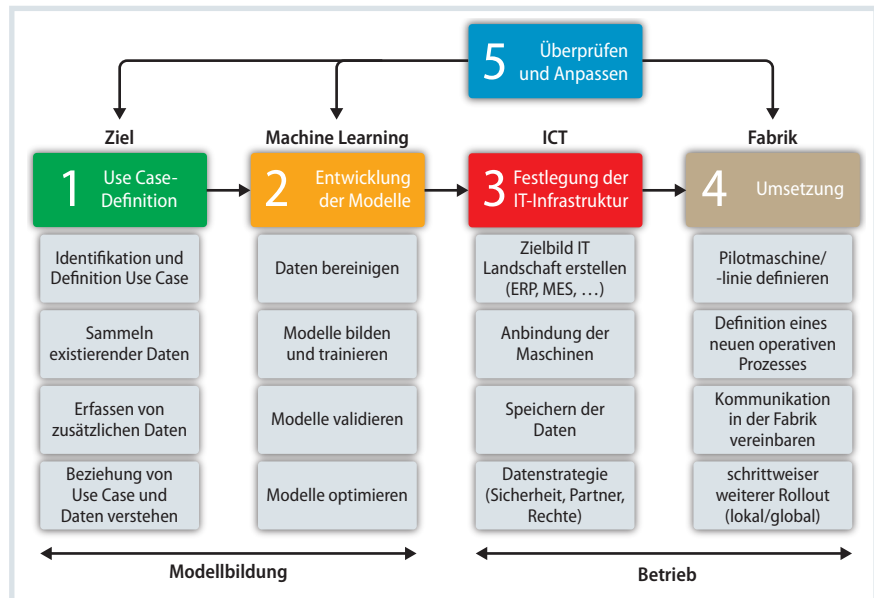
Viele Expertenorganisationen beschäftigen sich zur Zeit mit Industrie 4.0 – speziell mit der Standardisierung der Daten. Es gibt unter anderem Empfehlungen der VDI-Gruppe, welche Signale im Bereich des Spritzgießens aufgezeichnet werden sollten [3]. Neuere Maschinen bieten eine immer bessere Datenverfügbarkeit, bei der eine zunehmend hochfrequente Aufzeichnung der einzelnen Signale und deren Speicherung als Zeitreihenverläufe möglich sind. Dadurch lassen sich vertiefte Prozessanalysen erstellen, welche je nach Use Case unabdingbar sind. Für den zyklischen Export von Prozessparametern spielen hier auch die Schnittstellen Euromap 63 und Euromap 77 (OPC-UA) eine wichtige Rolle.

### Umsetzung der smarten Fabrik

Das Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) verfügt über ein System, an das fünf Spritzgießmaschinen verschiedener Hersteller und diverse Peripheriegeräte integriert wurden. Die aufgezeichneten Daten können damit direkt visualisiert und ausgewertet werden.

Für den Aufbau einer solchen Datenerfassung für das Machine Learning mussten einige Herausforderungen gemeistert werden. So zeigte sich, dass oft noch gerätespezifische Lösungen realisiert werden müssen, damit die Daten in gewünschter Qualität exportiert und aufgezeichnet werden können. Vor allem für kleinere produzierende Unternehmen eine Hürde, da ein solch interdisziplinäres Know-how häufig nicht vorhanden ist.

Eine weitere Schwierigkeit ist die Synchronisierung der Daten von verschiedenen Maschinen und Geräten (z.B. Spritzgießmaschine, Temperiergeräte, Umgebungsbedingungen). Jedes Gerät arbeitet dabei meist mit einem eigenen Zeitstempel. Häufig gibt es Probleme, wenn mit Zeitreihenverläufen verschiedener Geräte gearbeitet wird. Dies kann umgangen werden, indem ein Live-System aufgebaut wird, bei welchem alle Daten synchron erfasst werden. Der Zeitstempel wird durch das datenerfassende System vergeben. Dies bedingt aber, dass alle Maschinen und Geräte die Daten live zur Verfügung stellen. Das bedeutet Kurvendaten, welche zum Beispiel via OPC-UA-Schnittstelle am Ende des Zyklus als Zeitreihenverläufe zur Verfügung gestellt werden, sind hierfür nicht geeignet. Eine

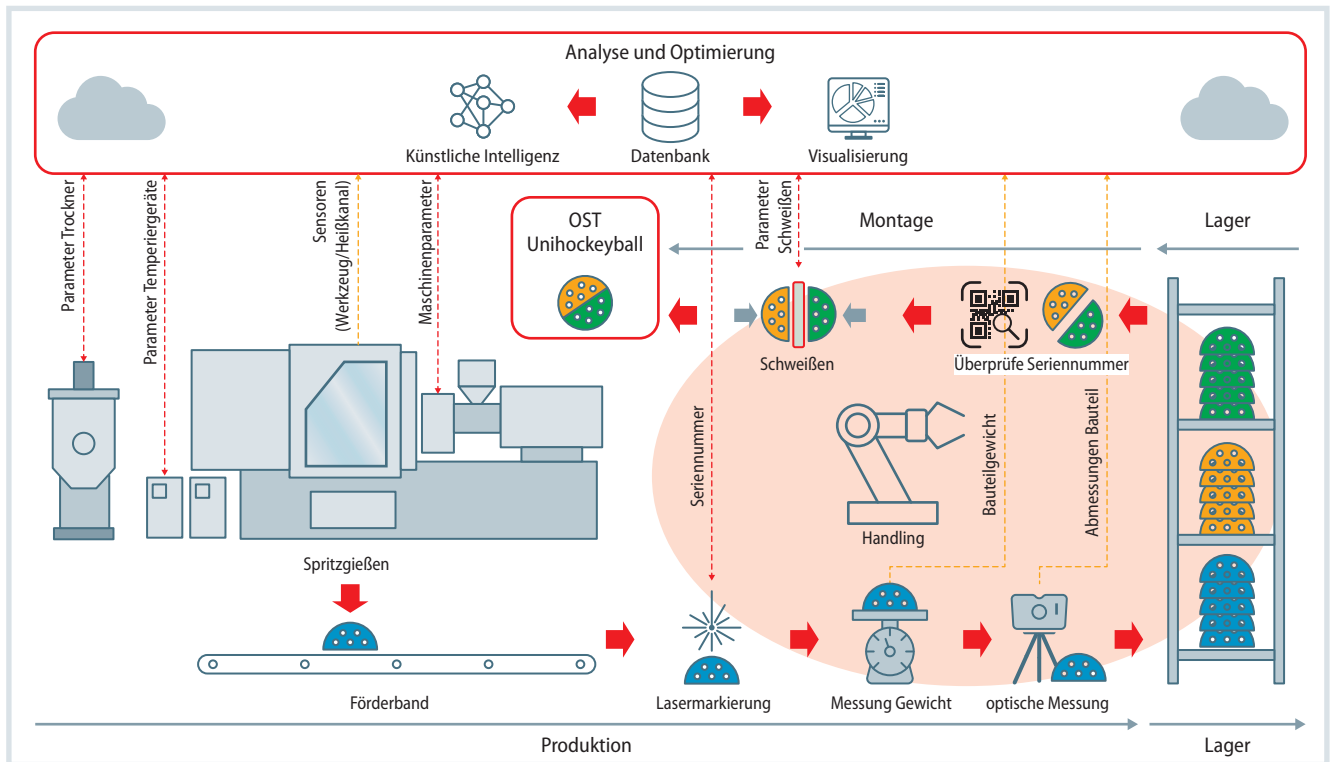


**Bild 1.** Vorgehenskonzept für Machine Learning in der Fabrik

Quelle: Ostschweizer Fachhochschule; Grafik: © Hanser

direkte Abfrage von stark zeitabhängigen Signalen (z.B. Spritzdruck oder Schneckenposition) via OPC-UA in hoher Frequenz ist aufgrund des eingeschränkten Publishing-Intervalls der Schnittstelle (meist max. 200-500 ms) nur bedingt geeignet. Die Abfrage von vorberechneten Kenngrößen (wie z.B. Maximum- oder Mittelwerte) am Ende jedes Zyklus ist so jedoch möglich. Diese Daten können auch mit Kurvendaten kombiniert werden. Durch die Aggregation erfolgt jedoch bereits ein Informationsverlust. Je nachdem, was aus den Daten gelernt werden soll, kann dies natürlich kritisch sein. Ältere Maschinen, welche solche Schnittstellen gar nicht unterstützen und aufgrund begrenzter Speicherkapazitäten gar keine Rohdaten speichern, stellen eine zusätzliche Schwierigkeit dar.

Neben der Synchronisierung ist auch die Zuordnung von Daten verschiedener vor- oder nachgelagerter Prozesse ein Thema. So unterscheidet sich zum einen die Datenerfassung zwischen den kontinuierlichen Prozessen, z.B. der Materialtrocknung, bei der chargenweise kontinuierliche Zeitreihen aufgezeichnet werden, und den diskontinuierlichen Prozessen wie dem Spritzgießen und z.B. dem Schweißen als Nachfolgeprozess, bei denen die Daten zykluszugehörig und mit einer definierten Abtastrate erfasst werden. Zum anderen müssen die Daten aus den vorgelagerten Prozessschritten dann auch eindeutig den späteren Daten des Bauteils zugeordnet werden können. Das heißt z.B. für das Spritzgießen: Welche Materialcharge wurde verarbeitet und wie lange wurde die Materialmenge, wel-



**Bild 2.** Produktionsablauf der vollautomatisierten Fertigungszelle Quelle: Ostschweizer Fachhochschule; Grafik: © Hanser

## Die Autoren

**Curdin Wick, M.Sc.**, ist Leiter des Fachbereichs Spritzgießen/PUR am Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) an der Ostschweizer Fachhochschule Rapperswil (OST).

**Prof. Dr.-Ing. Frank Ehrig** ist Institutsleiter am Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) der OST.

**Prof. Daniel Schwendemann** ist Leiter des Fachbereichs Compoundieren/Extrusion am Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) der OST.

**Prof. Dr. Roman Hänggi** ist Partner am Institut für Produktdesign, Entwicklung und Konstruktion (IPEK) und Professor für Produktionsmanagement der OST.

**Adrian Rüedy, M.Sc.**, ist Projektleiter am Institut für Produktdesign, Entwicklung und Konstruktion (IPEK) der OST.

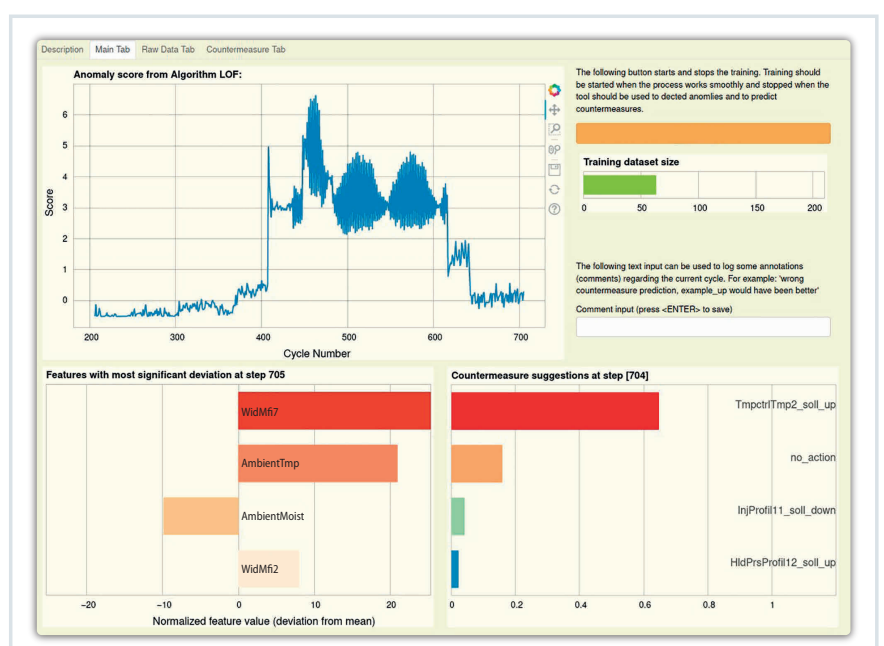
## Die Serie geht weiter

Im letzten Artikel dieser Beitragsreihe werden die Herausforderungen bei der Umsetzung spezifischer Use Cases und dem Lernen aus Daten mithilfe künstlicher Intelligenz im Bereich der Produktionstechnologie Compoundieren betrachtet.

che für die Fertigung des Formteils verwendet wurde, vorgetrocknet? Keine einfache Fragestellung, weshalb diese aktuell auch noch in Bearbeitung ist. Für nachgelagerte Prozesse ist dies wesentlich einfacher, da das Bauteil und die zugehörigen Daten bereits existieren und nur erweitert werden müssen.

## Vollautomatisierte und selbstlernende Fertigungszelle

Eine Umsetzung dieser vernetzten Fabrik ist eine Fertigungszelle zur Produktion eines Unihockeyballs (**Titelbild und Bild 2**). Die Ballhälften werden auf einer Spritzgießmaschine gefertigt, lasermarkiert, voll-



**Bild 3.** GUI (Graphical User Interface) für die Anomaliendetektion und Vorschlag Gegenmaßnahme

Quelle: Ostschweizer Fachhochschule; Grafik: © Hanser

ständig dreidimensional vermessen und anschließend nach Farbe sortiert in einem Zwischenlager gelagert. Das automatisierte Handling erfolgt über einen kollaborativen Roboter.

Bei Kundenbestellungen entnimmt dieser Roboter die Ballhälften in der gewünschten Farbe aus dem Zwischenlager und übergibt diese der Schweißmaschine, wo die Hälften zu einem Ball vollautomatisch verschweißt werden. Dabei handelt es sich um eine vollvernetzte und automatisierte Fertigungszelle: Die Prozessdaten aller Fertigungsschritte sowie die Qualitätsmerkmale werden in der Cloud gespeichert und können jedem Ball eindeutig zugeordnet werden. Dadurch wird zum einen eine vollständige Rückverfolgbarkeit gewährleistet, zum anderen kann der gesamte Fertigungsprozess durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz optimiert und in Richtung Null-Fehler-Produktion vorangebracht werden. Diese Fertigungszelle dient als Schulungsobjekt in der Aus- und Weiterbildung von Studierenden der OST (Ostschweizer Fachhochschule) und zeigt

Unternehmen die Möglichkeiten zur Digitalisierung.

### *Nutzung der Datenerfassung für Forschungsprojekte*

Die aufgebaute Datenerfassung dient zudem als Grundlage für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Rahmen verschiedenster Projekte im Bereich des Spritzgießens. Ein zentrales Thema ist die frühzeitige Erkennung von Prozessanomalien auf Basis von Prozessdaten. Beim Auftritt einer Anomalie soll dem Maschinenbediener zudem ein Vorschlag für eine geeignete Gegenmaßnahme gemacht werden. Dieses Thema wird in einem dreijährigen öffentlich geförderten Forschungsprojekt mit fünf Industriepartnern untersucht.

Die Prozessanomalien können mittlerweile zuverlässig detektiert und erste geeignete Gegenmaßnahmen vorgeschlagen werden. Mithilfe einer Support Vector Machine und einem Autoencoder kann auf Basis von verschiedenen Features ein Anomaliescore (**Bild 3**, oben links)

berechnet werden. Dieser gibt an, wie stabil der aktuelle Prozess läuft. Auf Grundlage dieses Scores wird bei seinem Anstieg, eine Handlungsempfehlung für den Operator vorgeschlagen (**Bild 3**, unten rechts), mit welcher der Prozess wieder korrigiert werden kann.

Weitere Use Cases sind die Vorhersage der Qualitätsmerkmale der hergestellten Bauteile auf der Basis von Prozessdaten und vorausschauende Wartung, respektive das Erkennen von Verschleiß an Werkzeug- oder Maschinenkomponenten. ■

## Service

### Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

### English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)