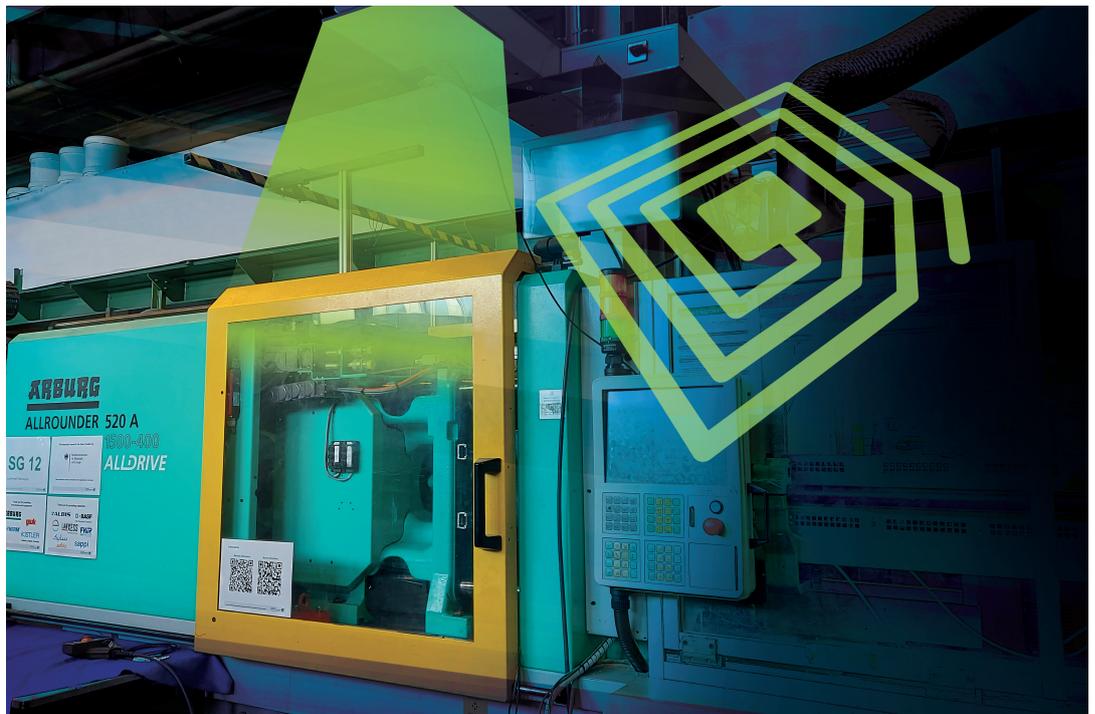


Der digitale Werkzeug-Zwilling

Wie Track- und Trace-Technologien das Werkzeugmanagement unterstützen können

Charakteristisch für Industrie 4.0 sind autonome Produktionssysteme, in der die „Dinge“, sogenannte Assets, miteinander kommunizieren und selbstständig entscheiden. Realisierbar ist dies durch digitale Zwillinge als virtuelle Repräsentanz dieser Assets und digitale Schatten als Entscheidungsunterstützer. Der folgende Beitrag demonstriert die Anwendung digitaler Zwillinge für Spritzgießwerkzeuge durch Integration von Track- und Trace-Technologien für die Datenerhebung.

Ein RFID-Lesegerät erfasst, ob ein Spritzgießwerkzeug an der Maschine für den Rüstvorgang bereitsteht © IKV



Technologien der Industrie 4.0 sollen die Wettbewerbsfähigkeit von Hochlohnländern wie Deutschland im internationalen Wettbewerb sicherstellen. Das Hilfsmittel dabei ist die Verschmelzung der physischen mit der digitalen Welt zu sogenannten cyber-physischen Systemen (CPS), in der die einzelnen Komponenten (Assets) autonom kommunizieren [1]. Digitale Zwillinge stellen Abbilder der realen Assets in der virtuellen Welt dar, um die Mehrwerte, die Industrie 4.0 bietet, nutzen zu können [2]. Kennzeichen des digitalen Zwillinges ist, dass dieser Einfluss auf das reale System nehmen und mit

diesem interagieren kann. Der digitale Schatten hingegen existiert immer nur zu einem konkreten Zweck. Daher extrahiert und verarbeitet der digitale Schatten nur diejenigen Daten, die zur Erfüllung dieses Zwecks relevant sind. Weiterhin kann der digitale Schatten keinen direkten Einfluss auf das reale System ausüben und dient daher primär als Datenkontext und nicht als aktiv interagierende Systemkomponente [3].

Digitale Zwillinge von Spritzgießwerkzeugen zu etablieren, hat vielfältige Vorteile. Mitarbeiter können sich auf wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren [4],

da sich zeitintensive manuelle Buchungen von Werkzeugen reduzieren lassen oder Werkzeugdaten automatisiert weitergegeben werden [5, 6]. Weiterhin lässt sich der aktuelle Zustand in der Fertigung jederzeit und transparent einsehen, indem Werkzeuge ihren Status einem übergeordneten Leitsystem übermitteln [7]. Dies kann eine Information über den aktuellen Ort des Werkzeugs oder des Rüstzustands sein. Aber auch Informationen zum Werkzeug selbst sind abrufbar, z.B. die Anzahl der durchgeführten Spritzzyklen, um darauf basierend zum richtigen Zeitpunkt eine Wartung zu initiieren [8].

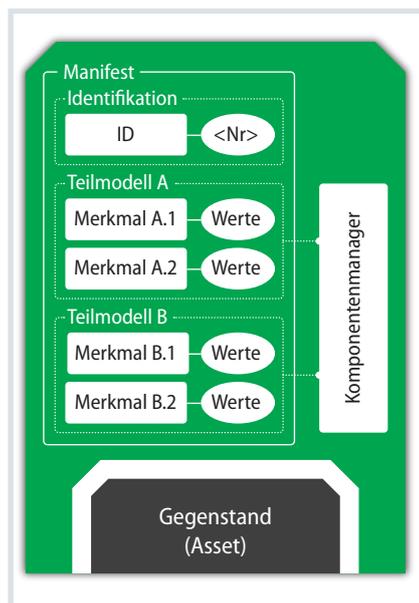


Bild 1. Grundlegender Aufbau der Verwaltungsschale, bestehend aus dem Manifest und dem Komponentenmanager

Quelle: IKV, in Anlehnung an [2]; Grafik: © Hanser

Die kontinuierliche Offenlegung des Werkzeugstatus beeinflusst auch das Verhalten anderer Systemkomponenten. Ist beispielsweise ein Werkzeug auf einer Maschine gerüstet, können andere Maschinen es nicht für die unmittelbare Nutzung anfordern. Werden diese Daten automatisiert erfasst, können zusätzlich potenzielle Eingabefehler durch die Mitarbeiter vermieden und konsistente Datensätze erzeugt werden [9]. Eine hohe Datenkonsistenz sichert etwa die Qualität von Planungssimulationen [5] für die Produktionssteuerung und verbessert infolgedessen die Entscheidungsfindung [4], z. B. zur rüstopimalen Maschinenbelegung. Hier unterstützen digitale Schatten, indem sie aus der Gesamtheit aller Daten exakt die zur Entscheidungsfindung benötigten extrahieren und sie zu planungsrelevanten Informationen konsolidieren [10].

Die Verwaltungsschale als digitaler Zwilling

Neben der Datenerfassung ist die Strukturierung der Daten des digitalen Werkzeug-Zwillings essenziell. Zu diesem Zweck hat sich das Konzept der Verwaltungsschale als Implementierung von digitalen Zwillingen etabliert [11]. Die Verwaltungsschale besteht aus zwei Kernbausteinen, dem Manifest und dem Kompo-

nentenmanager (Bild 1). Das Manifest ist vergleichbar mit einem Personalausweis, der einerseits das Asset eindeutig identifiziert und andererseits die Eigenschaften des Assets anhand vorab definierter Merkmale beschreibt. Zudem erlaubt die Verwaltungsschale das Kapseln relevanter Merkmale für einen bestimmten Anwendungsfall in Teilmodelle.

Der Komponentenmanager spezifiziert Schnittstellen zur Kommunikation zwischen der Außenwelt und dem Asset, z. B. durch die Auflistung von Endpunkten und zulässigen Kommunikationsprotokollen. Zulässig ist auch das Schachteln von Verwaltungsschalen [2]. Sowohl die Implementierung als auch der Zugriff auf die Verwaltungsschale ist technologieunabhängig [12, 13]. Folglich eignen sich Track- und Trace-Technologien generell dazu, Merkmalswerte von Verwaltungsschalen zu manipulieren. Dies wird nachfolgend anhand eines praxisnahen Anwendungsfalls für das Werkzeugmanagement mithilfe der RFID-Technologie gezeigt.

Innerhalb der letzten Jahrzehnte haben unterschiedliche Tracking-Technolo-

gien für diverse Anwendungen die industrielle Reife erlangt. Viele davon wurden bereits in den 1990er-Jahren grundlegend entwickelt. Neben optisch identifizierbaren Barcodevarianten (klassischer Barcode, QR-Codes, 3D- und 4D-Codes) werden auch Sender/Empfänger-basierte Systeme (RFID, NFC) zum diskreten Tracking und Identifizieren genutzt. Für ein kontinuierliches Tracking eignen sich Real Time Location Systems (RTLS) wie GPS, Mobilfunk oder auch Bluetooth Low Energy (BLE) sowie die Ultrabreitbandtechnologie (UWB).

Einordnung von RFID gegenüber anderen Track-Technologien

Die geeignete Technologie muss in Abhängigkeit des jeweiligen Anwendungsfalls ausgewählt werden. Als Kriterien können dabei z. B. die Technologiereife, die Kosten, die Störanfälligkeit, der Informationsgehalt und die Automatisierbarkeit herangezogen werden. Es existieren bereits ausgiebige Technologievergleiche hinsichtlich diverser Kriterien [14]. »

LEISTER
LASER PLASTIC WELDING

Besuchen Sie uns an der Fakuma Friedrichshafen
12.-16. Oktober 2021
Halle A4
Stand A4-4001

Your **Experts**
in **Laser Plastic Welding.**

swiss made

www.leister.com We know how.

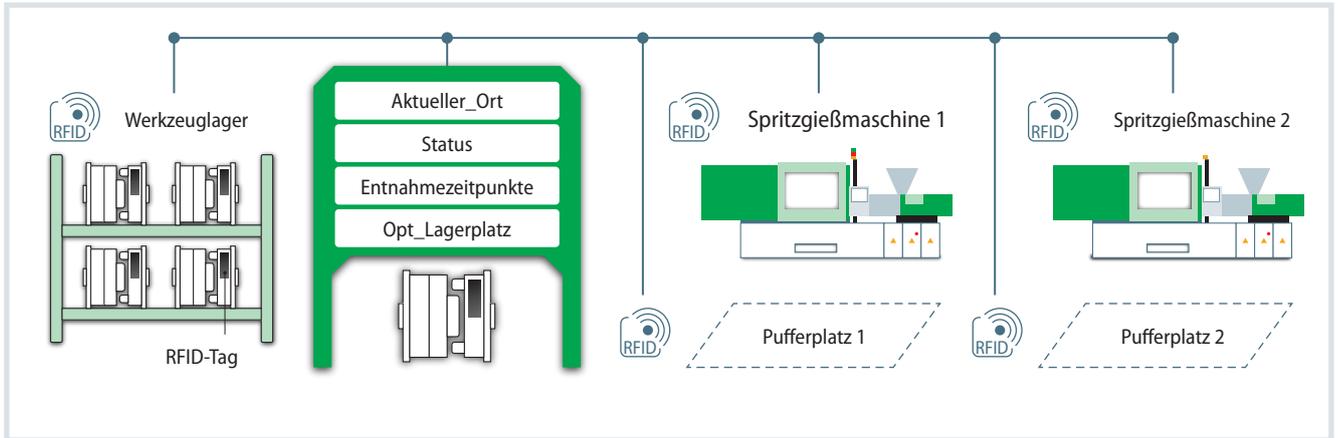


Bild 2. Über die Verwaltungsschale wird das Werkzeug als digitaler Zwilling repräsentiert und tauscht via RFID Informationen mit seiner Umwelt, z. B. dem Lager, den Spritzgießmaschinen und den Pufferplätzen, aus Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

Die Autoren

Patrick Sapel, M.Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IKV. Sein Forschungsgebiet umfasst die Produktionsplanung und -automatisierung in Spritzgießbetrieben; patrick.sapel@ikv.rwth-aachen.de

Fabian Becker, M.Sc. RWTH, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IKV und beschäftigt sich mit intelligenten Produktionssystemen. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung einer Produktionsdateninfrastruktur im Sinne eines Internet of Production;

fabian.becker.sg@ikv.rwth-aachen.de

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.

Dank

Diese Arbeit wurde gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC-2023 Internet of Production – 390621612.

Service

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

Für das Tracking von Werkzeugen ist eine kontinuierliche Erfassung nicht erforderlich, weshalb die Wahl zwischen optisch identifizierbaren Markierungen (QR-Codes) und Sender-Empfänger-Systemen zu treffen ist. Optische Markierungen müssen zuverlässig sichtbar für das Lesegerät sein und eignen sich daher nur bedingt für das Tracking von Werkzeugen. Als Sender-Empfänger-System bietet sich RFID für diesen Anwendungsfall aufgrund seiner guten Skalierbarkeit in automatisierten Anwendungen an [15]. Sowohl Transponder als auch entsprechende Lesegeräte sind gegenüber anderen Sender-Empfänger-Systemen kostengünstig und sehr flexibel hinsichtlich der Reichweite, der Abgrenzung des zu erfassenden Gebiets sowie der Modularität. Beispielanwendungen in der Industrie, z. B. im Werkzeugbau von Phoenix Contact [16], wurden bereits ebenfalls mit der RFID-Technologie umgesetzt. Aus den genannten Gründen werden für den nachfolgend beschriebenen Anwendungsfall RFID-Systeme verwendet.

Mehr Transparenz in der Fertigung

Im Rahmen der Demonstrationsanwendung werden Spritzgießwerkzeuge mit RFID-Transpondern ausgestattet und spezifische Lager- und Verweilpositionen der Werkzeuge mit entsprechenden Antennen kontinuierlich überwacht. Dadurch lassen sich Werkzeugbewegungen jederzeit erfassen und entsprechende Daten ins System überführen.

Um die Transparenz in der Fertigung zu erhöhen, soll der digitale Werkzeug-Zwilling in Echtzeit und ohne manuelle

Eingriffe den aktuellen Aufenthaltsort der realen Werkzeuge aufzeigen. Überdies soll anhand der Anzahl der Werkzeugbewegungen der Lagerplatz optimiert werden, damit sich der Lagerplatz häufig genutzter Werkzeuge nahe der Basis befindet und diese somit leichter und schneller zugänglich sind. Zu diesem Zweck wird das Verwaltungsschalen-Teilmodell „Werkzeuglagerung“ modelliert, das die relevanten Merkmale samt möglicher Ausprägungen beinhaltet (**Bild 2**). Neben dem per RFID erfassten Merkmal *Aktueller_Ort* umfasst das Teilmodell die Merkmale *Status*, *Opt_Lagerplatz* und *Entnahmezeitpunkte*.

Optimierungen durch den digitalen Schatten

Sollten sich im Zeitverlauf die relevanten Merkmale ändern, lassen sich die Verwaltungsschalen problemlos anpassen. Die Strukturierung der Daten erfolgte im JSON-Format als vielseitig einsetzbares Austauschformat, das sich in vielen Softwareanwendungen mit geringem Aufwand integrieren lässt.

Der digitale Schatten soll Logistikmitarbeiter in Form eines Assistenzsystems bei der Festlegung eines geeigneten Werkzeuglagerplatzes unterstützen. Hierzu sind die Merkmale *Opt_Lagerplatz* und *Entnahmezeitpunkte* relevant, die Merkmale *Aktueller_Ort* und *Status* werden vom digitalen Schatten nicht angesprochen. Durch die automatisierte Buchung entsteht für jedes Werkzeug eine Historie der Bewegungszeitpunkte, die im Merkmal *Entnahmezeitpunkte* hinterlegt ist. »

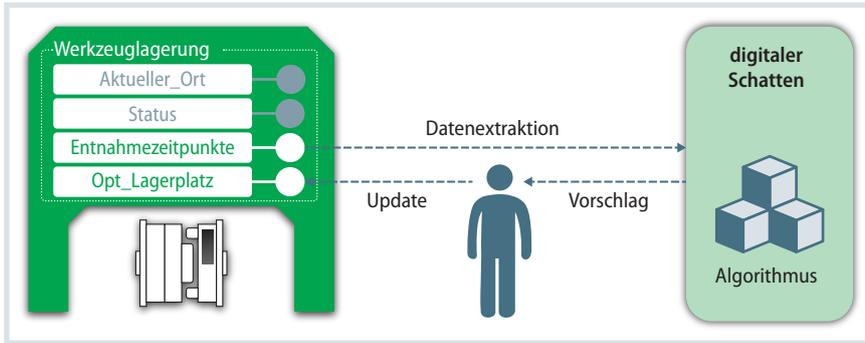


Bild 3. Die mittels RFID erfassten Daten nutzt der digitale Schatten, um einen optimalen Lagerplatz für das Werkzeug vorzuschlagen und nach Bestätigung des Mitarbeiters umzusetzen

Quelle: IKV; Grafik: © Hanser

Für jedes Werkzeug entnimmt der digitale Schatten diese Historie und fügt sie zu einer Datenspur zusammen. Mittels eines Algorithmus ermittelt er eine Rangfolge, in der die Werkzeuge nach Auslagerungshäufigkeit sortiert sind, und ordnet sie einem entsprechenden Lagerplatz zu. Der aktualisierte Lagerplatz wird automatisch im Merkmal *Opt_Lagerplatz* eingetragen, nachdem der Logistiker dies bestätigt hat (Bild 3). Der Algorithmus würde sich um beliebige Nebenbedingungen erweitern lassen, z.B. durch Berücksichtigung der Größe und des Gewichts der Werkzeuge für die Lagerplatzauswahl. Einzige Voraussetzung hierfür sind die entsprechenden Merkmale in der Verwal-

tungsschale und das korrekte Erfassen der relevanten Daten.

Ein Vorteil merkmalsbasierter Verwaltungsschalen liegt in der einheitlichen Datenbasis, die verschiedenste Dienste verwenden können. Diese Dienste lassen sich modular nutzen, sodass mittels Verwaltungsschalen eine serviceorientierte Architektur (SOA) realisierbar ist. Auch der „Plug and Play“-Gedanke ist mit standardisiert aufgebauten Verwaltungsschalen umsetzbar.

Um den hier beschriebenen Anwendungsfall zu veranschaulichen, wird aktuell am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Aachen ein Demonstrator erarbeitet. Dazu wird einerseits die Datenstruk-

tur des digitalen Schattens entwickelt und andererseits eine exemplarische Tracking-Erfassung von Spritzgießwerkzeugen mittels RFID im Technikum implementiert.

Ausblick: Teilmodelle für andere Assets der Spritzgießfertigung

Das Konzept von digitalen Zwillingen und digitalen Schatten lässt sich für das Management von Spritzgießwerkzeugen anwenden. Durch standardisierte Verwaltungsschalen, die alle relevanten Merkmale enthalten, lassen sich digitale Zwillinge implementieren, um Spritzgießwerkzeuge virtuell abzubilden. Track- und Trace-Technologien wie RFID eignen sich für die Manipulation der Merkmale. Insgesamt kann der digitale Werkzeug-Zwilling die Transparenz in der Fertigung erhöhen. Ergänzend dazu lassen sich digitale Schatten als Servicebausteine nutzen, wie dieser Beitrag anhand der Optimierung der Lagerposition der Spritzgießwerkzeuge demonstriert.

Weiterführende Arbeiten befassen sich mit der Erstellung weiterer Verwaltungsschalen und Teilmodelle für andere Assets, sodass alle relevanten Assets der Spritzgießfertigung in die virtuelle Welt überführt sind und durch digitale Schatten gezielt unterstützt werden. ■

Neue aufgeflossene und pneumatisch betätigte Nadelverschlusseinheit H107940

Vorteile eines geschlossenen Systems



Betätigungskolben und Anschlüsse sind in einem kompakten Gehäuse verbaut © Hasco

Die Heißkanalpartie von **Hasco** ergänzt ihr bewährtes Nadelventilprogramm durch eine neue pneumatisch angetriebene und

eingehauste Nadelverschlusseinheit. Basierend auf der bereits vorhandenen hydraulischen Variante stellt diese neue modulare Einheit ein geschlossenes System dar, in dem Betätigungskolben und Anschlüsse in einem kompakten Gehäuse verbaut sind. Die Baugruppe lässt sich über eine Flanschkonstruktion direkt auf den Heißkanalverteiler montieren und wird vorwiegend für komplett verdrahtete und verrohrte Systeme eingesetzt.

Laut Hersteller bietet sich der neue pneumatische Antrieb H107940 dort an, wo ein Hydrauliksystem nicht zum Einsatz kommen kann, zum Beispiel für Reiraumanwendungen. Die Einhausung bietet den Kunden viele Vorteile. So entfallen Bearbeitungszeiten für die Aufspannplatte, die nur noch Taschen in Freimaßtole-

ranz für die Ventileinheiten beinhalten muss. Dazu kommt, dass die Versorgungsbohrungen entfallen und somit weder Verunreinigungen durch die Bearbeitung in das Pneumatiksystem gelangen noch die O-Ringe durch unsachgemäße Bearbeitung der Laufflächen beschädigt werden können.

Über eine gekühlte, hochwertige Titanplatte wird die Antriebseinheit thermisch vom Heißkanal entkoppelt. Wie bei den bisherigen Nadelverschlüssen ist die Nadel im H107940 von der Rückseite mit bewährtem Mechanismus durch Drehen der Nadelhaltereinheit, ohne vorherige Demontage, exakt und dauerhaft einstellbar. Die Nadelverschlusseinheiten werden vormontiert und somit anwenderfreundlich geliefert.