

# Digital vernetzt – flexibel automatisierte Kunststoffverarbeitung

*Eine automatisierte Fertigung ermöglicht die Steigerung von Teilequalität, Prozesssicherheit sowie Produktivität und Flexibilität der Fertigungsprozesse*

Aktuell sind bei Kunststoffverarbeitern zwei Trends in der Automation zu beobachten: Zum einen steigt die Komplexität der Anlagen, zum anderen wünschen sie flexible Lösungen – aufgrund immer schnellerer Produktwechsel, steigender Variantenvielfalt und, damit verbunden, immer kleinerer Stückzahlen pro Auftrag bis hin zum Einzelteil. So lassen sich zum Beispiel durch Kombination von Spritzgießen, generativer Fertigung und „Industrie 4.0“-Technologien Großserienprodukte in einem flexibel automatisierten, digital vernetzten Produktionssystem in Losgröße 1 individualisieren.

Vorteil der mobil einsetzbaren Zelle ist der vergrößerte Arbeitsraum, weil der kleine Sechssachsroboter auf einer siebten Linearachse verfahrbar ist

(Bilder: Arburg)



Automation ist seit Jahren eines der großen und wichtigen Themen der Branche, und die Ziele sind in allen Fällen gleich und lauten: hohe Teilequalität, Prozesssicherheit, Verfügbarkeit und Produktivität. Die Anforderungen an die Kunststoffverarbeitung werden zunehmend komplexer durch die Integration von Funktionen in das Werkzeug und von nachgelagerten Bearbeitungsschritten in automatisierte Fertigungszellen. Gefor-

dert sind auf den Einzelfall zugeschnittene Systeme und Turnkey-Anlagen, bei deren Auslegung die gesamte Wertschöpfungskette einbezogen wird.

**Schon heute: Mit Industrie 4.0 für die Zukunft gerüstet**

Moderne Maschinenteknik allein reicht aber nicht aus, um im weltweiten Wettbewerb langfristig zu bestehen. Inno-

ventionsstarke Maschinenbauer entwickeln sich daher immer mehr zu Lieferanten von flexibel automatisierten Fertigungssystemen für die vernetzte Produktion in der digitalen Fabrik.

„Industrie 4.0“ betrifft die gesamte Kunststoffbranche direkt. Der Begriff beschreibt im Wesentlichen die informationstechnische Vernetzung von Maschinen, Werkzeugen, Werkstücken und logistischer Peripherie (**Bild 1**). Einzelne As-



**Bild 1.** Der Begriff „Industrie 4.0“ beschreibt im Wesentlichen die informationstechnische Vernetzung von Maschinen, Werkzeugen, Werkstücken und logistischer Peripherie zu cyberphysischen Produktionssystemen



**Bild 2.** Industrie 4.0 praxisnah: Das Beispiel eines Spielzeug-Buggys mit individualisiertem Code zeigt, wie sich die Produktionseinheiten vernetzen und Daten teilebezogen archivieren lassen

pekte, die viele Spritzgießbetriebe heute schon umsetzen, sind zum Beispiel die Fertigung mit automatisierten Maschinen und schlüsselfertig gelieferten Komplettanlagen, eine interaktive Instandhaltungsplanung, selbstorganisierende Logistik und eine chargenbezogene Datenarchivierung.

Zentrale Bedeutung kommt dabei einem Leitrechnersystem zu, das gleichzeitig mehrere Maschinen, die Automation und den gesamten Produktionsprozess effizient kontrolliert. Durch einen aufgebrauchten DM-Code wird das Produkt in diesem Rahmen selbst zum Informationsträger. Es kommuniziert mit den Maschinen, kennt seine Historie, seinen aktuellen Zustand sowie seine Bestimmung und steuert seinen Durchlauf durch die Prozesskette selbst. Dabei identifiziert sich das Produkt zu einem gegenüber Maschinen und liefert Informationen für den nächsten Fertigungsschritt. Zum anderen können alle Arbeitsschritte lückenlos und fehlerfrei dokumentiert und die relevanten Prozessparameter später eindeutig zugeordnet werden.

Der Leitrechner weist jedem Produkt eine eigene Internetseite in einer Cloud zu. Über den Code lassen sich die relevan-

ten Produkt-, Prozess- und Qualitätsdaten des kompletten Herstellungsprozesses mit mobilen Endgeräten jederzeit und rund um die Welt online abrufen – auch noch nach mehreren Jahren (**Bild 2**). Das spielt eine wichtige Rolle zum Beispiel für die Rückverfolgbarkeit sicherheitsrelevanter Bauteile wie Airbags für die Automobilindustrie und Implantate für die Medizintechnik. Diese Art der Nachverfolgung ist zudem die Basis für eine Just-in-time-Fertigung.

### **Alternative: Standard-Roboter statt spezieller Automation**

Über das Thema Automation nachzudenken, lohnt sich immer – unabhängig von der Unternehmensgröße, dem Produkt oder den Losgrößen. Das Spektrum reicht vom einfachen Picker über lineare Handlingroboter bis zum Sechssachsroboter.

Picker sind speziell für die zuverlässige und reproduzierbare Entnahme von Angüssen ausgelegt. Modelle mit leistungsstarker und energieeffizienter, servoelektrischer Antriebstechnik ermöglichen im Vergleich zu pneumatischen Geräten deutlich kürzere Rüst- und Zykluszei- »



**Bild 3.** Praxisorientierte Lösung für kurze Rüst- und Zykluszeiten: ein servoelektrischer Integralpicker zur Angussentnahme

ten. So kann zum Beispiel die Tauchachse eines Integralpickers V (Hersteller: Arburg GmbH + Co KG, Loßburg) mit  $20 \text{ m/s}^2$  äußerst dynamisch beschleunigen und Geschwindigkeiten von bis zu  $2000 \text{ mm/s}$  erreichen (**Bild 3**). Ein weiterer Pluspunkt sind gleichzeitige und wegabhängige Bewegungen. Die drei servoelektrischen Bewegungsachsen erfordern beim Auftragswechsel kein Rüsten mehr.

Ein Stolperstein liegt in der Praxis häufig darin, dass nicht alle Anforderungen, die eine Anlage in Zukunft erfüllen muss, schon bei der Anschaffung absehbar sind. Deshalb kann zum Beispiel bei Schnellläufer-Anwendungen ein lineares Robot-System mit schnell eingreifender Tauchachse (bis zu  $4000 \text{ mm/s}$ ), die kurze Werkzeugoffenzeiten ermöglicht, die beste Option sein (**Bild 4**). So wurde bei der Fertigung zweier Becher die Eingriffszeit gegenüber einer Standard-Tauchachse um 38 % reduziert. Über das Jahr gesehen, ergibt das eine Produktionssteigerung von mehr als 1,2 Mio. Spritzgussteilen. Gegenüber speziell ausgelegten Automationssystemen haben solche Lösungen den Vorteil, dass ein Linearroboter nicht auf eine einzelne Anwendung beschränkt ist, sondern bei Produktwechseln auch schnell und einfach andere Einlege-, Entnahme- und Ablageaufgaben übernehmen kann.

### Interaktiv: Mensch-Roboter-Kooperation

Wird eine höhere Flexibilität für Einlegeaufgaben gewünscht, kann bei kleinen und mittleren Losgrößen ein interaktiver Betrieb mit Mensch-Roboter-Kooperation die beste Lösung sein (**Bild 5**). Wie Werker und Robot-System Hand in Hand arbeiten, zeigt das Beispiel der Fertigung einer Büroschere.

Der Mitarbeiter positioniert während des Spritzgießzyklus die Metallrohlinge manuell im Greifer eines Linearroboters. Dadurch entfallen die aufwendige Bereitstellung und Zuführung der Einleger, die Anlage lässt sich zudem sehr einfach und schnell auf andere Produkte umstellen. Das Robot-System legt im nächsten Schritt die Einlege Teile automatisch ins Werkzeug der Spritzgießmaschine ein. Der interaktive Betrieb reduziert die Investitionskosten der Automation und erhöht dank reproduzierbarer Abläufe die Prozesssicherheit und Produktivität.

### Synchronisiert: Drei Sechssachsroboter mit 18 Achsen

Bei Automatisierungsgeräten, die speziell auf eine bestimmte Anwendung zugeschnitten sind, ist es nur selten sinnvoll, die Komponenten umzubauen und weiterzuverwenden, wenn sich die Produktionsanforderungen ändern. Die hohen Freiheitsgrade eines Sechssachsroboters bieten hier deutliche Vorteile gegenüber einem Linearsystem und machen ihn damit auch nach seiner Abschreibung wertvoll und wertschöpfend für Folgeproduktionen.

Eine produktspezifisch ausgelegte Fertigungszelle, bei der drei Sechssachsroboter und somit 18 in die Steuerung integrierte Achsen mit einer Spritzgießmaschine synchronisiert arbeiten, ist zum Beispiel bei der Rudi Göbel GmbH & Co. KG rund um die Uhr am Standort in Helmbrechts im Einsatz (**Bild 6**). Die Anlage produziert Steckerträger für eine neuartige Start/Stopp-Automatik im Automobil. Das Bauteil mit Metalleinleger und Steckkontakten wird mit PBT umspritzt und erfordert keine weitere Nachbearbeitung.

Entsprechend hoch sind die Anforderungen an die effiziente Serienfertigung. Die Einlege Teile werden über eine Feeder-Zuführzelle mit Scara-Roboter bereitgestellt. Die beiden Sechssachsroboter für

die Handhabung der Einlege Teile sind über eine Bus-Schnittstelle in Reihe geschaltet. Der erste Sechssachsroboter entnimmt die Einleger, richtet sie über die spezielle Funktion „ereignisgesteuertes Drehen“ exakt aus und setzt sie auf eine Umlegestation. Diese über die Maschinensteuerung programmierte Funktion ersetzt eine kostspielige Dreheinheit. Der zweite Sechssachsroboter entnimmt die Fertigteile und positioniert Einleger und Kontakte im Werkzeug. Während des Spritzgießprozesses führt der dritte Sechssachsroboter in der Kontrollstation die Teile einer Kameraprüfung zu und legt die Gutteile auf einem Tray ab.

### Komplex: Turnkey-Anlage mit fünf integrierten Robot-Systemen

Doch es geht immer noch komplexer – ohne dass die Gesamtverfügbarkeit einbricht. Auch die H&B Electronic GmbH & Co. KG setzt bei der Fertigung von Hybridbauteilen für die Automobilindustrie auf komplexe Turnkey-Anlagen. Neben einer Spritzerei verfügt das Unternehmen am Standort Deckenpfronn über eine eigene Stanzerei und einen eigenen Werkzeugbau. In einer Fertigungszelle werden komplexe wasserdichte Hybridstecker hergestellt, die im Pkw-Motorraum für die



**Bild 4.** Bei Schnellläufer-Anwendungen kann ein lineares Robot-System mit schnell eingreifender Tauchachse im Vergleich zu einer speziell ausgelegten Automation die bessere Option sein



elektrische Lenkung eingesetzt werden (**Bild 7**). Die Anlage umfasst zwei Stanzpressen, eine vertikale Zwei-Komponenten-Drehtischmaschine und eine Prüfzelle mit mehreren Stationen. Die Handhabung der Teile in den unterschiedlichen Fertigungsstadien übernehmen drei Sechssachsroboter sowie zwei auf einer Traverse verfahrenende Linearroboter.

Bei der Konzeption der Anlage steht ein sicherer Gesamtprozess von der Herstellung der Stanzteile bis zum geprüften Endprodukt im Vordergrund. Dabei sind eine einheitliche Bedienphilosophie von Spritzgießmaschine und Automation und eine Steuerungslogik für die gesamte verkettete Anlage von großem Vorteil. Die Kommunikation zwischen Stanzpressen, Spritzgießmaschine und Robotern läuft komplett über die zentrale Maschinensteuerung. Dank der Funktion „Teilestatus“ wissen Maschine und Robotersysteme zu jeder Zeit, an welcher Position sich Einleger, Vorspritzlinge und Fertigteile befinden.

Zwei kleine Sechssachsroboter positionieren die von den Stanzpressen abgetrennten und in Form gebogenen Kon-



**Bild 5.** Der interaktive Betrieb reduziert die Investitionskosten für die Automation und erhöht dank reproduzierbarer Abläufe die Prozesssicherheit und Produktivität

takte auf einem Übergabetisch. Der erste Linearroboter transportiert die Kontakte auf einer Traverse zum Drehtisch. Der zweite Linearroboter setzt die Vorspritzlinge um, entnimmt die Fertigteile und überführt sie in die Prüfstation, die auch autark arbeiten kann. Dort übernimmt ein dritter Sechssachsroboter das weitere Handling. Nach mehreren Prüfungen wird auf die Gutteile ein DM-Code aufgedruckt, bevor diese, in Blister verpackt, ausgeschleust werden. In der Ausbaustu-

fe soll die Anlage eine Million Teile im Jahr produzieren.

### **Flexibel: Roboter übernimmt in Wartezeit Zusatzaufgaben**

Dass ein Sechssachsroboter nicht nur Spritzgussteile sicher handhabt, sondern die Restkühlzeit der Spritzgießmaschine sinnvoll nutzen und zusätzliche Aufgaben erledigen kann, zeigt die Erco GmbH in ihrer Lichtfabrik in Lüdenscheid mit »



**Bild 6.** Synchronisiertes Trio: Ein Sechssachsroboter führt Metalleinleger lagerichtig zu, der zweite übernimmt Einleger und Kontakte und bestückt das Werkzeug und der dritte ist für die Kameraprüfung der Fertigteile zuständig

der Produktion dickwandiger Hightech-Linsen für LED-Beleuchtungen. Mit der Investition in die vollautomatische Fertigung und dem Verketteten mehrerer Prozessschritte ist es gelungen, sowohl die Qualität als auch das Preis/Leistungs-Verhältnis der digitalen Architekturbeleuchtung weiter zu optimieren.

Auf der Anlage entstehen zahlreiche Varianten von Linsen und sogenannte Kollimatoren, die den Lichtstrahl bündeln. Die Handhabung übernimmt ein Sechssachsroboter, der über dieselbe Steuerungsphilosophie wie die Spritzgießma-



**Bild 7.** H&B Electronic setzt auf eine komplexe Turnkey-Anlage. Die Handhabung übernehmen drei Sechssachsroboter sowie zwei auf einer Traverse verfahrenende Linearroboter. Die Kommunikation läuft komplett über die zentrale Maschinensteuerung

schine verfügt und vergleichsweise einfach zu programmieren ist. Sein Greifer lässt sich über Wechselplatten mit produktspezifischen Aufnahmen im Handumdrehen an die jeweilige Produktvariante anpassen. Die komplette Fertigungszelle wird zentral über die Maschinensteuerung gesteuert und arbeitet sehr präzise. Erco konnte so die Ausschussrate sowie die Kosten für Transport und Lagerung deutlich reduzieren.

Das Hauptprodukt sind 30 mm dicke Linsen mit einem Durchmesser von rund 80 mm. Der Sechssachsroboter entnimmt sie aus dem Werkzeug, legt sie in eine Wendestation und positioniert sie für die

Laserstation, wo der Anguss abgetrennt wird. Schließlich entnimmt er Linse und Anguss und legt beides auf einem Förderband ab. Während der bei der Herstellung optischer Bauteile naturgemäß langen Restkühlzeit des Spritzgießprozesses legt der Roboter scheibenförmige Mikroprismenlinsen aus einem Schubladensystem in die Laserstation, die darauf je nach Bedarf unterschiedliche Geometrien ausschneidet. Diese zusätzliche Leistung kann je nach Zykluszeit mehrmals wiederholt werden. So sind der Roboter und die Laserstation trotz der langen Zykluszeit des Gesamtprozesses gut ausgelastet (**Bild 8**).

Auch wenn sich, wie durch die beiden Beispiele gezeigt, eine Investition in komplexe Anlagen in vielen Fällen lohnt, ist die Integration vor- und nachgelagerter Schritte nur bis zu einer bestimmten Grenze sinnvoll. Diese ist erreicht, wenn die Einzelprozesse die Verfügbarkeit der Anlage zu stark beeinflussen und damit die gewünschte Ausbringungsmenge nicht mehr sichergestellt ist. In solchen Fällen sind der Einbau von Pufferstrecken oder eine komplette Entkopplung der Prozesse die bessere Alternative.

### **Integriert: ein Datensatz für Roboter und Maschine**

Gerade vor dem Hintergrund immer komplexer werdender Abläufe muss eine moderne Steuerung den Bediener möglichst komfortabel und zugleich effizient unterstützen. Anders lassen sich die komplizierten Prozesse nur unzureichend beherrschen. Eine Konsequenz auf den gesamten Spritzgießablauf ausgelegte Benutzeroberfläche ermöglicht zum Beispiel die Prozessdatenspeicherung, statistische Auswertungen und die komplette Einbindung von Robot-Systemen und weiteren Peripheriegeräten, die sich so zentral programmieren und überwachen lassen. Das bedeutet für den Bediener: nur ein Datensatz, kein Umdenken beim Programmieren und perfekte Synchronisation von Roboter und Maschine.

Um die hohe Flexibilität der Roboter vollständig nutzen zu können, ist ein einfacher Programmiervorgang zentrale Voraussetzung. Mit einer „Teach in“-Funktion können lineare Robot-Systeme sehr einfach programmiert werden. Das menügeführte Einrichten ist innerhalb weniger Minuten abgeschlossen. Auch die Umrüstvorgänge werden effizient verkürzt, der Handhabungsablauf insgesamt sicherer und der Schulungsaufwand sehr viel geringer.

Mit der Implementierung einer intuitiv bedienbaren, grafikorientierten Benutzeroberfläche auf die Steuerung von Sechssachsrobotern hat sich auch die komplexe Programmierung solcher Roboter vereinfacht. Damit können die Bediener ohne externe Programmier-

dienstleistung direkt vor Ort alle Bewegungsabläufe und Funktionen selbst eingeben und jederzeit anpassen. Nach der Erstellung des Roboterprogramms lassen sich alle weiteren Aktionen von der Spritzgießmaschine aus steuern.

### **Mobil: Gelenkarmroboter auf Linearachse oder beweglicher Plattform**

Sind sowohl hohe Flexibilität als auch hohe Komplexität gefordert, bietet sich eine mobile Roboterzelle an. Die feste Verbindung zwischen Spritzgießmaschi-

ne und Roboter wird dabei zugunsten einer modularen, beweglichen Alternative aufgelöst – auf diese Weise werden individuelle Konfigurationen ermöglicht. Ein Beispiel dafür ist ein kleiner Sechssachsroboter, der auf einer siebten Linearachse zusätzlich verfahrbar ist (**Titelbild**). Dies ermöglicht dynamischere Bewegungen und schnellere Eingriffe ins Werkzeug.

Die Vorteile dieser Lösung sind in erster Linie kurze Zykluszeiten und ein vergrößerter Arbeitsraum. So kann der Roboter zahlreiche Aufgaben rund um die Spritzteilerfertigung übernehmen. Zudem be- »





**Bild 8.** Während die dicken Linsen im Werkzeug abkühlen, führt der Sechssachsroboter weitere Produkte einer Laserbearbeitung (hinten rechts im Bild) zu (Bild: Erco, Dirk Vogel)



**Bild 9.** Durch einen generativen Fertigungsschritt lassen sich Massenartikel individualisieren, zum Beispiel durch einen dreidimensional aufgetragenen Schriftzug auf einem Scherengriff

steht die Möglichkeit, die mobile Zelle flexibel an verschiedenen Spritzgießmaschinen einzusetzen. Wenn mehrere mobile Robot-Module zur Verfügung stehen, können unter Einbeziehung einer oder mehrerer Spritzgießmaschinen auch völlig neue Produktionskonzepte entstehen.

Die Vielfalt neuer Automationslösungen schreitet aber nicht nur durch die Entwicklung der Robotertechnik voran. So erlauben neue Sicherheitskonzepte beispielsweise ein Hand-in-Hand-Arbeiten von Mensch und Roboter. Einen fließenden Automatisierungsgrad und hohe Flexibilität ermöglicht beispielsweise ein Sechssachsroboter ohne Schutzzeinhäusung, der technisch so ausgerüstet ist, dass er sich mit dem Menschen einen Arbeitsplatz teilen kann. Dazu zählt ein auf einer mobilen Plattform montierter „intelligenter“ Sechssachsroboter. Neben der

Mobilität und der damit verbundenen hohen Flexibilität liegt der Clou dieser Automation in der Möglichkeit zur direkten, autonomen Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter.

### *Kombiniert: Spritzgießen, generative Fertigung und Industrie 4.0*

Eine Herausforderung ist die automatisierte Fertigung kleiner Losgrößen, ohne dabei auf Produktivität und Verfügbarkeit zu verzichten. Den aktuellen Stand der Technik zur vernetzten und automatisierten Herstellung individualisierter und eindeutig rückverfolgbarer Produkte zeigt Arburg auf der Fakuma2015 an zwei Praxisbeispielen. Dabei können die Besucher ein spritzgegossenes Großserienteil – wahlweise eine Lichtschalter-Wippe oder eine Büroschere (**Bild 9**) – durch schichtweisen Auftrag eines Namenszugs oder eines Logos zu einem individualisierten Unikat machen. Die Prozessschritte umfassen die Auftragserfassung, das Spritzgießen des „Rohlings“, die industrielle generative Fertigung für den Individualisierungsschritt und die Darstellung der Prozessparameter auf einer teilespezifischen Internetseite.

An einer PC-Station zur Auftragserfassung kann der Besucher aus verschiedenen Scherenrohlingen ein Paar wählen und das Produkt mit seinem Namen personalisieren. Um flexible und schnelle Produktwechsel zu ermöglichen, arbeiten ein Mensch und ein lineares Robot-System zusammen. Nach dem manuellen Einlegen der Metallklingen in das Spritz-

gießwerkzeug werden die Kunststoffgriffe angespritzt, auf die im Anschluss ein eigener Code aufgelasert und ein individueller Schriftzug aufgebracht wird. Das lineare Robot-System legt die Scheren in Werkstückträger ein, die über ein Förderband aus der Spritzgießzelle ausgeschleust werden.

In einem weiteren Schritt wird ein 3D-Schriftzug aus Kunststoff generativ aufgebracht. Ein mobiler Roboter übernimmt das automatische Be- und Entladen der Maschine für die generative Fertigung (Typ: Freeformer) und übergibt das Endprodukt zuletzt „eigenhändig“ an die Besucher.

### *Fazit*

Im Bereich Automatisierung erschließen sich der Spritzgießbranche durch verschiedenste Entwicklungen laufend neue Möglichkeiten. Dies gilt zum einen für komplexe Turnkey-Anlagen. Zum anderen lässt sich der automatisierte Herstellprozess auch kleinerer Losgrößen weitaus wirtschaftlicher gestalten. Die industrielle generative Fertigung ermöglicht den kostengünstigen Schritt von der spritzgegossenen Großserie zum generativ veredelten Einzelteil. Kundenwünsche werden dabei in den Produktionsprozess eingebunden. Durch Einsatz von „Industrie 4.0“-Technologien lassen sich in automatisierten Anlagen die einzelnen Prozessschritte in einer durchgängigen Daten- und Informationskette verbinden und die einzelnen Teile spezifisch rückverfolgen. ■

## Der Autor

**Dipl.-Ing. Heinz Gaub** ist Geschäftsführer Technik der Arburg GmbH + Co KG, Loßburg.

## Service

### Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/1104041](http://www.kunststoffe.de/1104041)

### 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)