

Die Auflösung der Automatisierungspyramide

Revolution der Art und Weise, wie Produkte morgen hergestellt und entwickelt werden

Kilian Grefen und
Walter Strommer, Stuttgart

Planung, Steuerung und Analyse einer wandelbaren und flexiblen Produktion in Echtzeit – ist das nicht der Traum eines jeden Produktionsverantwortlichen? Der ASCon Digital Twin ermöglicht dies durch ein übergreifendes Informationsmodell und eine hoch performante Ausführungs-Architektur. Damit werden alle an der Produktion beteiligten Informationen aus PLM, ERP/MES und Shopfloor zu einem durchgängigen Informationsmanagement verknüpft, ohne vorab die einzelnen semantischen und ontologischen Beziehungen festlegen zu müssen. Damit wird der Produktionsprozess übergreifend, vollständig und jederzeit anpassbar abgebildet und gesteuert, die modellierten Wertschöpfungsketten werden direkt ausgeführt, auch Betriebsmittel können ohne Änderungen in der Steuerungslogik ausgetauscht werden.*)

Der Digitale Zwilling ist heute omnipräsent, meist verstanden als virtuelles Abbild eines abgegrenzten realen Systems, ohne Eingriffs- und Rückkopplungsmöglichkeiten aus dem Virtuellen in die Realität. Unser Verständnis vom Digitalen Zwilling hingegen ist, dass nicht nur die Eigenschaften, sondern vor allem das Verhalten des virtuellen und des realen Anteils des Zwillings jederzeit identisch sein müssen, die dafür bidirektional zu koppeln sind (Bild 1). Nur so können im Gesamtkontext eines Fertigungssystems jederzeit die richtigen Schlüsse gezogen und über den Digitalen Zwilling Entscheidungen getroffen werden, die im realen System unmittelbar umgesetzt werden.

Die Übertragung der Eigenschaften vom realen Anteil des Zwillings auf den virtuellen Anteil geschieht dabei über die Erfassung und Speicherung der Soll/Ist-Werte, die umgekehrte Übertragung vom virtuellen auf den realen Zwillingsanteil geschieht durch Aufprägung der gewünschten Zustandsänderungen auf das Realsystems, d.h. durch unmittelbare Steuerung des Realsystems durch den virtuellen Zwillingsanteil. Gerade das

Aufträgen von neuem Verhalten vom virtuellen auf den realen Anteil stellt eine große Herausforderung dar, da die Steuerungen der realen Systeme heute meist fest programmiert sind und sich damit flexiblen Veränderungen und kurzfristigen Anpassungen in der Parametrierung oder einer Änderung der Steuerungslogik entziehen.

Mit den heutigen Lösungen funktioniert die virtuelle Inbetriebnahme für kleine und abgegrenzte Anlagenteile. Für komplexere Fertigungsanlagen, beste-

hend aus miteinander kommunizierenden Steuerungen, dazu oft noch von unterschiedlichen Herstellern, ist dies jedoch nicht möglich, weil SPS-Programme meist nur lokales Verhalten einzelner Anlagen abbilden. Der Aufbau eines Digitalen Zwillings, der sowohl die gesamten Systemeigenschaften, als auch das einzelne Verhalten der Subsysteme abbildet, ist für ein sich über die Ebenen der heutigen hierarchischen Automatisierungspyramide erstreckendes Gesamtsystems nicht realisierbar.

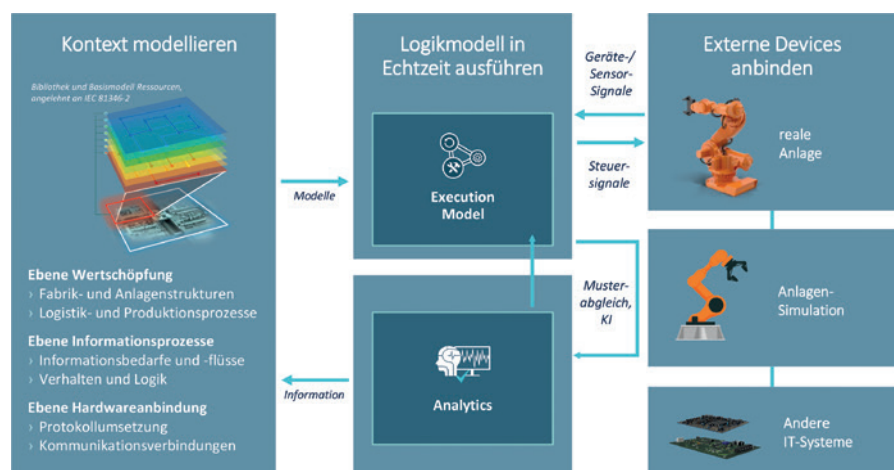


Bild 1. Funktionsweise ASCon Digital TWIN

*) Verweis auf das Video
<https://vimeo.com/339502774>

Genau hier unterscheidet sich der ASCon Digital Twin, der Digitale Zwilling der ASCon Systems fundamental: Über ein modular aufgebautes, wandelbares Verhaltensmodell wird das gesamte Verhalten komplexer Fertigungsanlagen abgebildet, das sowohl den virtuellen (simulierenden) als auch den realen (ausführenden) Anteil des Zwillings umfasst, vom Sensor bis zur Auftragssteuerung. Einhergehend damit wird der reale bzw. ausführende Anteil nicht mehr aufwändig und fehleranfällig programmiert, sondern flexibel, ohne Programmierung, modelliert (No-Coding) und von der hoch performanten Echtzeit-Engine des ASCon Digital Twin ausgeführt, deren innovative Technologie weltweit zum Patent angemeldet wurde.

Modellbildung und Wertstromanalyse

Eine gängige Methode zur Optimierung von Wertschöpfungsprozessen ist die Wertstromanalyse, bei der die relevanten Material-, Energie- und Informationsströme erfasst werden. In der praktischen Anwendung wird dabei vor allem auf die stofflichen Ströme fokussiert, die Informationsströme werden in der Regel nur sehr untergeordnet behandelt. Die Methode der ASCon Systems zur Modellierung des Digital Twins greift die Wertstromanalyse auf, stellt aber den Fluss und die Durchgängigkeit der Informationsströme in den Mittelpunkt der Betrachtung. Dafür werden die Informationsangebote und -bedarfe aller Fachobjekte zu einem gesamtheitlichen Informationsmodell zusammengesetzt, das damit das Herz des digitalen Zwillings bildet, den „Kontext“.

Egal welche Erfassungssysteme und welche Kombination von Informations- und Signalquellen in der Produktion auch vorliegen: diese Signale, Daten und Informationen werden in den Kontext des Digitalen Zwillings für Prozess und Produkt eingebunden. Im ASCon Informationsmodell werden die logischen Beziehungen und Wirkzusammenhänge zwischen den Informationsobjekten beschrieben, die Signale und Daten als Basis haben. Der durchgängige Fluss der Informationsströme entsteht durch die detaillierte Beschreibung, welche Objekte welche Informationen wie aufnehmen, verwenden und weitergeben und durch die direkte Ausführung dieses Informationsmodells im ASCon Digital Twin. Das Netz der Verbindungen bleibt dabei dynamisch veränderbar, so dass Modelländerungen jederzeit möglich sind: Bei der

Den übergreifenden Wertschöpfungsprozess steuern

Egal welche Erfassungssysteme und welche Kombination von Informations- und Signalquellen in der Produktion vorliegen: diese Signale, Daten und Informationen können in den Kontext eines durchgehenden Wertschöpfungsmodells eingebunden, mit weiteren Daten aus Produkt- und Prozessmanagement kombiniert und koordiniert für die Steuerung der Produktion genutzt werden. Funktionserweiterungen und Parameteränderungen sind damit auch nach der Inbetriebnahme kurzfristig möglich, ohne immer wieder auf externe Dienstleister zurückgreifen zu müssen. Ebenso wird ein Retrofit mit hoher Qualität und mehr Flexibilität auch ohne Kauf von kompletten Neuanlagen beherrschbar, die Planungs-/Umsetzungsdauer wird verkürzt, das Risiko von unerwünschten Seiteneffekten reduziert.

Die modellierten Wertschöpfungsketten direkt ausführen

Mit der Prozessbeschreibung der datengetriebenen Wertschöpfungsketten entstehen automatisch die auf beliebig verteilter Hardware der Steuerungsebene (z. B. SPS, Edge Devices, Cloud) in Echtzeit ausführbaren Modelle. So kann der Planer bereits bei der ersten Definition seine Prozesse testen und Änderungen sicher einarbeiten. Die individuellen Fertigungspläne für das zu fertigende Einzelstück entstehen „On-the-Fly“. Ausgeführt wird genau das, was geplant wurde, ohne dass es dafür noch eines SPS-Programmierers bedarf.

Best Practice: Komplexität und unnötige Varianz reduzieren

Die Prozessbeschreibung erfolgt auf Basis von modularen Funktions- und Prozessbausteinen, die der Anwender aus einer Bibliothek entnehmen oder selbst definieren kann, was das Planen und die Steuerung der Produktion einfacher und qualitativ besser macht. Damit wird auch der rechnergestützte Vergleich mit bereits modellierten Prozessen und das kontinuierliche Lernen von und hin zu Best-Practices unterstützt.

Hardware ohne Änderung der Steuerungslogik austauschen

Durch die Unabhängigkeit der datengetriebenen Prozesslogik von der Logik der ausführenden Hardware verbleibt dort nur der technisch notwendige bzw. vom Hersteller vorgegebene Teil der Anlagen- und Prozesssteuerung. Alle Prozesselemente für die Orchestrierung und Verkettung der Wertschöpfung werden im Ausführungsmodell beschrieben und abgearbeitet – eine explizite Realisierung auf der SPS-Ebene ist damit nicht mehr zwingend notwendig.

Ausführung des Modells im Digitalen Zwilling bleiben Funktionserweiterungen und Parameteränderungen auch nach einer Inbetriebnahme und während der Laufzeit jederzeit und kurzfristig möglich.

No-Coding: Konfigurieren statt programmieren

Das einheitliche Informationsmodell für die Fertigung bringt alle verfügbaren Informations- und Signalquellen zusammen und verbindet diese zur Steuerung der Wertschöpfungsprozesse. Alle Bestandteile des Informationsmodells werden dabei im Modell des Digitalen Zwillings konfiguriert, nicht programmiert. Die dynamische Seite des Zwillings, das Ausführungsmodell in der Fertigung, entsteht unmittelbar

durch „Injektion“ des Informationsmodells in dessen Laufzeit-Services.

Die im Informationsmodell beschriebenen Prozesse werden über die hochparallele Microservice-Architektur des ASCon Digital Twin zum ablauffähigen Steuerungsprogramm der Fertigung, ohne dass dafür auch nur eine einzige Zeile Code geschrieben werden muss. Dieses „No-Coding“ ermöglicht es den Planungsfachleuten, das logische Verhalten der Produktionsressourcen und der Prozesse selbst vorzugeben und zu modellieren. Vordefinierte Logikbausteine und/oder kundenspezifische Verhaltensbibliotheken ermöglichen so die hochstandardisierte und modulare Planung. Laufende Änderungen an Prozessabläufen lassen sich damit in Minuten, statt in Tagen oder Wochen umsetzen.

Der Digitale Zwilling der ASCon realisiert die unmittelbare, direkte und bidirektionale Verbindung von Product Lifecycle Management (PLM) und der Steuerung der Serienfertigung: Sobald ein Verhaltensmodell vorliegt, kann mit der Anbindung einer beliebigen Mischung von virtueller und realer Hardware und der direkten Ausführung des modellierten Verhaltensmodells in den Laufzeit-Services des Digitalen Zwillings die virtuelle Inbetriebnahme beginnen.

Die traditionelle, hierarchisch gegliederte Steuerungs-Architektur mit lokalen Ressourcen und nur lokalem Zugriff auf Sensorik und Informationen wird ersetzt durch eine modulare Architektur mit skalierbaren, redundanten globalen Ressourcen, die Zugriff auf alle verfügbaren Informationen haben. Durch die Persistenz aller vom Digitalen Zwilling erfassten Informationen und Ereignisse stehen nicht nur wie bisher lokale, prozessnahe Informationen und Prozessergebnisse zur Verfügung, sondern dauerhaft auch alle verfügbaren globalen, prozessfernen Informationen, sowie auch alle Bedingungen, die zu diesen Informationen und dem damit einhergehenden Anlagen- und Prozessverhalten geführt haben.

Dies mit dem heutigen Stand der Technik realisieren zu wollen würde bedeuten, dass nicht nur ausgewählte Ist-Werte durch die jeweiligen Steuerungen, z. B. SPS, kommuniziert werden müssten, sondern auch alle Zustände der intern verwendeten Variablen, die für den Ablauf und für das Ergebnis des Steuerungsprogramms von Bedeutung sind: Mit der heutigen SPS-Technologie ist dies kaum realisierbar.

Prozesslogik von der Hardware trennen

Geschäftslogik und gerätespezifische Logik sind heute eng miteinander verbunden. Eine echte Trennung gelingt selten. Das wird vor allem dann sichtbar, wenn Hardware ausgetauscht werden soll, oder wenn eine konkrete Implementation einer Geschäftslogik wiederverwendet werden und mit anderer Hardware zusammenspielen soll.

Das dem ASCon Digital Twin zugrunde liegende Informationsmodell separiert geschäfts- und gerätespezifische Logik klar voneinander. Damit wird das dynamische Ausführungsmodell des Digitalen Zwillings vollkommen unabhängig von der verwendeten Hardware. Dies gilt sowohl für



Bild 2. Kernfunktionalitäten ASCon Digital TWIN

die verwendete Steuerungs- bzw. Server-Hardware, als auch für die anzubindenden Sensoren- und Aktoren. Verbleibend ist die bidirektionale Kopplung von physikalischem Signal und logischer Repräsentation, zum Beispiel über Buskoppler. Zur Absicherung bestehender Investitionen können auch jederzeit bestehende Anlagen mit ihren jeweiligen Fähigkeiten an den Digitalen Zwilling angebunden werden.

Die strikte Trennung von geschäfts- und gerätespezifischer Logik erfordert einen an das jeweilige Gerät angepassten Kontroll- und Datenfluss. Die Anpassung an das individuelle Kommunikationsverhalten, wie auch die Aufbereitung der bidirektional auszutauschenden Dateninhalte erfolgt über Gerätetreiber: Verarbeitungsketten, die ebenfalls ohne Programmierung („No coding“) und ohne messbare Einbußen bei Latenz und Laufzeitverhalten flexibel zusammengestellt werden.

Der ASCon Digital Twin kann so mit jedem beliebigen Gerät auf dem Shopfloor verbunden werden, wobei jeder einzelne Micro-Service die Kommunikation mit den Geräten flexibel bündeln kann. Durch die über Streaming hoch performant miteinander verbundenen Micro-Services werden Edge-Devices und Cloud-Ressourcen zur virtuellen Steuerungs-Hardware für das übergreifende Informationsmodell der Fertigung verbunden.

Planung in Echtzeit simulieren

Bereits im frühen Stadium der Fertigungsplanung lässt sich diese in Echtzeit simulieren: Das zu erwartende Verhalten der Produktionsanlagen wird überprüfbar, die Planungsqualität wird auf ein neues Niveau gehoben und die Fehlerbehebungskosten und -zeiten werden drastisch reduziert.

Da sich bei der Modellierung des Digitalen Zwillings die Ablaufsteuerung der Fertigungsanlagen direkt aus dem Planungsmodell ergibt, ist dieses entsprechend detailliert und bildet die vollständige Steuerungslogik ab. Weil zu jedem Zeitpunkt alle Informationsobjekte im Kontext der Planung zur Verfügung stehen, können Simulationen jederzeit ohne großen Aufwand durchgeführt werden. So kann bei unerwartetem oder fehlerhaftem Verhalten des Simulationsmodells schnell auf die Ursachen und damit auf Planungs- oder Modellierungsfehler geschlossen werden. Damit lässt sich zuverlässig verhindern, dass Planungslücken und Planungsfehler bei der Inbetriebnahme oder später im Betrieb zu unerwartetem Anlagenverhalten führen.

Die Simulationen während der Planungsphase sind dabei von besonderer Güte, da die Steuerungslogik zum Zeitpunkt der Simulation ohne Abweichungen oder Ungenauigkeiten exakt die Steuerungslogik ist, die ab Inbetriebnahme die Fertigungsabläufe der realen Anlagen steuert. Das Anlagenverhalten lässt sich unter variierten Bedingungen frühzeitig und ausgiebig testen, so dass mögliche Fehler schon vor dem Produktivbetrieb erkannt werden. Darüber hinaus können alternative Planungen genauso wie bereits absehbare spätere Ablaufänderungen in der Fertigung einfach gegenübergestellt und bewertet werden.

Die persistente Speicherung sämtlicher Informationen und Signale macht es möglich, auf einen Zeitpunkt in der Vergangenheit zurückzuspringen, um beispielsweise zu analysieren, unter welchen Konditionen ein bestimmter Zustand eingetreten bzw. ein Fehler aufgetreten ist, was vor allem bei der Inbetriebnahme neuer Anlagen einen erheblichen Zeitvorteil bringt.



Bild 3. ASCon Digital Twin verbindet Produktentwicklung und Produktion

Soll-Prozess in Echtzeit ausführen

Im Kontext aller Informationsobjekte steuert die im Informationsmodell abgebildete Steuerlogik, die vollständig dem geplanten und durch die Simulation getesteten Soll-Prozess entspricht, die realen Fertigungsanlagen.

Gerätetreiber verbinden dabei nicht nur Hardware- und Software-Komponenten und externe Services mit dem Digitalen Zwilling, sondern synchronisieren permanent das interne Informationsmodell mit dem physischen Geräteverhalten. Damit greift der ASCon Digital Twin direkt aus der Planungsebene auf die Hardware-Ebene der Fertigung durch und ist so in der Lage, die Logik-Ebene heutiger SPS-Lösungen zu ersetzen.

Alle Signale, Daten, Informationen und Zustände der Produktion werden vom Digitalen Zwilling in Echtzeit erfasst und in Digitalen Lebenszyklus-Akten persistent gespeichert. Damit steht jederzeit die komplette Historie der Produktionsprozesse im vollständigen Wertschöpfungskontext zum Beispiel für Analyse, Beobachtung und Auswertung mit Künstlicher Intelligenz zur Verfügung, die dann unmittelbar, ohne aufwändige Aufbereitung und Anreicherung der Daten, die erfassten und gespeicherten Signale und Zustände im Kontext ihrer Entstehung verarbeiten kann.

Mit der dem ASCon Digital Twin zugrunde liegenden performanten, zustandsorientierten und ereignisdiskreten Ausführungs-Architektur eröffnen wir ohne Programmierung eine Flexibilität und eine kurzfristige Anpassbarkeit der Ablaufsteuerung von Fertigungsanlagen, die den heutigen Steuerungssystemen grundsätzlich verschlossen bleiben.

Der ASCon Digital Twin läuft auf Edge-Devices „on Premis“, wie auch – dort, wo die Anforderungen an die Signal- und Prozesslaufzeiten es zulassen – in der Cloud, arbeitet mit allen im Shopfloor üblichen Geräten und Devices zusammen, z. B. di-

rekt mit Buskopplern oder durch die Einbindung bestehender SPSen und senkt so die Einstiegs- und Investitionshürden auf dem Weg in die digitalisierte Produktion: Das ist echter Investitionsschutz für die vorhandenen Infrastrukturen.

Kopplung von Produktentwicklung und Fertigung – Closed Loop PLM

Mit der Integration des logischen Verhaltens von Fertigungssystemen auf Basis eines ereignisgesteuerten Verhaltensmodells bringt der ASCon Digital Twin eine entscheidende Kopplungskomponente in den PLM-basierten Entwurfsprozess: die Abbildung des logischen Verhaltens einer Anlage als Teil des Designprozesses so, dass mit der Verhaltensmodellierung sofort die Anlagensteuerung möglich wird.

Mit der Verbindung der verschiedenen Entwicklungsbereiche zum frühestmöglichen Zeitpunkt bei einem noch hohen Abstraktionsniveau und der Möglichkeit, nahtlos umzuschalten zwischen der Entwicklungssicht mit allen Varianteninformationen und der Produktionssicht bis hin zu den Einzelteilen, beginnt die Validierung der Steuerlogik schon in der Konstruktionsphase: Entwicklungszeit und Änderungsschleifen werden reduziert und die Produktion gewinnt an Flexibilität und Wandelbarkeit.

Mit der Aufzeichnung realer Fertigungsdaten im laufenden Betrieb in digitalen Lebenszyklusakten und der Erfassung aller relevanten KPIs können die Qualitätsprozesse der verschiedenen Qualitätsregelkreise (Zyklus, Abschnitt, Linie, Anlage, Entwicklung) direkt in die Prozesse integriert werden, anstatt sie nachgeschaltet zu bearbeiten.

Bibliography
 DOI 10.3139/104.112306
 ZWF 115 (2020) Special; page 15 – 18
 © Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG
 ISSN 0947 – 0085

Zusammenfassung

Modulare, wandlungsfähige Systeme erfordern modulare, wandlungsfähige Informationsmodelle, die ohne Medienbrüche vom Design, über die Planung bis hinein in die Ausführung tragen. Das gilt nicht nur für Produktion und Logistik, sondern auch für weitere Anwendungsfelder des Digitalen Zwilling, zum Beispiel im Gebäude- und Infrastrukturmanagement.

Die Autoren dieses Beitrags

Kilian Grefen, Maschinenbaustudium Universität Stuttgart, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Manager bei Dassault Systèmes/DELMIA. Mitgründer/Geschäftsführer DELTA Management Beratung GmbH. Schwerpunkte: Effektivität und Effizienz im Produktentstehungsprozess, Gestaltung von Unternehmens- und Produktionsprozessen, Auslegung von Informationsarchitekturen. Innovator der von ASCon Systems zum Patent angemeldeten Technologie. Gesellschafter und Geschäftsführer der ASCon Systems.

Dr. Walter Strommer, Informatikstudium Universität Stuttgart, Promotion am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA). Projekte im Bereich Virtual Reality, erste Digitalisierungen von Musikvideos im Web, erste europäische Online-Apotheke, SCADA für PV-Anlagen, Smart Home Multi Vendor Integration, Data Analytics und Visualisierung von weltweiten Automotive Supply Chains, Secure Update in IoT. Gesellschafter und Business Development der ASCon.

Summary

Planning, control and analysis of a convertible and flexible production in real time – isn't that the dream of every production manager? The ASCon Digital Twin enables this through a comprehensive information model and a high-performance execution architecture. It links all information from PLM, ERP/MES and shop floor involved in production to a consistent information management without having to define the individual semantic and ontological relationships in advance. The production process is thus mapped and controlled comprehensively, completely and adaptable at any time, the modelled value-added chains are executed directly, operating resources can be exchanged without changes in the control logic.
<https://vimeo.com/335170810>

Kontakt

ASCon Systems GmbH
 Curiestraße 5
 70563 Stuttgart
 Tel.: +49 711 258589-0
 E-Mail: info@ascon-systems.de
 www.ascon-systems.de