

Virtuelle Inbetriebnahme sichert Fertigungserfolg

Unsere Anforderungen an die Funktionalität von Produkten steigen. Damit wächst auch die Produktkomplexität. Nichts ist mehr rein mechanisch, längst sind mechatronische Konzepte zum Standard geworden. Das erhöht die Ansprüche nicht nur an die Entwicklung, sondern im gleichen Maß auch an Logistik und Produktion. Produktfehler werden von den Käufern nicht verziehen, teure Prototypenphasen oder Produktionsanläufe nicht bezahlt. Das Mittel um sicher zu stellen, dass in der Produktion schon der erste Schuss ein Treffer wird, ist die virtuelle Inbetriebnahme der Fertigungsmaschinen und –anlagen.

Kein Verkehrspilot darf sich in ein Flugzeug setzen, in dem er nicht bereits zahlreiche Flugstunden virtuell per Simulation absolviert hat. Auch in der Produktentwicklung wird nichts dem Zufall überlassen. Lang vor der Herstellung der ersten Teile eines neuen Produkts werden diese als Computermodell aufgebaut und getestet. Mechanische Komponenten werden dabei Kollisions- und Belastungsprüfungen unterzogen, Bedienungskonzepte und Handhabungsergonomie werden in der virtuellen Welt überprüft, und nicht selten entsteht auch die Software durch automatische Code-Generierung aus Simulationsmodellen der abzubildenden Funktionalität.

Durch die simulationsbasierte Entwicklung wird das Produkt in all seinen Teilaspekten überprüf- und optimierbar. Die Softwaremodelle stehen einer technisch unbegrenzten Anzahl am Verbesserungsprozess beteiligter Personen zur Verfügung, ohne dass diese ihre Energien in Reisen und Meetings investieren müssen. In asynchronen Prozessen kann die Optimierung kontinuierlich erfolgen und so nachhaltig, nachvollziehbar und dennoch rasch zu einem gesicherten Ergebnis führen.

Kein Produkt ohne Produktion

Was für das Produkt an sich gilt, hat auch für dessen Herstellung eine hohe Bedeutung. Die damit verbundenen Prozesse, Maschinen und Anlagen, noch mehr aber die reibungslos funktionierende Produktionsplanung und –logistik entscheiden über Markteinführungsdauer, Verfügbarkeit, Qualität und Herstellkosten des Produktes.

Jahrzehntelang haben innerhalb von Unternehmen der Sachgütererzeugung Produktentwicklung und Fertigung beinahe völlig getrennt agiert, in der subjektiven Wahrnehmung der Beteiligten nicht selten gegeneinander. Angesichts immer kürzer werdender Innovationszyklen kann die Wettbewerbsfähigkeit jedoch nur erhalten bleiben, wenn die bisher getrennten Disziplinen gut vernetzt miteinander. Nur so können die produktbezogenen Daten in die Planung von Produktionsmitteln und Produktion einfließen und umgekehrt. Die Vermeidung teurer Fehlschläge und deren zeitraubender Korrektur gebietet die umfassende Validierung der Produktionsmethoden vor dem ersten Beschaffungs- oder Herstellungsschritt. Dazu bedarf es der Simulation der Produktion, die auch eine Optimierung der Produktionsmittel erlaubt.

Virtuelle Produktion bereits Realität?

Wo der Verlust oder Schaden durch Fehler oder Stillstände in der Produktion riesig ist und wo die Produktionsmittelinvestitionen erheblichen Anteil an den Stückkosten haben, ist eine simulationsbasierte Entwicklung nicht nur der Produkte, sondern auch der Produktion bereits üblich geworden. So hat diese integrative Strategie in den meisten Automobil-Konzernen bereits vor einiger Zeit Einzug gehalten. Dort konnte die Kluft zwischen dem Engineering und der Fertigung geschlossen werden und die erfolgreiche Einführung der Produktion neuer Modelle und Varianten muss meist verpflichtend per Modellierung nachgewiesen werden, ehe die dazu erforderlichen Produktionsmittel beschafft werden. Da ohne eine detaillierte Simulation der gesamten Fertigungsanlage und all ihrer Komponenten deren Umstellung auf andere Produkte nicht ohne längere Stillstandszeiten möglich wäre, ist es im Automobilbau gängige Praxis, jede Anlage in

ihrer Gesamtheit digital zu entwerfen, zu testen, in Betrieb zu setzen und vom Kunden abnehmen zu lassen, inklusive der Offline-Roboterprogrammierung und Zelle für Zelle bis zur letzten Schraube ausdetailliert.

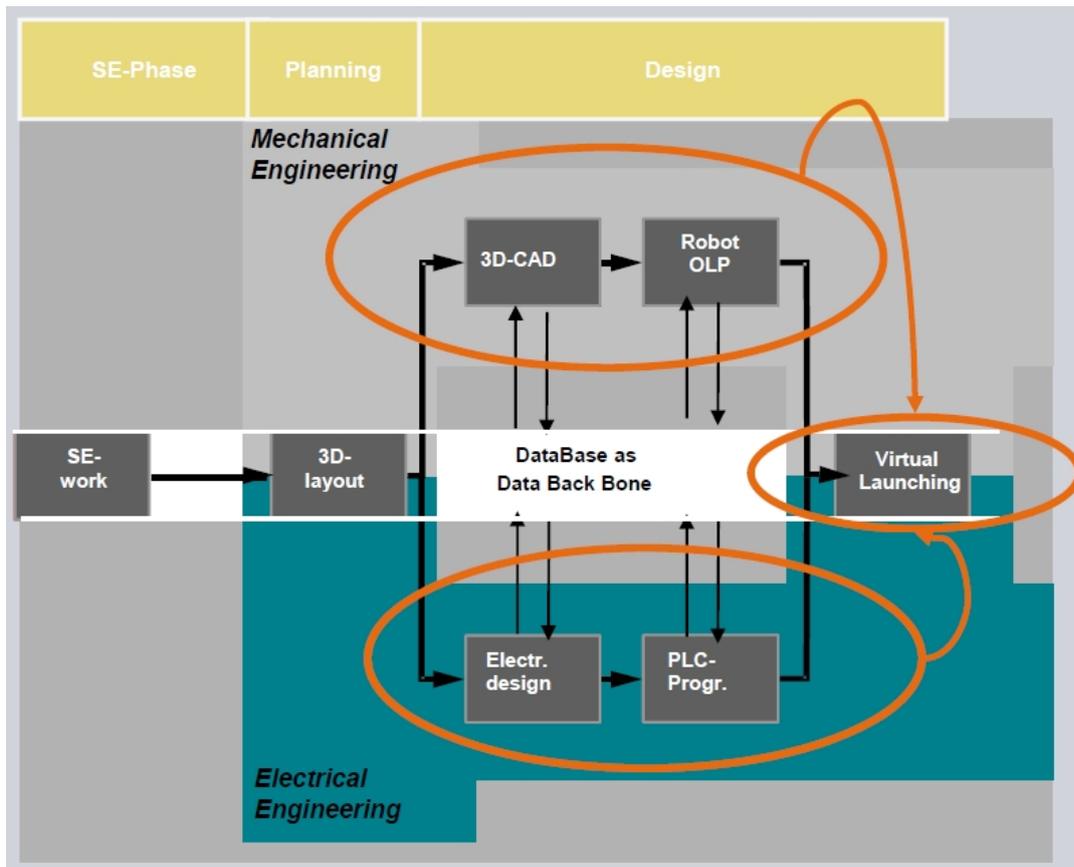


Bild 1: Mechatronisch wird die Entwicklung von Produktionsmitteln erst durch eine gemeinsame Datenbasis, auf der 3D-Modelle mit dynamischer Funktionalität erstellt und simuliert werden.

Keine Angst vor dem Modellieren

Damit die digitale Fabrik auch tatsächlich funktionieren kann, muss das Modell als Nachbildung der Realität auch wirklich vollständig sein. Es muss den herzustellenden Bauteil in Form eines digitalen Mock-ups ebenso enthalten wie die Betriebsmittel. Zu diesen statischen Größen kommen dynamische Abläufe wie Betriebsmittelverwendung und Arbeitsvorgang, Materialfluss und Arbeitsablauf. Dazu kommen Verbindungspunkte dieser unterschiedlichen Modellteile als Merkmale des Gesamtvorganges.

Ganz zu Beginn der Modellierungsarbeiten steht die Produktanalyse mittels digitalem Mock-up (DMU). Sie dient der Prüfung auf Prozessrisiken wie etwa Kollisionen und der Festlegung einer für die Bearbeitung günstigen Kinematik. Ein- und Ausbauuntersuchungen sowie die Beurteilung der Herstellbarkeit, Montierbarkeit und die Auswahl der optimalen Fertigungsverfahren werden dadurch erleichtert und können in Form von Dokumentationsvermerken dem Austausch zwischen Produktionsplanung und Arbeitsvorbereitung mit der Konstruktion dienen und iterativ zu produktionsfreundlicher entwickelten Produkten führen.

Ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zur simulativen Produktionsoptimierung ist Erstellung eines Modells der Produktionsanlage, beginnend mit dem Layout der Gesamtanlage mit einem kompletten Mengengerüst, in dem alle einzelnen Fertigungszellen ebenso vorhanden sein sollten wie die intralogistischen Einrichtungen dazwischen. Der Aufwand zur Modellerstellung richtet sich dabei nach dem Sicherheitserfordernis und vorhandenen Erfahrungswerten, die den nötigen

Detaillierungsgrad bestimmen. Obwohl die Hersteller von Fertigungsmaschinen, Robotern und Werkzeugen heute in sehr vielen Bereichen qualitativ hochwertige 3D CAD-Daten zum Import bereitstellen, wird der Aufwand bei erstmaliger Modellierung erheblich sein. Dieser amortisiert sich jedoch recht rasch durch Vermeidung von Kosten zur Fehlerbeseitigung und durch das frühere Erreichen der Gewinnzone.

Bedeutender Teil der Produktionsanlagenmodellierung ist die Prozessabsicherung durch Simulation der Eingriffe durch menschliche Werker. Sie stellt nicht nur durch prozessunterstützende und ermüdungsfreie Arbeitsplatzgestaltung eine vorteilhafte Ergonomie sicher, sondern erlaubt neben Machbarkeitsstudien über die Wartungsfähigkeit von Produkten und Produktionseinrichtungen auch Auswertungen von Montagevorgängen nach Sichtbarkeit und Erreichbarkeit der Eingriffspunkte, eine gute und wohldokumentierte Bestimmung der Zykluszeiten.

Der nächste Schritt hin zur digitalen Fabrik ist die Kinematisierung der bewegten Produktionsmittel in der Robotik- und Automatisierungsplanung. Dabei handelt es sich um die Definition von Achsen, von Bewegungsgrenzen und von Posen, also Bewegungsmustern. Mit vorteilhafter Gestaltung der Fertigungszellen durch Standort-, Bahn- und Reihenfolgenoptimierung auf Basis von Erreichbarkeits- und Kollisionsanalysen sowie einer Effizienz fördernden Werkzeugauswahl kann die Betriebsmittelnutzung bereits in der Modellierungsphase verbessert werden.

Die daraus gewonnenen Daten dienen der Erstellung der Robotik-Programme durch Ableitung aus dem Simulationsmodell. Dieser Schritt wird jedoch erst durch die Definition der Reihenfolgen, des Zeitverhaltens aller Herstellungsschritte und deren Abhängigkeiten untereinander in der Ablaufdefinition ermöglicht.

Verbreitung durch Komfort

Damit steht zumindest statisch ein bereits vollständiges Modell der Produktionsanlagen, das anhand der integrierten Produktdaten optimiert werden kann. In Relation zu den erzielbaren Gewinnen ist der Aufwand überschaubar, da vielfach auf vorhandene Daten von den Maschinenherstellern zurückgegriffen werden kann. Auch bieten Systeme zur Fertigungs- und Logistikmodellierung wie der Process Designer von Siemens PLM Software zahlreiche Automatismen, Bibliotheken und ergonomische Unterstützung. All dies begünstigt eine schnelle Erstellung und Überprüfung skalierbarer Anlagenmodelle mit leicht handhabbaren Teilmodellen.

Bis hierher ist die Anlagenmodellierung daher weit über die Automobilbranche hinaus bereits heute eine weit verbreitete Methode zur Risikominimierung in der produzierenden Industrie.

Zum Leben erwecken

Sollen nicht nur die mechanische und kinematischen Eigenschaften einer Produktionsanlage simuliert, sondern diese mit all ihren mechatronischen Eigenschaften in der virtuellen Welt zum Leben erweckt werden, erhöht das den erforderlichen Detailgrad erheblich und bringt eine weitere Dimension von Komplexität ins Spiel. Hier setzen weiter reichende Modellierungs- und Simulationssysteme wie das ebenfalls zur Tecnomatix-Serie von Siemens PLM Software gehörende Paket Process Simulate an.

Mit solchen Werkzeugen erfolgt ohne tiefschürfende Mathematikkenntnisse die Definition und Nachbildung der Signalgenerierung für Sensoren und Aktoren, aber auch die weitere Detaillierung kinematischer Einheiten mittels Devices, Device Groups und sogenannter „Smart Devices“, also bereits in sich ausdetaillierter komplexer Einheiten wie Knickarm- oder Scara-Roboter. Auch diskrete Fertigungsmaschinen, etwa Bearbeitungszentren, können in dieser Form in die Simulationsmodelle aufgenommen werden. Ihre innere Ausdetaillierung liegt in Form mechanischer Modelle von den Herstellern und in Form von

Bearbeitungs- und Maschinenraumsimulationen als Ergebnis der Anwendung von CAM auf die Werkstückgeometrien vor, sie können also nahtlos in simulierte Prozessketten integriert werden.

Damit ist eine ereignisgesteuerte Liniensimulation mit Materialfluss, Sensorik und Handshakes entlang der gesamten Produktionskette möglich. Unternehmen, die bereits heute auf die Lieferung von Softwaremodellen der Fertigungseinrichtungen mit statischer Ablaufsimulation zur Überprüfung der Produzierbarkeit und zur Optimierung der Anfahrprozesse verlangen, führen diese dynamischere und daher aussagefähigere Modellierung sukzessive als Ausführungsstandard im OEM-Bereich ein.

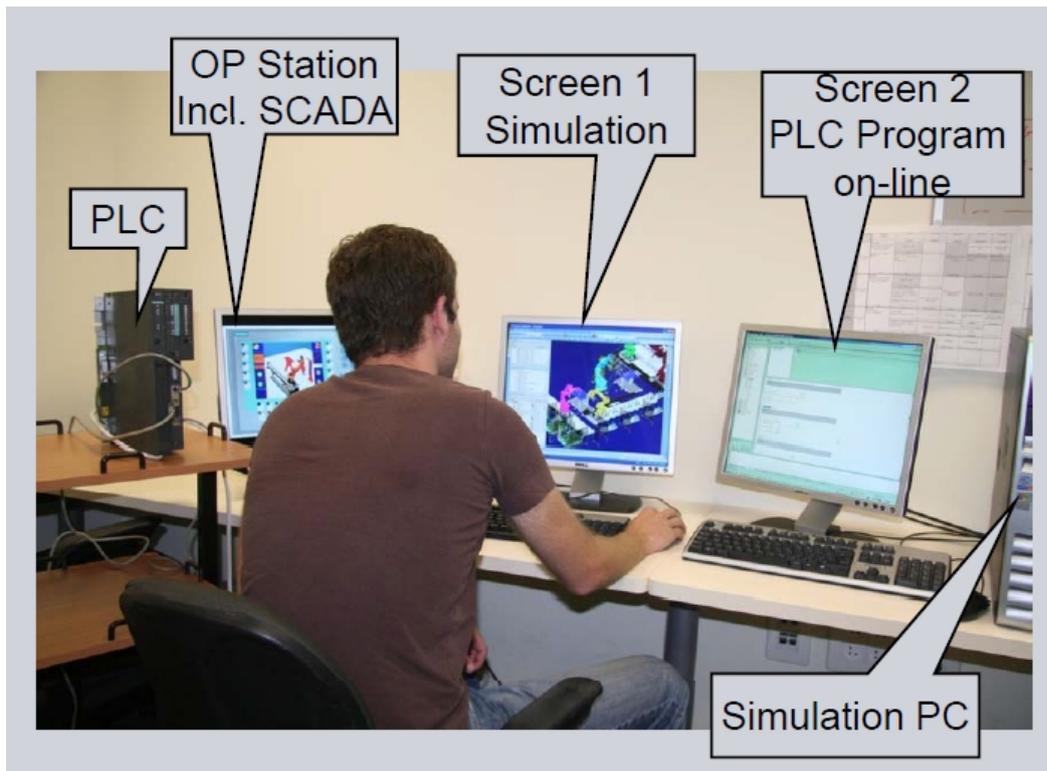


Bild 2: Die kontinuierliche Verbesserung erfolgt in digital simulierten Projekten innerhalb des Entwicklungsprozesses durch Erprobung aller Komponenten und der Programmierung in einer virtuellen Umgebung.

Signal-Mapping als Inbetriebnahme-Vorstufe

Zwischen der erfolgreichen Simulation und der tatsächlichen Inbetriebnahme einer Anlage liegt nur noch ein einziger, allerdings sehr wichtiger Schritt. Er kann zur Absicherung des Ergebnisses in beinahe beliebig viele kleine Trippelschritte zerlegt werden. Es handelt sich um die Zuordnung der Signale aus dem Simulationsmodell auf echte Hardware, einerseits auf der Maschinenebene, andererseits in der SPS oder Soft-PLC sowie in Leitsystemen.

So kann mit Hilfe der Steuerungsprogrammierung nicht nur das ideale Verhalten der Anlage in Bezug auf Abläufe, Signalverarbeitung und ereignisabhängiger Reaktion einer Simulation unterzogen werden, sondern auch das von der Steuerungslogik und -hardware vorgegebene Zeitverhalten. Dabei ist es unerheblich, ob die Programmerstellung durch automatische Codegenerierung aus Simulationsmodellen abgeleitet, manuell oder in beliebigen Mischformen daraus erfolgt. Die Möglichkeit, dabei mit unvollständiger Programmierung in Form kleiner Programm-Module innerhalb einer virtuellen Umgebung mit definierten Schnittstellen zu arbeiten, erleichtert das Software-Debugging, da es die Fehlereingrenzung erleichtert und Korrekturen erleichtert und beschleunigt.

Im Endeffekt steuert nach erfolgtem Signalmapping und kompletierter Steuerungsprogrammierstellung eine virtuelle SPS mit dem echten Programm die virtuellen Produktionsmittel, die wiederum Teil einer virtuellen Produktionsumgebung sind, in der nebst allen technischen Einrichtungen auch Softwaremodelle der menschlichen Werker arbeiten.

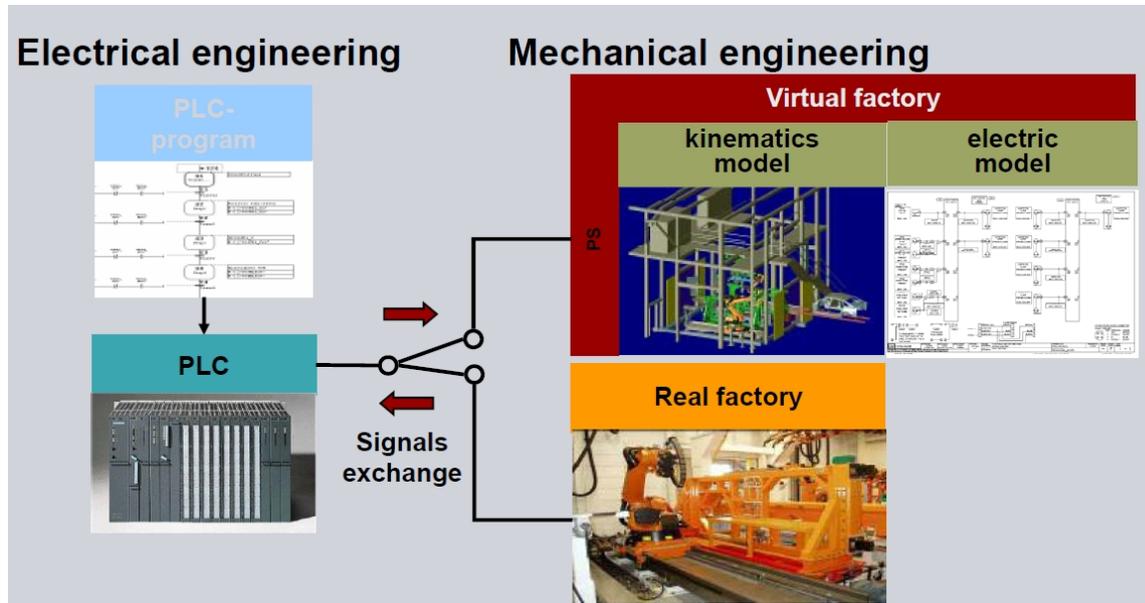


Bild 3: Der Umstieg von virtuellen in den realen Betrieb erfolgt durch Zuweisung der Signale zunächst an die reale statt an die virtuelle Steuerung und anschließend an die reale Fabrik statt auf das Simulationsmodell. Zur leichteren Fehlereingrenzung finden diese Schritte in kleine Teilschritte zerlegt sukzessive statt.

Virtuelle Inbetriebnahme als Rampe in die Realität

Hat die gesamte Anwendung in der Realität der virtuell gesteuerten digitalen Fabrik die Erprobung bestanden, kann sich die virtuelle Inbetriebnahme anschließen. Dieser Begriff wird für jenen Zustand auf dem Weg zur tatsächlichen Inbetriebnahme verwendet, bei dem die tatsächliche Programmierung auf echter Steuerungs- und Visualisierungshardware läuft, jedoch weiterhin ein Softwaremodell der Fertigungsanlage steuert. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass teure Produktionsinfrastrukturen erst nach Festlegung der sinnvollsten Ausführung beschafft bzw. hergestellt werden.

Das auch „Hardware in the Loop“ oder Emulation genannte Verfahren kann in mehreren Teilen ausgeführt werden. Nach und nach können immer mehr der einzelnen Programmteile aus der simulierten in die echte Steuerung wandern und beispielsweise auch Bedienung und Visualisierung lassen sich zuerst auf PC-Infrastruktur simulieren und sukzessive auf echte Geräte übertragen. So bildet die virtuelle Inbetriebnahme eine Rampe aus der virtuellen in die reale Welt.

Fertigungsplanungs- und –simulationspakete wie Process Simulate von Siemens PLM Software kommunizieren mittels OPC-Standard über beliebige Feldbusse mit der vorhandenen Steuerungshardware. So können sie auch zur Unterstützung der Inbetriebnahme der echten Anlage verwendet werden, indem immer mehr Teile aus der Simulation in die Realität ausgelagert, die Ergebnisse mit den Simulationsergebnissen verglichen werden. Notwendige Änderungen während des Inbetriebnahmeprozesses finden dadurch nicht mehr im Feld an der Maschine statt. In der geschützten Büroumgebung direkt in das Simulationsmodell eingepflegt, gestaltet sich die Nacharbeit nicht nur angenehmer, ihr Ergebnis kann auch virtuell überprüft werden und das Wissen

bleibt erhalten, da sie Teil einer inhärent entstehenden vollständigen Dokumentation ist. Später kann die Simulation zur Aufdeckung von Abweichungen permanent parallel zur realen Anlage betrieben werden.

Verbindung zweier Welten

Im Standard decken Systeme wie Process Simulate alle Aspekte der Logik- und Geometriesimulation von der Materialbewegung über die Sensorik und das von ihr gesteuerte Verhalten sowie der Kinematik ab und schließen auch die Roboterprogrammierung mit ein. Allerdings kann die Aufgabe eines solchen Programmpaketes auch auf die Modellierung und Simulation von Layout und Kinematik in Abhängigkeit von eingehenden Statuswerten beschränkt werden.

Das ist insbesondere im Fall von mit SIMATIC-Steuerungssystemen und HMI-Geräten der Serie Win CC Flexible von Siemens ausgestatteten Anlagen sinnvoll. Dafür gibt es von mit SIMIT eine offene Plattform für den Test von Automatisierungssoftware, die das Prozessverhalten nachbildet und über Hardwarechnittstellen die Simulation von I/O-Devices am Feldbus in Echtzeit simuliert. Rückwirkungsfrei und auch im Mischbetrieb realer und simulierter Baugruppen.

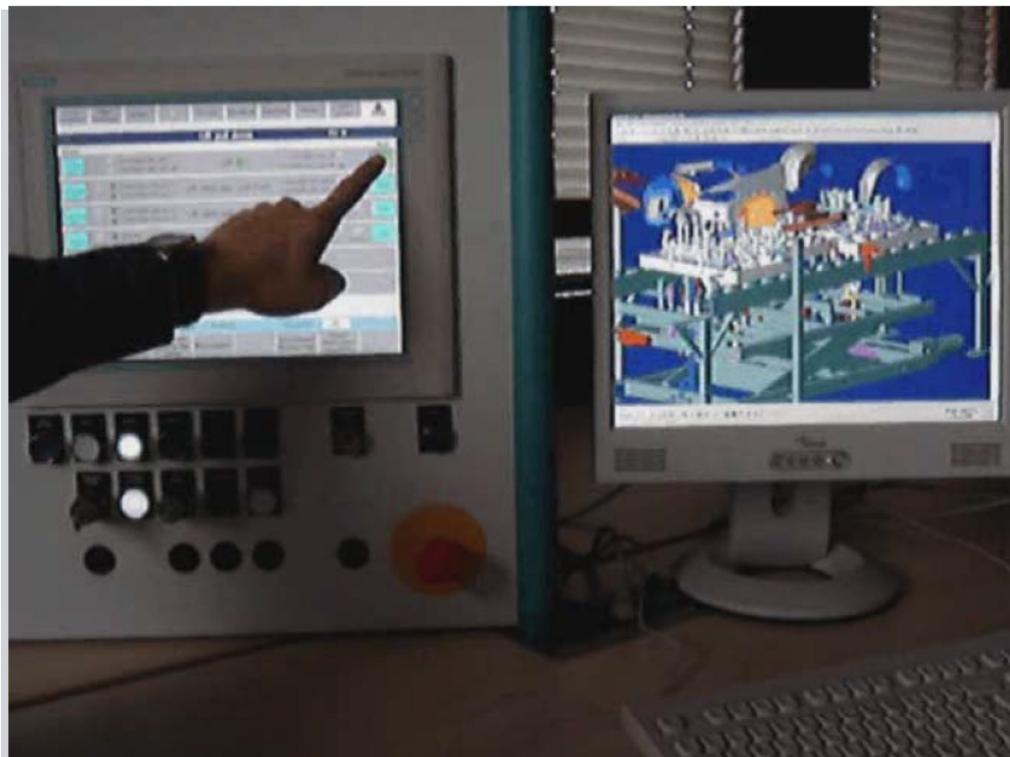


Bild 3: Die Inbetriebnahme einer virtuellen, als Simulationsmodell in Software aufgebauten Anlage mittels echter Steuerungs-, Bedien- und Visualisierungskomponenten liefert ein Ergebnis, das deren Zeitverhalten berücksichtigt. Zur Simulation des Zeitverhaltens der verwendeten I/O-Baugruppen stehen eigene Subsysteme zur Verfügung.

Derzeit noch über OPC verbunden, wird bereits an einer engeren Anbindung dieser hardwarenahen Simulationssysteme über gemeinsame Speichernutzung gearbeitet, mit dem Ziel einer späteren vollständigen Integration. Die Planung und Optimierung automatisierter Produktionsanlagen auf Basis der Daten des herzustellenden Produktes mit der virtuellen Inbetriebnahme als missionskritischem „Point of no Return“ wird so zur Königsdisziplin der Total Integrierten Automation.

Der Vortragende am Internationalen Forum Mechatronik in Mayrhofen:

Leonhard Muigg, MBA ist Enterprise Sales Executive bei Siemens Industry Software GmbH. Nach einem Studium in Management & Vertrieb und Sanierungsmanagement an der SMA in Wien führte den Dipl. Betriebswirt sein beruflicher Werdegang über Swarovski, Nemetschek und PTC zu TECNOMATIX und durch Übernahme dieses Unternehmens zu Siemens, wo er für Vertrieb & Consulting der Softwareprodukte für die digitale Fertigung verantwortlich zeichnet.

Über Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, eine Business Unit der Siemens-Division Industry Automation, ist ein führender, weltweit tätiger Anbieter von Product Lifecycle Management (PLM)-Software und zugehörigen Dienstleistungen mit 7 Millionen lizenzierten Anwendern und mehr als 71.000 Kunden in aller Welt. Siemens PLM Software mit Hauptsitz in Plano, Texas, entwickelt unter Berücksichtigung der Kundenwünsche offene Lösungen, die zu fundierteren Entscheidungen und besseren Produkten führen. Weitere Informationen über die Produkte und Leistungen von Siemens PLM Software unter www.siemens.com/plm.

Kontakt:

Siemens Industry Software GmbH
Wolfgang-Pauli-Straße 2
A-4030 Linz

Tel.: +43 732 377550

Web: www.siemens.com/plm