

Mit durchgängiger Simulation und virtueller Inbetriebnahme:

# So baut man Auto-Produktionsanlagen

Mit Lösungen von Siemens PLM Software entwickelt TMS mit durchgängiger Simulation und virtueller Inbetriebnahme kostengünstig und komfortabel prozesssichere Automobil-Produktionsanlagen. Diese ermöglichen Automobilherstellern durch Verbindung höchster Komplexität und Effizienz, ihre Markteinführungsziele besser zu verwirklichen.

Früher haben viele Automobilhersteller die Rohbaukarosserien eines jeden Fahrzeugtyps typenrein auf eigenen Produktionslinien hergestellt. Die Typenvielfalt ist gewachsen und durch beschleunigte Entwicklungszyklen wird die Baudauer der einzelnen Modelle kürzer.

## Individualisierung in der KFZ-Produktion

Deshalb werden seit einigen Jahren oft Automobilkarosserien mehrerer Typen auf derselben Linie produziert. Heute ist ein Mix von bis zu sechs Typen auf einer Linie keine Seltenheit mehr.

Wesentlich an dieser Entwicklung beteiligt war die TMS Turnkey Manufacturing Solutions GmbH (TMS) mit Hauptsitz in Linz. 1984 als Teilbereich der VA Steinel GmbH gestartet und seit 2006 Teil der kanadischen Valiant-Gruppe, stellt das Unternehmen Anlagen der Förder- und Montagetechnik sowie der Teilerneuerung her. In ihrem größten Geschäftsfeld plant und errichtet TMS schlüsselfertige Gesamtanlagen für den Karosserie-Rohbau. Als einer der ersten Anlagenbauer war TMS in der Lage, Fertigungslinien für die Produktion mehrerer Modelle in beliebiger Stückelung zu schaffen, bis hin zur Losgröße 1. Darüber hinaus verfügt TMS über eine große Erfahrung bei der Integration neu-

**links** Der KFZ-Anlagenbauer TMS führt Entwurf und Überprüfung der Produktionsanlagen in der virtuellen Welt der Computersimulation durch und nutzt dazu die Softwarepakete Process Designer und Process Simulate aus dem Tecnomatix-Portfolio von Siemens PLM Software.

**rechts** Die vollständig digitale Entwicklung von Automobilen wie diesem Opel Insignia des Modelljahrgangs 2017 hat die Verkürzung ihrer Entwicklungszyklen ermöglicht. (© General Motors)



er Modelle in bestehende Fertigungsanlagen. Solche Modifikationen vergrößern die Flexibilität der Produktionsanlagen und ermöglichen Automobilherstellern, zeitnah auf unvorhergesehene Nachfrageschwankungen zu reagieren. Zudem ist die Nachrüstung einer bestehenden Anlage zur Aufnahme eines zusätzlichen Modells meist mit erheblich weniger Kosten verbunden als die Neuerrichtung einer dedizierten Produktionsanlage für jedes einzelne Modell.

### Hohe Produktionssicherheit

„Ohne eine detaillierte Simulation der gesamten Fertigungsanlage mit allen Komponenten wäre eine derartige Umstellung ohne längere Stillstandszeiten überhaupt nicht möglich“, weiß Ing. Harald Ecker. Er leitet das Team Simulation / Digitale Fabrik im Geschäftsbereich Karosseriebausysteme bei TMS. „Bei TMS ist es daher gängige Praxis, dass jede Anlage in ihrer Gesamtheit digital entworfen, getestet, in Betrieb gesetzt und vom Kunden abgenommen wird, inklusive der Offline-Roboterprogrammierung und bis zur letzten Schraube.“ Nur so ist es risikolos möglich, den tatsächlichen Umbau ohne Kapazitätsverringerung der Anlage sukzessive – quasi Zelle für Zelle – während kurzer Betriebspausen durchzuführen.

Alle namhaften Automobilhersteller verlangen bereits seit einigen Jahren die vollständige kinematische Simulation der Produktionsanlagen vor deren Installation. Damit erlangen sie die Sicherheit, dass deren Produktionseffizienz im Betrieb den Anforderungen entsprechen wird. Als Vorreiter auf diesem Gebiet entwickelt TMS Produktionsanlagen für Automotive-Kunden bereits seit ca. 30 Jahren simulationsbasiert. Als einer der weltweit ersten Kunden verwendete das Unternehmen damals Vorläufersysteme der heutigen Tecnomatix-Softwareprodukte für die digitale Fabrik.

### Simulation mit realen Geometriedaten

Heute nutzt TMS zur Erstellung von Anlagenkonzepten bereits in der Angebotsphase die Software Plant Simulation sowie für die Detailplanung Process Designer und Process Simulate aus dem Tecnomatix-Portfolio von Siemens PLM Software. In Konstruktionen und Planung setzt TMS die Software NX desselben Herstellers ein. Das Product Lifecycle Management

der Anlagen erfolgt unter Verwendung der PLM-Software Teamcenter.

Seine führende Marktstellung beim Re-Tooling bestehender Anlagen zur Integration neuer Automodelle verdankt TMS unter anderem der Praxis, sich nicht auf Plandaten zu verlassen. Als TMS-Standard wird die Ist-Situation mittels Punktwolken aus 3D-Scans in die Simulation einbezogen. Im Fall einer Produktionsstraße mit 30 Industrierobotern besteht ein Projekt aus acht Einzel-Scans. „Früher mussten wir diese einzeln in die Simulationsmodelle einpflegen. Nunmehr erfolgt die Übernahme mit der Point Cloud Integration in Process Simulate hoch performant per Referenz des gesamten Scan-Projekts“, berichtet Ecker. Entsprechend seiner traditionellen Vorreiterrolle nutzt TMS dieses Modul als weltweit erster Kunde von Siemens PLM Software. „Das bringt die Möglichkeit vorbereitender Änderungen am Bestand, erhöht substantiell die Planungssicherheit und erspart die Kosten zusätzlicher Einsätze vor Ort für Nacharbeiten.“

### Parallelisierte Entwicklung

Entwurf und Überprüfung der Produktionsanlagen in der virtuellen Welt der Computersimulation beginnen mit der Gestaltung der komplexen Fertigungsprozesse mit dem Tecnomatix Process Designer. Bereits in dieser Phase erfolgt eine Parallelisierung der Entwicklung, denn seit der generellen Umstellung von der früher genutzten Tecnomatix-Software Robcad erfolgt auch die Offline-Programmierung →



“Unsere Kunden lieben die virtuelle Inbetriebnahme, weil sie einen reibungslosen Anlauf der Produktionsanlage garantiert, und sie verkürzt die Zeit, die TMS-Mitarbeiter in der letzten Inbetriebnahmephase vor Ort verbringen müssen, auf wenige Tage.

**Ing. Harald Ecker, Teamleiter Simulation und Digitale Fabrik, TMS Turnkey Manufacturing Solutions GmbH**

rung der Roboter mit diesem Tool für die Entwicklung, Simulation und Optimierung komplexer Fertigungsanlagen. Wegen seines großen Funktionsumfangs verwendet TMS ab der Prozessdefinition beinahe ausschließlich Process Simulate für die Linien-Entwicklung. „Process Designer bietet sich als einheitliche Entwicklungsumgebung für alle Prozesse innerhalb einer Anlage an“, sagt Ecker. „Da diese innerhalb des Tools auf einheitlichen Datenmodellen in Form von JT-Dateien basieren, gehören Schnittstellenprobleme der Vergangenheit an.“

In einem iterativen Prozess erfolgt per Anlagensimulation mit Tecnomatix Process Simulate von Siemens PLM Software die Optimierung des Ergebnisses. Dabei werden die Simulationsdaten zyklisch zur Kontrolle und Freigabe an den Kunden weitergeleitet. Die TMS-Entwickler nehmen erforderliche Modifikationen direkt am Modell vor. Durch die dahinter liegende Datenbankstruktur finden sich die Änderungen automatisch in den Datengrundlagen für das Gesamtmodell wieder. Das sorgt ohne Mehraufwand für die Konsistenz, ohne die das erforderliche Maß an Qualität nicht zu garantieren wäre. TMS liefert nicht nur voll automatisierte Anlagen, sondern auch viele, in denen zahlreiche Handlungen auch manuell ausgeführt werden. Deshalb erstreckt sich die Anwendung von Process Simulate für die Anlagensimulation auch auf die Überprüfung und Optimierung der Ergonomie für die damit beschäftigten Werker. Dazu bedienen sich die Anlagenspezialisten seit einigen Jahren der vorkonfektionierten Möglichkeiten dieser Software, mittels der Software Jack aus dem Tecnomatix-Portfolio und der Avatare Jack und Jill auch menschliche Handlungen realitätsnah zu simulieren. „Ursprünglich integrierten wir die Ergonomie-Simulation mit Jack und Jill im eigenen Interesse, mit dem Ziel der Ergebnis-Sicherung“, erinnert sich Ecker. „Mittlerweile verlangen manche OEMs eine solche Simulation als Teil der Gesamtaufgabe.“

**Aus der Simulation in die reale Welt**

Seit 2010 verstärkte TMS das Simulations-Team in Linz von zehn auf mittlerweile 23 Mitglieder. „Wir intensivierten die Nutzung der Simulationsprodukte von Sie-

Simulation	Inp...	Outp...	...	Forced!	Forced ...
CM505_to_CA480_B02					
-----Materialfluss-----					
SIM_STOP_LOADING	■			<input checked="" type="checkbox"/>	■
SIM_MAN_OF_CM505T01	■			<input checked="" type="checkbox"/>	■
SIM_MAN_OF_CM506T01	■			<input checked="" type="checkbox"/>	■
SIM_MAN_OF_CM506T02	■			<input checked="" type="checkbox"/>	■
SIM_MAN_OF_CM510T01	■			<input checked="" type="checkbox"/>	■
SIM_MAN_OF_CM510T02	■			<input checked="" type="checkbox"/>	■
SIM_MAN_OF_CM510T03	■			<input checked="" type="checkbox"/>	■
CM510TT1_Turntable_Position		0		<input type="checkbox"/>	0
-----CM505R01-----	■				■
CM505R01_startProgram		●		<input type="checkbox"/>	■
CM505R01_programNumber		0		<input type="checkbox"/>	1
CM505R01_mirrorProgramNumber	0			<input type="checkbox"/>	0
CM505R01.I.ManualStyle	0			<input type="checkbox"/>	0
CM505R01.O.PathSegContOK		●		<input type="checkbox"/>	■
CM505R01_programPause		●		<input type="checkbox"/>	■
CM505R01.I.PathSegment	0			<input type="checkbox"/>	0
CM505R01_Decision_Code		0		<input type="checkbox"/>	0
CM505R01_GI[3]		0		<input checked="" type="checkbox"/>	1
CM505R01.I.AtHome	●			<input type="checkbox"/>	■
CM505R01_SIM_DI[853]_Sealer_OK		●		<input checked="" type="checkbox"/>	■
-----CM506R01-----	■				■
CM506R01_startProgram		●		<input type="checkbox"/>	■
CM506R01_programNumber		0		<input type="checkbox"/>	1
CM506R01_mirrorProgramNumber	0			<input type="checkbox"/>	0
CM506R01.I.ManualStyle	0			<input type="checkbox"/>	0
CM506R01.O.PathSegContOK		●		<input type="checkbox"/>	■
CM506R01_programPause		●		<input type="checkbox"/>	■
CM506R01.I.PathSegment	0			<input type="checkbox"/>	0
CM506R01_Decision_Code		0		<input type="checkbox"/>	0
CM506R01_GI[3]		0		<input checked="" type="checkbox"/>	1
CM506R01.I.AtHome	●			<input type="checkbox"/>	■
CM506R01_SIM_DI[853]_Sealer_OK		●		<input checked="" type="checkbox"/>	■
CM506R01_Tipdress_Req	●			<input checked="" type="checkbox"/>	■
-----CM510R01-----	■				■
CM510R01_startProgram		●		<input type="checkbox"/>	■
CM510R01_programNumber		0		<input type="checkbox"/>	1
CM510R01_mirrorProgramNumber	0			<input type="checkbox"/>	0
CM510R01.I.ManualStyle	0			<input type="checkbox"/>	0
CM510R01.O.PathSegContOK		●		<input type="checkbox"/>	■
CM510R01_programPause		●		<input type="checkbox"/>	■
CM510R01.I.PathSegment	0			<input type="checkbox"/>	0
CM510R01_Decision_Code		0		<input type="checkbox"/>	4
CM510R01_GI[3]		0		<input checked="" type="checkbox"/>	1
CM510R01.I.AtHome	●			<input type="checkbox"/>	■
CM510R01_SIM_R[100]	0			<input type="checkbox"/>	0

Bei der virtuellen Inbetriebnahme erfolgt auch die Überprüfung der logisch und zeitlich richtigen Interpretation von Signalen durch die Steuerung.

mens PLM Software, weil sich dadurch die Linie vor ihrer Inbetriebnahme optimieren lässt“, berichtet Ecker. „Nicht selten kamen OEMs erst danach auf die Idee, als Teil der Leistung eine solche Simulation in Process Simulate zu fordern.“ Inzwischen beschränkt sich die Überprüfung der Entwicklungsergebnisse nicht mehr auf die reine Simulation. Sobald diese befriedi-

gend abgeschlossen ist, folgt die virtuelle Inbetriebnahme. Dazu wird das Simulationsmodell mit dem echten Steuerungssystem verbunden. Dessen Programmierung erfolgt parallel zur Anlagenoptimierung. Diese sogenannte ‚Hardware in the Loop‘ bringt das tatsächliche Zeitverhalten aller Anlagenteile in die Simulation mit ein. So lassen sich nicht nur Programmierfehler

erkennen, sondern auch weitere Optimierungen zeitkritischer Abläufe vornehmen.

„Extrem komfortabel ist die virtuelle Inbetriebnahme aus Process Simulate bei Verwendung von Siemens-Steuerungshardware, denn deren vollständige Integration mit allen Ein- und Ausgangssignalen erfolgt über die von Siemens zu diesem Zweck geschaffene Simba-Box. Unsere Anlagen- oder Softwareentwickler müssen sich daher nicht um das Schnittstellenthema kümmern“, freut sich Ecker. „Die Anbindung von SPS-Systemen anderer Hersteller erfolgt über das OPC-Protokoll, ab der kommenden Softwareversion mit dem einfacher anzuwendenden, vereinheitlichten Standard OPC UA.“

**Komfort und Sicherheit durch virtuelle Inbetriebnahme**

Dadurch bleiben Überraschungen aus, wenn die per virtueller Inbetriebnahme verbesserte und optimierte Steuerungssoftware später vor Ort in die echte Steuerungshardware geladen wird. Zusätzlich können TMS-Kunden bereits während der virtuellen Inbetriebnahme Personalschulungen durchführen. Das ist vor allem deshalb oft ein wesentlicher Vorteil, weil manche der zu verarbeitenden Teile oft zu diesem Zeitpunkt noch gar nicht für Echtversuche zur Verfügung stehen.

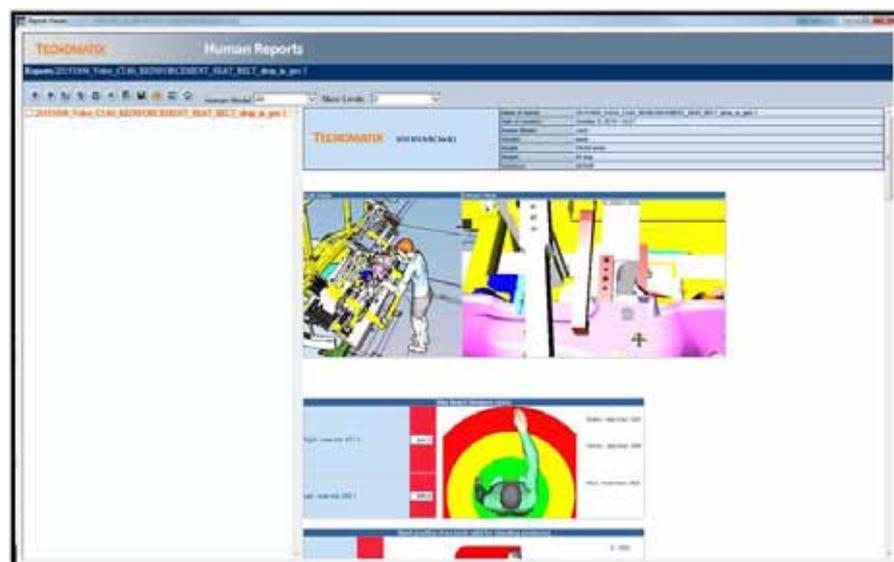


Die TMS-Ingenieure überprüfen und optimieren auch die Ergonomie für die damit beschäftigten Werker. Dazu simulieren sie in Process Simulate auch menschliche Handlungen mittels der Avatare Jack und Jill.

„Unsere Kunden lieben die virtuelle Inbetriebnahme, weil sie einen reibungslosen Anlauf der Produktionsanlage garantiert“, nennt Ecker einen wesentlichen Nutzen dieser Methode. „Für uns selbst bringt sie den Vorteil, dass wir diese meist zwei- bis dreiwöchige Phase mit Fehlersuche, Korrekturen und Optimierungen in unserer gewohnten Büroumgebung absolvieren können.“ Das ist nicht nur angenehmer und der Konzentration förderlicher als auf einer Baustelle, es verkürzt vor allem auch die Zeit, die TMS-Mitarbeiter in der letzten Inbetriebnahmephase vor Ort verbringen

müssen, auf wenige Tage. Zusätzlich hilft es, Missverständnisse zwischen dem Auftraggeber und den Anlagenbauern auszuschließen und macht es TMS leichter, die Markteinführungsziele der Automobilhersteller sicherzustellen.

■ [www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)



Um einen reibungslosen Anlauf der Produktionsanlage zu garantieren, führen die TMS-Ingenieure eine virtuelle Inbetriebnahme durch. Dazu verbinden sie das Simulationsmodell mit dem echten Steuerungssystem. Die frühzeitige Überprüfung und Optimierung der SPS-Programmierung verbessert die Software-Qualität und verkürzt die vor Ort verbrachte Zeit in der letzten Inbetriebnahmephase um bis zu 75 Prozent.

**Anwender**



TMS Turnkey Manufacturing Solutions GmbH, ein Mitglied der kanadischen Valiant Unternehmensgruppe, ist ein führender Hersteller von innovativen Produktionslösungen für Automobilhersteller und -zulieferer weltweit. Das Unternehmen plant und errichtet schlüsselfertige Rohbauanlagen für den Bau von KFZ-Karosserien. Darüber hinaus verfügt TMS über reiche Erfahrung bei der Integration von neuen Modellen in bestehende Fertigungsanlagen auch während einer laufenden Produktion mit minimaler Stillstandzeit.

**TMS Transport- und Montagesysteme GmbH**  
 Gaisberger Straße 50, A-4031 Linz  
 Tel. +43 732-6593-0  
[www.tms-at.com](http://www.tms-at.com)