

Einsatz der Virtuellen Inbetriebnahme im automobilen Karosserierohbau – Ein Erfahrungsbericht

Dipl.-Ing. Martin Bergert

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Automatisierungstechnik (IFAT)

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

Tel.: +49 731 505 2421, Fax: +49 711 305 2185211

E-Mail: uni-magdeburg.bergert@daimler.com

Dr.-Ing. Jens Kiefer

Daimler AG, Group Research & Advanced Engineering, Funktions- und Produktionsmodellierung (GR/PPF)

Wilhelm-Runge-Straße 11, 89081 Ulm

Tel.: +49 731 505 2459, Fax: +49 731 505 4400

E-Mail: jens.kiefer@daimler.com

cand.-Ing. Stephan Höme, Dr.-Ing. Christian Fedrowitz

KUKA Systems GmbH

Blücherstr. 144, 86165 Augsburg

Tel.: +49 821 797 2016; +49 821 797 3209, Fax: +49 821 797-1564

E-Mail: stephan.hoeme@kuka.de; christian.fedrowitz@kuka.de

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit dem Einsatz der Virtuellen Inbetriebnahme im automobilen Karosserierohbau, wobei der Schwerpunkt auf die konkrete Anwendbarkeit dieser neuen Methode für hoch automatisierte Roboterzellen gelegt wird. Allgemein kann dabei der Gesamtprozess der Virtuellen Inbetriebnahme in drei Phasen untergliedert werden: Vorbereitung (Wie komme ich zu dem der Virtuellen Inbetriebnahme zugrunde liegenden mechatronischen Anlagenmodell?), Durchführung (Wie kopple ich das mechatronische Anlagenmodell mit den jeweils eingesetzten Steuerungskomponenten?) und Auswertung (Wie gehe ich mit den gewonnenen Erkenntnissen um?). Fokus dieses Beitrags bildet die Illustration und Diskussion der beiden Phasen Vorbereitung und Durchführung. In diesem Zusammenhang wird der derzeitige Stand der Technik sowie eine Zusammenfassung der im Anwendungsfeld „Roboterzellen“ gesammelten Erfahrungen vorgestellt und erläutert.

1. Einleitung

Unlängst hat die Virtuelle Inbetriebnahme das Forschungsstadium durchschritten. Vielerorts befindet sich diese produktionsbezogene Absicherungsmethode bereits an der Schwelle zum Produktiveinsatz bzw. wird in einigen Projekten sogar produktiv genutzt. Das vorrangige Ziel ist dabei die „frühzeitige Absicherung und Optimierung von Steuerungsprogrammen (SPS, RC, HMI) bzw. des gesamten Anlagenverhaltens unter Verwendung digitaler Produkt- und Ressourcedaten sowie realer Steuerungsdaten. Die Einsatzgebiete umfassen alle Felder der Automatisierungstechnik wie beispielsweise Werkzeugmaschinen, Prozess- und Fertigungstechnik.

Impressum:

KUKA Systems GmbH

Marketing /

Unternehmenskommunikation

Markus Meier

Fon +49 821 797-2483

Fax +49 821 797-1951

eMail markus.meier@kuka.de

Web www.kuka-systems.de



Trotz der großen Fortschritte, die es in dieser Thematik in den letzten Jahren gegeben hat, gibt es – je nach Einsatzgebiet – immer noch einige Aspekte, die einem durchgängigen, flächendeckenden Produktiveinsatz entgegenwirken. Im Bereich der Fertigungstechnik im Automobilbau gilt dies insbesondere für hoch automatisierte Roboterzellen. Die hohe Komplexität dieser Zellen, die eingesetzte Kombination aus SPS- und Robotertechnik (teilweise mit integrierter Sicherheitstechnik) sowie die Anforderungen an die Detailgenauigkeit des erforderlichen mechatronischen Anlagenmodells den Einsatz der Virtuellen Inbetriebnahme.

Da die Virtuelle Inbetriebnahme erst sehr spät im Planungs- und Engineeringprozess (ab Beginn SPS- und Roboterprogrammierung) zum Einsatz kommt, lassen sich dadurch keine grundlegenden Entscheidungen über das Konzept oder die Fertigungsverfahren in der Roboterzelle mehr beeinflussen. Dennoch können wichtige Aussagen über die Qualität der Engineeringergebnisse getroffen werden. Dies sind im Einzelnen:

- Absicherung der SPS- und Roboterprogramm-Logik (Ablauf, Zusammenspiel, Fehlerverhalten)
- Sicherstellung Kollisionsfreiheit zw. Robotern und von SPS gesteuerter Mechanik (z.B. Vorrichtungen)
- Ableitung exakter Taktzeitaussagen

Um diese Absicherungsziele erreichen zu können, muss zum einen das eingesetzte mechatronische Anlagenmodell so detailgetreu sein, dass für die angeschlossenen Steuerungen (SPS und Robotersteuerungen) kein Unterschied zwischen Modell und Realität besteht. Zum anderen muss gewährleistet sein, dass für die Virtuelle Inbetriebnahme 1:1 die Steuerungsprogramme verwendet werden, die später auch in der realen Anlage zum Einsatz kommen. Nur so lässt sich sicherstellen, dass die Ergebnisse der Simulation auch auf die Realität übertragbar sind. Abbildung 1 zeigt die dafür erforderliche, prinzipielle Architektur zur Virtuellen Inbetriebnahme von Roboterzellen.

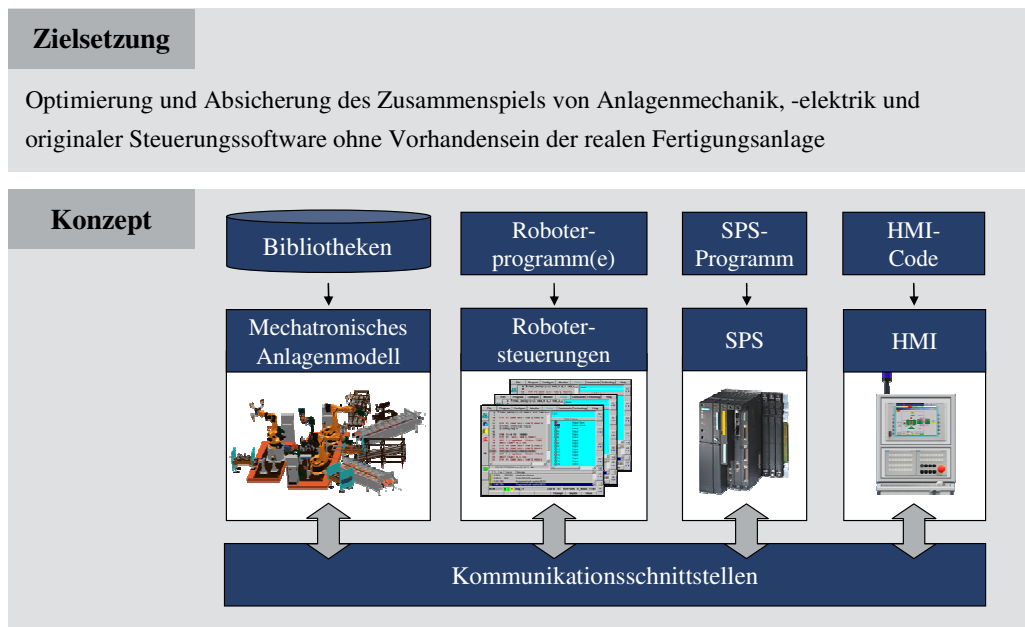


Abbildung 1: Prinzipielle Architektur für Virtuelle Inbetriebnahmen von Roboterzellen

Neben diesen hauptsächlich technischen Anforderungen an die Simulationssysteme existieren auch wirtschaftliche Einflussfaktoren, die für den erfolgreichen Einsatz der Virtuellen Inbetriebnahme ausschlaggebend sind. Dazu gehören vor allem die nahtlose Eingliederung der Vorbereitung der Virtuellen Inbetriebnahme in den bestehenden Engineeringprozess (Minimierung des Zusatzaufwandes), deren Durchführbarkeit mit standardmäßig eingesetzten Automatisierungssystemen (Minimierung der Zusatzkosten) sowie eine effiziente Auswertung der Ergebnisse (Übertragbarkeit auf die Realität).



2. Virtuelle Inbetriebnahme

Grundsätzlich kann der Gesamtprozess Virtuelle Inbetriebnahme in die Phasen „Vorbereitung“, „Durchführung“, und „Auswertung“ untergliedert werden. Im Folgenden werden die Phasen Vorbereitung und Durchführung näher betrachtet. Die Phase Auswertung steht nicht im Fokus des Beitrages, da sie sehr stark unternehmensspezifisch ist und meist im Rahmen der Durchführung mit bearbeitet wird.

2.1 Phase 1: Vorbereitung (Modellerstellung)

Wie in Kapitel 1 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschrieben, besteht das für die Virtuelle Inbetriebnahme von Roboterzellen benötigte mechatronische Anlagenmodell aus den zwei Bestandteilen „Erweitertes 3D-Geometriemodell (Darstellung von Geometrie, Kinematik und Sensorik) und „Verhaltensmodell“ (Simulation des Anlagenverhaltens gegenüber den Steuerungen). Bei den Softwarewerkzeugen zur Durchführung Virtueller Inbetriebnahmen lassen sich grundsätzlich zwei Gruppen ihrem Ursprung nach unterscheiden [2]:

- Umfeld Digitale Fabrik (z.B. DELMIA¹ Automation, Process Simulate Commissioning², INVISION³)
- Umfeld Automatisierungstechnik (z.B. WinMOD⁴, SIMIT⁵)

Grundlegender Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen ist, dass die IT-Werkzeuge aus dem Bereich der Digitalen Fabrik das in vorgelagerten Engineeringphasen (Betriebsmittelkonstruktion, Robotik) entstandene 3D-Geometriemodell nachträglich mit Informationen für die Virtuelle Inbetriebnahme (z.B. Verhalten, Sensorik) anreichern. D.h., es existiert ein Datenmodell, das die Aspekte Geometrie, Kinematik und Verhalten beinhaltet (Ausnahme: INVISION ohne Verhalten). Im Gegensatz hierzu bildet bei der anderen Gruppe das Verhaltensmodell die Ausgangsbasis und kann nachträglich mit einem 3D-Geometriemodell über entsprechende Schnittstellen gekoppelt werden. Hier sind also zwei Datenmodelle erforderlich, die in der Summe das mechatronische Anlagenmodell ergeben. Das zeigt die beiden Modellbestandteile „Verhalten“ und „Geometrie“ sowie den erforderlichen Signalfluss innerhalb des mechatronischen Anlagenmodells. Aufgrund dieser softwareseitig möglichen Trennung von Verhalten und Geometrie werden beide Bestandteile im Folgenden separat betrachtet.

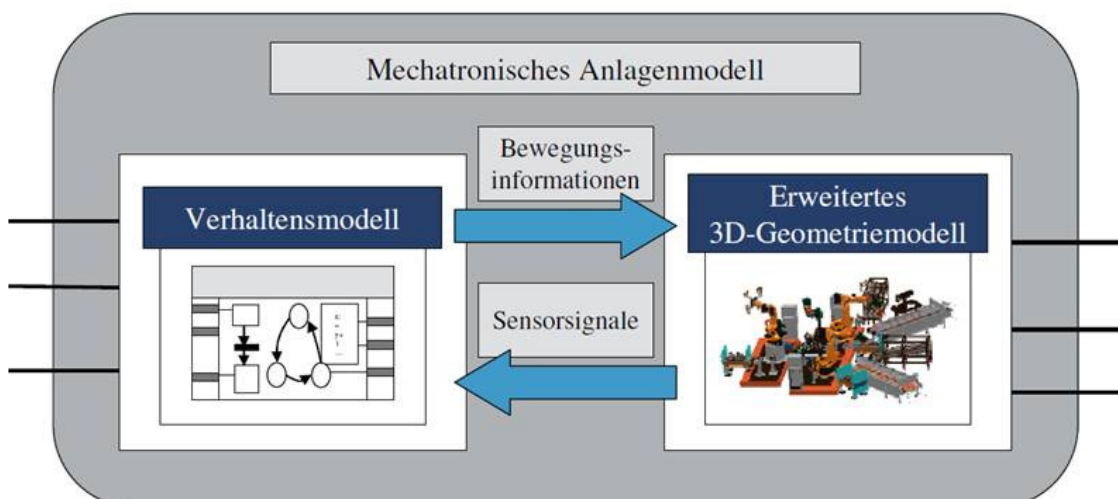


Abbildung 2: Bestandteile des mechatronischen Anlagenmodells

¹ Dassault Systèmes

² Siemens PLM

³ Rucker EKS

⁴ Mewes & Partner

⁵ Siemens Industrial Solutions and Services



2.1.1 Verhaltensmodell

Das Verhaltensmodell hat die Aufgabe, das logische und zeitliche Verhalten der realen Betriebsmittel gegenüber den angeschlossenen Steuerungen zu simulieren, daher besteht es in erster Linie aus einzelnen Simulationsbausteinen der in der realen Anlage verwendeten Betriebsmittel (z.B. Ventile, Antriebe). Diese Bausteine können – je nach Standardisierungsgrad der Betriebsmittel im jeweiligen Unternehmen – in der Regel als Bibliothekselemente im jeweiligen Softwarewerkzeug für die Virtuelle Inbetriebnahme vorliegen. Die Informationen, welche und wie viele Betriebsmittel dann für das Verhaltensmodell einer gesamten Anlage aus der Bibliothek entnommen werden müssen, sind in der Regel in Planungsunterlagen wie beispielsweise Elektro- oder Pneumatikplänen hinterlegt. Mit Softwarewerkzeugen, die entsprechende Funktionalitäten bieten, kann dieser Teil der Erstellung des Verhaltensmodells auch automatisiert werden.

Um jedoch das Verhalten einer gesamten Anlage zu simulieren, ist diese Bibliothek allein nicht ausreichend, da sie nur das Verhalten der einzelnen Betriebsmittel und nicht das anlagenbezogene, aus dem individuellen Zusammenspiel der einzelnen Betriebsmittel resultierende Verhalten beinhalten kann. Dazu gehören vor allem das Bewegen von Bauteilen durch die Anlage (zelleninterner Materialfluss, gesteuert von Robotern oder SPS) und die Bedämpfung von Sensoren durch die bewegten Bauteile. Dieser Teil des Verhaltensmodells ist immer anlagenspezifisch (mit Ausnahme reiner Fördertechnik-Anlagen) und kann daher nicht ohne weiteres automatisch generiert werden.

Um dennoch SPS- und Roboterprogramme virtuell in Betrieb nehmen zu können, besteht die Möglichkeit, innerhalb des Verhaltensmodells Schätzzeiten für die Bauteilbewegungen zu hinterlegen (z.B. Lichtschranke A löst nach Zeit t ab Start Förderband B aus). Allerdings können mit diesem Behelfsmittel die genannten Ziele der Virtuellen Inbetriebnahme nicht vollständig erreicht werden. Um Kollisions- und Taktzeituntersuchungen bei Roboterzellen durchführen zu können, muss zusätzlich zum Verhaltensmodell ein Geometriemodell in die Virtuelle Inbetriebnahme eingebunden werden. Das Geometriemodell bietet – neben der Erfüllung der technischen Anforderungen – den Vorteil der besseren Veranschaulichung und damit eine höhere Akzeptanz der Virtuellen Inbetriebnahme beim Anwender.

2.1.2 Erweitertes 3D-Geometriemodell

Wird in einem Unternehmen die Virtuelle Inbetriebnahme mit Softwarewerkzeugen durchgeführt, die herstellereitig in die im Unternehmen eingesetzte Werkzeugkette der Digitalen Fabrik integriert sind, können bestehende Geometriemodelle in der Regel ohne Konvertierungsaufwand weiter genutzt werden. Sollen jedoch andere, speziell auf die Virtuelle Inbetriebnahme ausgerichtete IT-Werkzeuge (z.B. INVISION) genutzt werden, sollte vor einer Werkzeugentscheidung der erforderliche Aufwand zur Datenkonvertierung kritisch geprüft werden.

Auf Seiten der reinen Geometrie existieren heute bereits offene Standards (z.B. STEP, VRML), die einen Datenaustausch zwischen verschiedenen Softwarewerkzeugen ermöglichen. Aus diesem Grund bieten auch die meisten Hersteller entsprechende Im- und Exportschnittstellen in ihren IT-Werkzeugen an. Im Bereich der für die Virtuelle Inbetriebnahme notwendigen Kinematik oder gar Sensorik ist dies stand heute nicht der Fall. Dadurch wird es in den meisten Fällen erforderlich sein, nach dem Wechsel in ein anderes Softwarewerkzeug entsprechende manuelle Anpassungen vorzunehmen. Dies können im Einzelnen sein:

- Definition von Bewegungsachsen, Freiheitsgraden, Endlagen und mitbewegten Teilen
- Positionierung und Definition von Sensoren (z.B. zur Bauteilerkennung)
- Definition der entsprechenden Sensor- und Steuersignale (Bezeichnung, Typ, Richtung, Wertebereich)
- Kopplung der Signale mit dem entsprechenden Äquivalent im Verhaltensmodell oder in der Steuerung
- Definition von Quellen und Senken für Bauteile
- Definition des zelleninternen Materialflusses

Erst durch diese Zusatzinformationen (insbesondere für den zelleninternen Materialfluss) können die definierten Ziele der Virtuellen Inbetriebnahme erreicht werden. Da die meisten dieser für die Virtuelle In-



betriebsnahme erforderlichen Informationen stand heute nicht über vorhandene Schnittstellen übertragen werden (Ausnahme: speziell entwickelte, proprietäre Schnittstellen), fällt bei einem Wechsel des IT-Werkzeuges für die Virtuelle Inbetriebnahme entsprechend manueller Aufwand an. Einen besonders vielversprechenden Ansatz, diesen Aufwand zu vermeiden und den Datenaustausch zwischen Engineeringwerkzeugen im Allgemeinen zu vereinfachen, bietet die Initiative von AutomationML.

Die Entwicklung von AutomationML begann in einem von der Firma Daimler initiierten Industriekonsortium gemeinsam mit Siemens, ABB, Rockwell, Kuka, netAllied, Zühlke sowie den Universitäten Magdeburg und Karlsruhe. Das Datenformat versteht sich als „Schritt in Richtung der Vision einer nahtlosen Wertschöpfungskette in einer heterogenen Werkzeuglandschaft“. In AutomationML sollen die übergeordneten Zusammenhänge zwischen Anlagentopologie, Verhalten, Geometrie, Kinematik sowie Referenzen und Relationen durch ein „freies, herstellerneutrales, offenes und standardisiertes Datenformat“ beschrieben werden. Heute sind die verfügbaren Inhalte, die verwendeten Datenformate sowie die Struktur von AutomationML dargestellt. Weitere Inhalte (z.B. Verhalten, Sensorik) befinden sich derzeit in Planung.

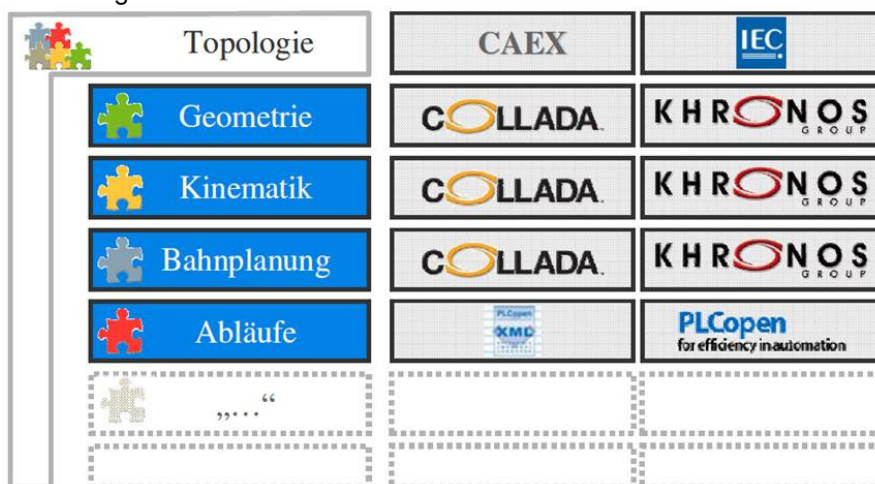


Abbildung 3: Struktur von AutomationML [5]

Durch die Gründung des AutomationML-Vereins hat sich das AutomationML-Konsortium für neue Mitglieder geöffnet; das rege Interesse und der Beitritt mehrerer Firmen zeigen den großen, branchenübergreifenden Bedarf nach einem vereinfachten Austausch von Engineeringdaten. Es ist daher davon auszugehen, dass sich AutomationML nach erfolgreicher Standardisierung durch entsprechende Gremien (z.B. ISO) weiter etablieren wird.

Stand heute verfügen noch nicht alle IT-Werkzeuge aus dem Umfeld der Digitalen Fabrik bzw. der Virtuellen Inbetriebnahme über eine AutomationML-Schnittstelle. Daher ist sehr genau abzuwägen, ob für die Virtuelle Inbetriebnahme ein Wechsel des IT-Werkzeuges (insbesondere für Geometrie- und Kinematikdaten) erforderlich ist oder ob die Anforderungen des jeweiligen Unternehmensbereiches sich nicht doch mit in die bestehende Werkzeugkette integrierten Lösungen umsetzen lassen. Vor diesem Hintergrund sind noch einmal die Eigenschaften ausgewählter IT-Werkzeuge in Bezug auf die Modellerstellung zur Virtuellen Inbetriebnahme zusammengestellt.



	WinMOD	SIMIT	DELMIA Automation	Process Simulate Commissioning	Invision
Integrierte 3D-Simulation	Vereinfachte 3D-Grafik	-	Detaillierte 3D-Grafik	Detaillierte 3D-Grafik	Detaillierte 3D-Grafik
CAD-Daten-Import	VRML	-	VRML, STEP, CATIA/DELMIA V5 nativ-Daten	VRML, STEP, Siemens PLM nativ-Daten	VRML, Siemens PLM nativ-Daten
Integrierte Verhaltenssimulation	Funktionsblockdiagramme	Funktionsblockdiagramme	AS, KOP, FBS (ähnlich zu IEC 61131-3)	Einzelne Funktionsblöcke	-
Verhaltensmodell-Import	-	-	XML	-	-
Automatisierte Modellerstellung	Mit TXT-Datei	Mit CSV- oder XML-Datei	-	-	-

Tabelle 1: Übersicht der IT-Werkzeugeigenschaften zur Modellerstellung

2.2 Phase 2: Durchführung (Laufzeit)

Zur Durchführung der Virtuellen Inbetriebnahme muss das zuvor erstellte mechatronische Anlagenmodell mit den zu testenden Automatisierungssystemen gekoppelt werden. Im Bereich von Roboterzellen im Automobilbau sind dies vor allem Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) und Robotersteuerungen. Im Folgenden wird die Kopplung der Simulationssysteme für Virtuelle Inbetriebnahmen an beide Arten von Automatisierungssystemen näher betrachtet.

2.2.1 Kopplung an Speicherprogrammierbare Steuerungen

Um eine Validierung der SPS-Programme am simulierten Anlagenmodell durchzuführen, ist eine Verbindung zwischen dem Simulationssystem und der verwendeten SPS notwendig. In der realen Anlage erfolgt diese Ankopplung in der Regel über einen Feldbus, welcher Remote-IOs und kompakte Feldgeräte mit der SPS verbindet. Für die Anbindung an das Simulationssystem zur Virtuellen Inbetriebnahme stehen zurzeit drei unterschiedliche Wege zur Verfügung.

Direkte Verbindung via OPC

Für die direkte Verbindung ist ein OPC-Server für die SPS notwendig, welcher die gewünschten Ein- und Ausgänge bereitstellt. Das Simulationssystem kann mittels OPC-Client darauf zugreifen, durch die zugrunde liegende DCOM-Technologie ist die Datenübertragung im Netzwerk möglich.

Vorteilhaft ist die breite Unterstützung von OPC durch die gängigen Simulationswerkzeuge. Durch den Einsatz von OPC erfolgt jedoch keine Simulation der Hardwarekonfiguration und damit auch keine Betrachtung des Zeitverhaltens am Bussystem. Bei einer hohen Zahl von Teilnehmern können durch die Buskommunikation Verzögerungen entstehen, welche das Anlagenverhalten beeinflussen und deshalb in der simulierten Anlage abgebildet werden sollten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die fehlende Unterstützung für sichere Kommunikation, d.h. das Übertragen von sicherheitsrelevanten Signalen (z.B. Not-Aus, Schutztürkontakte). In vielen Anlagen werden neben den Standard-Daten auch sichere Signale via Feldbus übertragen; dazu stehen entsprechende Protokolle wie beispielsweise PROFISAFE (für PROFIBUS/PROFINET) oder INTERBUS-Safety zur Verfügung. Durch das fehlende Bussystem ist bei der OPC-Verbindung keine Simulation der sicheren Signale möglich, da auf diese via OPC nicht zugegriffen werden darf. Um trotzdem eine Virtuelle Inbetriebnahme durchführen zu können, sind Änderungen am SPS-Programm notwendig, um einen Anlauf ohne den Sicherheitsteil zu ermöglichen. Dieses steht jedoch im Widerspruch zu den in Kapitel 1 gestellten Anforderungen.



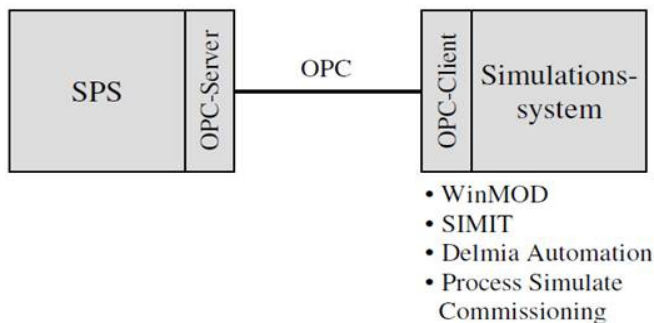


Abbildung 4: SPS-Kopplung mit OPC

Aufgrund dieser Nachteile eignet sich eine direkte Verbindung nur für einfache Simulationsmodelle, in denen keine sichere Kommunikation verwendet wird und das Zeitverhalten des Bussystems vernachlässigbar ist.

Direkte Kopplung via Feldbus

Ein weiterer Weg zur Verbindung von Simulationswerkzeug und SPS ist die direkte Verbindung via Feldbus. Dazu wird der Simulations-PC mit einer Feldbus-Karte ausgestattet und funktioniert so als Slave am realen Bus. Der Datenaustausch zwischen Feldbus-Karte und Simulationswerkzeug erfolgt über eine Treiberschnittstelle. Diese Verbindungsvariante wird aktuell beispielsweise von WinMOD unterstützt, für DELMIA Automation und Process Simulate Commissioning steht derzeit keine Schnittstelle zu Feldbuskarten zur Verfügung (DELMIA Automation unterstützt jedoch das ethernetbasierte Protokoll ModBus).

Für die direkte Kopplung via Feldbus wird die Hardwarekonfiguration der SPS so angepasst, dass nur noch ein Busteilnehmer mit einem übergreifenden Adressbereich existiert. Es werden sämtliche Ein- und Ausgänge innerhalb der Feldbuskarte abgebildet. Diese Vorgehensweise ermöglicht sichere Kommunikation (falls von der Feldbuskarte unterstützt) zwischen SPS und Simulationswerkzeug, das Zeitverhalten des Bussystems kann jedoch nicht nachgebildet werden.

Dieser Aufbau bietet im Vergleich zu OPC die Möglichkeit der sicheren Kommunikation, jedoch wird weiterhin kein Zeitverhalten abgebildet und das SPS-Programm (die Hardwarekonfiguration) muss geändert werden.

Feldbusemulation

Der dritte Weg zur Ankopplung einer SPS ist die Feldbusemulation. Dazu wird eine Baugruppe verwendet, welche über das genutzte Bussystem mit der SPS verbunden wird und die gewünschten Buskomponenten emuliert. Aktuell stehen u. a. Emulationssysteme für die weit verbreiteten Feldbusse zur Verfügung:

- Siemens SIMBA PROFIBUS bzw. SIMBApro PCI
- Siemens SIMBA PNIO (PROFINET)
- Mewes & Partner Interbus Emulator [4]

Stellvertretend soll hier auf die Funktion der SIMBA-Baugruppen eingegangen werden. Diese ermöglichen das Laden der Hardwarekonfiguration einer Siemens-SPS und emulieren dann alle gewünschten Busteilnehmer inklusive der sicheren Kommunikation. Die Ein- und Ausgänge können mit der zugehörigen Software dargestellt und beobachtet werden. Zur Anbindung an andere Simulationssysteme steht eine Programmierschnittstelle zur Verfügung.

Bisher unterstützen nur wenige Softwarewerkzeuge für die Virtuelle Inbetriebnahme Feldbusemulationssysteme. So stehen beispielsweise für WinMOD und SIMIT Treiber zur Verfügung, welche die Anbindung der SIMBA-Baugruppen (PROFIBUS und PROFINET) ermöglichen. Im Gegensatz hierzu ist für Process Simulate Commissioning und DELMIA Automation der OPC-Client derzeit der einzige Weg zur Anbindung einer SPS. Um dennoch eine Anbindung der SIMBA-Baugruppe an diese beiden Simulati-



onssysteme zu ermöglichen, ist ein OPC-Server notwendig, welcher die Ein- und Ausgänge der SIMBA-Baugruppe für das Simulationssystem bereitstellt. Obwohl der OPC-Server das Zeitverhalten zwischen den emulierten Busteilnehmern und dem Simulationssystem beeinflusst, werden die reale Hardwarekonfiguration und das Zeitverhalten des Busses abgebildet.

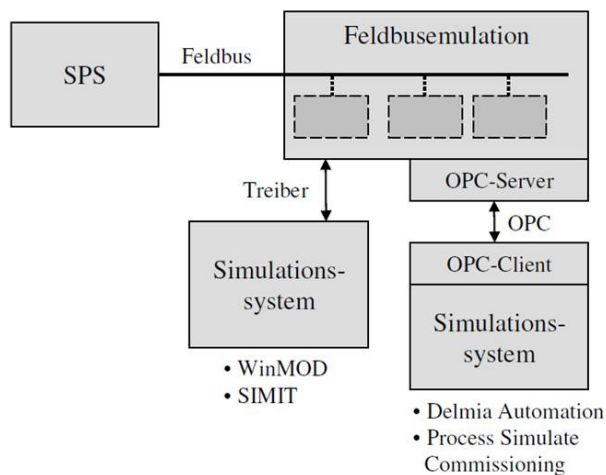


Abbildung 5: SPS-Kopplung mit Feldbusemulation

Der entscheidende Vorteil dieser Lösung gegenüber einer direkten Verbindung via OPC oder Feldbus ist die Möglichkeit, sichere Kommunikation abzubilden und dabei die originalen SPS-Programme unverändert nutzen zu können. Nachteilig ist jedoch, dass für die Virtuelle Inbetriebnahme zusätzliche Hardware (Feldbusemulations-Baugruppe) benötigt wird.

2.2.2 Kopplung an Robotersteuerungen

In den meisten Fertigungszellen des automobilen Karosserierohbaus werden Industrieroboter eingesetzt. Dabei sind die Robotersteuerungen für die Abarbeitung der Roboterprogramme sowie für den Datenaustausch mit anderen Robotern und der SPS verantwortlich. Für die Virtuelle Inbetriebnahme existieren derzeit zwei Konzepte zur Implementierung eines Robotercontrollers. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

Integration eines Controllers in das Simulationssystem

Den Ansatz der integrierten Robotercontroller verfolgen beispielsweise Process Simulate Commissioning, DELMIA Robotics/Automation und INVISION.

Bei Process Simulate Commissioning und DELMIA werden dazu sogenannte RCS6-Module verwendet, welche für die Roboter verschiedener Hersteller (z.B. KUKA, ABB, Fanuc, Comau) verfügbar sind. Diese Module nutzen die Bewegungsplanungsalgorithmen der echten Robotersteuerung, um die Bewegungen des Roboters in die virtuelle Welt abzubilden. Die Verbindung zwischen RCS-Modul und dem Simulationssystem läuft über die RRS1-Schnittstelle⁷ und wird von den IT-Werkzeugen in der Regel intern ohne Benutzereingriff hergestellt. Da sie zur Offline-Programmierung von Robotern entwickelt wurde, steht nur ein eingeschränkter Befehlssatz zur Verfügung, welcher hauptsächlich aus Motion-Anweisungen besteht.

Die Software INVISION übersetzt die herstellerspezifischen Roboterprogramme mit einem Präprozessor in eine eigene, einheitliche Sprache und arbeitet diese über einen in der Software integrierten Robotercontroller ab. Dieser kann neben den Bewegungsbefehlen auch I/O-Signale verarbeiten.

⁶ Realistic Controller Simulation – Softwareimplementierung des realen Robotercontrollers

⁷ Realistic Robot Simulation 1 – überträgt die Roboter-Positionsdaten (Achswinkel)



Neben dem eingeschränkten Befehlsumfang können bei der Umsetzung eines integrierten Controllers keine Technologiepakete genutzt werden, welche in der Regel auf realen Robotersteuerungen installiert sind und den Funktionsumfang erweitern bzw. anpassen. Vorteilhaft an diesem Ansatz ist jedoch der geringere Aufwand durch die integrierte Lösung.

Anbindung eines „echten“ Robotercontrollers

Der zweite Weg besteht in der Kopplung einer echten Robotersteuerung an das Simulationssystem. Diese Möglichkeit kann z.B. von DELMIA Robotics/Automation genutzt werden. Zu diesem Zweck existieren spezielle Robotersteuerungen, welche keinen physikalischen Roboter benötigen, sondern diesen emulieren. Für KUKA-Roboter kann hier beispielsweise der OfficePC genutzt werden, welcher eine echte Robotersteuerung ohne die Anbindung an den Roboter (Leistungselektronik etc.) ist. Alternativ steht das Softwarepaket KUKA OfficeLite zur Verfügung, welches auf einem Windows-PC eine reale Robotersteuerung emuliert.

Als Schnittstelle zwischen dieser Robotersteuerung und dem Simulationssystem wird RRS28 verwendet. Dieses Softwareprotokoll überträgt neben den aktuellen Positions- und Achsdaten des Roboters auch IO-Signale. Dadurch können beispielsweise Sensoren, welche in der realen Anlage Informationen an die Robotersteuerung liefern, simuliert und ihre Daten an die Robotersteuerung übertragen werden. Des Weiteren kann auf diesem Weg die Kommunikation zwischen Roboter und SPS hergestellt werden (indirekt über das Simulationssystem), ohne dass eine direkte Verbindung zwischen beiden besteht.

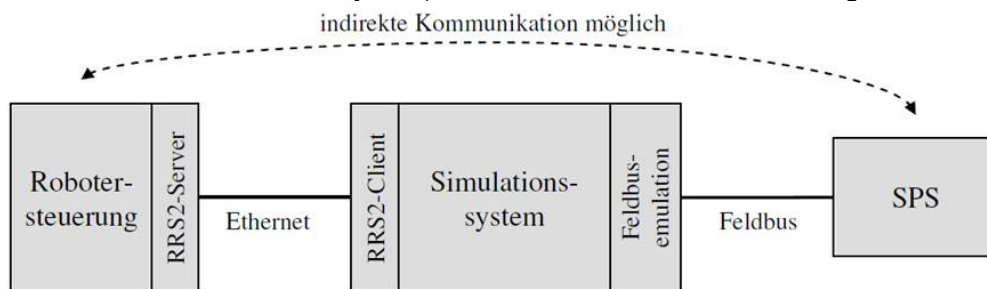


Abbildung 6: Roboterkopplung via RRS2 und SPS-Kopplung via Feldbusemulation

Durch den Einsatz der Robotersteuerung können alle Technologiepakete genutzt werden, was – verbunden mit dem vollen Befehlsumfang – eine Abarbeitung der echten Roboterprogramme erlaubt. Der Nachteil dieser Lösung liegt in dem erhöhten Investitionsaufwand für die Robotersteuerung(en) sowie für die dafür notwendige Hardware. Um eine möglichst realistische Abbildung der Roboter in die virtuelle Umgebung zu erreichen, ist jedoch die Verarbeitung der originalen Roboterprogramme ohne Änderungen erforderlich. Dies kann derzeit nur durch den Einsatz der echten Robotersteuerungssoftware (z.B. KUKA OfficeLite) erreicht werden.

Im Hinblick auf die erläuterten Möglichkeiten zur Kopplung von Automatisierungssystemen an Simulationwerkzeuge sind die wichtigsten Laufzeit-Eigenschaften verbreiteter IT-Werkzeuge für Virtuelle Inbetriebnahmen zusammengestellt:

⁸ Realistic Robot Simulation 2 – überträgt Roboter-Positionsdaten (Achswinkel) und I/O-Signale



	WinMOD	SIMIT	DELMIA Automation	Process Simulate Commissioning	Invision
Zeitverhalten	Echtzeitfähig	Echtzeitfähig	Abhängig von 3D-Grafikberechnung	Abhängig von 3D-Grafikberechnung	Echtzeitfähig
Kopplung an SPS	OPC, SIMBApro, viele etablierte Feldbussysteme	OPC, SIMBApro S7-PLCSIM	OPC, ModBus, S7-PLCSIM	OPC, S7-PLCSIM	- (Speicherkoppler zu WinMOD)
Kopplung an Robotersteuerungen	-	-	RRS2, RCS-Module	- RCS-Module	RRS2, Präprozessor (Import/Ablauf)

Tabelle 2: Übersicht der IT-Werkzeugeigenschaften zur Laufzeit

3. Zusammenfassung und Ausblick

Bisherige Erfahrungen in der Anwendung der Virtuellen Inbetriebnahme haben nachgewiesen, dass es mit heutigen Methoden und IT-Werkzeugen durchaus möglich ist, diese Absicherungsmethode wirtschaftlich einzusetzen und aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Es hat sich aber auch gezeigt, dass die Virtuelle Inbetriebnahme sinnvoll in den gesamten Planungs- und Engineeringworkflow integriert werden muss und nicht nur als nachgelagerter, unabhängiger Prozessschritt angesehen werden darf. Daher ist es unerlässlich, vor Einführung der Virtuellen Inbetriebnahme den etablierten Prozess im Unternehmen zu analysieren, die Ziele genau zu definieren und danach das zur Erfüllung der identifizierten Anforderungen am besten geeignete IT-Werkzeug für das jeweilige Unternehmen bzw. den geplanten Anwendungsbereich auszuwählen.

Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass weitere Entwicklungen sowohl im Umfeld der Digitalen Fabrik als auch im Bereich der Automatisierungstechnik die Einführung der Virtuellen Inbetriebnahme erleichtern werden. Als Beispiele seien hier das offene Datenaustauschformat AutomationML und die Entwicklung entsprechender Schnittstellen in den Softwarewerkzeugen sowie weitere Fortschritte im Bereich der Soft-Steuerungen (Roboter und SPS) genannt. So könnten beispielsweise eine weitere Annäherung an die Funktionalitäten von Hardware-Steuerungen, eine Verbesserung der Instanzierfähigkeit (mehrere Steuerungen laufen auf einem Standard-PC) sowie Simulationsmöglichkeiten für Safety-Funktionen dabei helfen, die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses Virtuelle Inbetriebnahme weiter zu erhöhen.

Literatur

1. Kiefer, J.; Ollinger, L.; Bergert, M.: Virtuelle Inbetriebnahme – Standardisierte Verhaltensmodellierung mechatronischer Betriebsmittel im automobilen Karosserierohbau, atp – Automatisierungstechnische Praxis 7/2009, Oldenburg Industrieverlag GmbH, München, 2009
2. Kiefer, J.; Prieur, M.; Schmidgall, G.; Baer, T.: Digital Planning and Validation of Highly Flexible Manufacturing Systems in the Automotive Body Shop, 42nd CIRP Conference on Manufacturing Systems, Grenoble, France, 2009
3. [Bergert, M.; Diedrich, C.: Durchgängige Verhaltensmodellierung von Betriebsmitteln zur Erzeugung digitaler Simulationsmodell von Fertigungszellen, atp – Automatisierungstechnische Praxis 7/2008, Oldenburg Industrieverlag GmbH, München, 2008
4. Mewes, J.; Wegener, F.: Virtuelle Inbetriebnahme von Förderanlagen mit Feldbusemulation und Materialflusssimulation, GMA-Kongress „Automation 2009“, Baden-Baden, 2009
5. Drath, R.; Miegel, V.: AutomationML verbindet Werkzeuge der Anlagenplanung, atp – Automatisierungstechnische Praxis 7/2009, Oldenburg Industrieverlag GmbH, München, 2009
6. Hirzle, A.; Alonso Garcia, A.; Burkhardt, A.: Leittechnische Systeme der Daimler AG, Karlsruher Leittechnisches Kolloquium 2008

