

Produktionssysteme modulbasiert simulieren

Methodische Identifikation wiederverwendbarer Simulationsmodule im Engineering-Prozess
M. Weyrich, F. Steden

Der Einsatz maschinennaher Simulation im Engineering-Prozess verkürzt sowohl Entwicklungs- als auch Lieferzeiten und erhöht die Qualität der Maschinenabläufe durch frühzeitige Testszenarien sowie parallele Prozessschritte. Der Aufwand für die Modellerstellung der Simulation hemmt allerdings oft die Anwendung dieser Technik in den Unternehmen. Als Lösungsansatz wird ein methodischer Einsatz von wiederverwendbaren Simulationsmodulen präsentiert. Dieser umfasst die Identifikation, Bewertung und Gestaltung der Module.

Module-based simulation of production systems Methodical identification of reusable simulation modules in the engineering process

The application of machine-oriented simulation in engineering allows for early test scenarios and parallel process steps which shorten the development and delivery time and, on top, raise the quality of machine sequences. The big effort for modeling the simulation inhibits the use of simulation technology in industry. As an approach for solving this problem, a method for the reuse of simulation modules is presented. This approach involves the identification, evaluation and configuration of modules.

1 Einleitung

Anwender von Produktionssystemen fordern kurze Entwicklungs- und Lieferzeiten in Verbindung mit flexiblen Anwendungsfunktionen durch die Automatisierungstechnik [1]. Maschinenhersteller begegnen diesen Anforderungen zum einen mit der Modularisierung der Produktionssysteme und der zugehörigen Steuerungstechnik [2, 3], wobei geringe Stückzahlen besondere Anforderungen an die Modularisierung stellen [4, 5]. Zum anderen setzen sie die maschinennahe Simulation in verschiedenen Schritten des Entwicklungs- und Herstellungsprozesses ein. Dadurch können Prozessschritte parallelisiert sowie Konzept- und Steuerungstests an virtuellen Modellen durchgeführt werden [6]. Einen Überblick über die Anwendung der Simulation ist in **Bild 1** dargestellt. Der Aufwand für die Erstellung des Simulationsmodells ist eine große Herausforderung beim Einsatz der Simulationstechnik [7]. Aktuelle Ansätze zur Reduzierung des Modellierungsaufwands behandeln die (teil-) automatisierte Simulationserstellung auf Basis einheitlicher Beschreibungssprachen [8–11]. Die Daten zur Modellerstellung liegen in der Beschreibungssprache vor und werden automatisiert extrahiert und zusammengestellt. Diese Beschreibungssprachen sind außer in der Steuerungstechnik kaum in Entwicklungsprozessen verankert, entsprechend komplex ist die Integration in aktuelle Engineering-Prozesse [12]. Eine weitere Problematik ist die notwendige Vollständigkeit der Daten [13].



Bild 1. Anwendung maschinennaher Simulation im Entwicklungs- und Herstellungsprozess von Produktionssystemen

Anwender von Simulationstechniken fordern wiederverwendbare Simulationsmodelle [7]. Die Wiederverwendung von Simulationsmodellen ist Teil der Bestrebungen hin zu einer modellgetriebenen Entwicklung [14]. Einmal erstellte Modelle sollen innerhalb eines Projekts für weitere Test- und Analyseszenarien genutzt werden und für andere Projekte adaptierbar sein [15, 16]. Zudem wird in Richtlinien zur Simulationsanwendung auf den Einsatz wiederverwendbarer Modelle hingewiesen, allerdings fehlen konkrete Handlungs- und Modellierungsempfehlungen zur Erstellung solcher Modelle [17]. Gründe hierfür sind unter anderem die domänenspezifischen Anforderungen an wiederverwendbare Modelle [18].

2 Modellerstellung mit wiederverwendbaren Simulationsmodulen

Zur Reduzierung des Modellierungsaufwands wurde ein methodisches Vorgehen zur Nutzung von wiederverwendbaren Simulationsmodellen auf Basis von Simulationsmodulen entwickelt. Diese Module werden zu Simulationsmodellen von Produktionssystemen verknüpft. Die Modelle können durch Austausch oder Veränderung einzelner Module an neue Anforderungen angepasst werden. Der Lösungsansatz umfasst Methoden zur Identifikation und Bewertung der Simulationsmodule und Gestaltungsrichtlinien für die Modellierung und Implementierung. Ziel ist es, diese Module zur einfachen manuellen oder automatisierten Konfiguration von spezifischen Simulationsmodellen zu nutzen. Eine Übersicht zum methodischen Vorgehen gibt **Bild 2**.

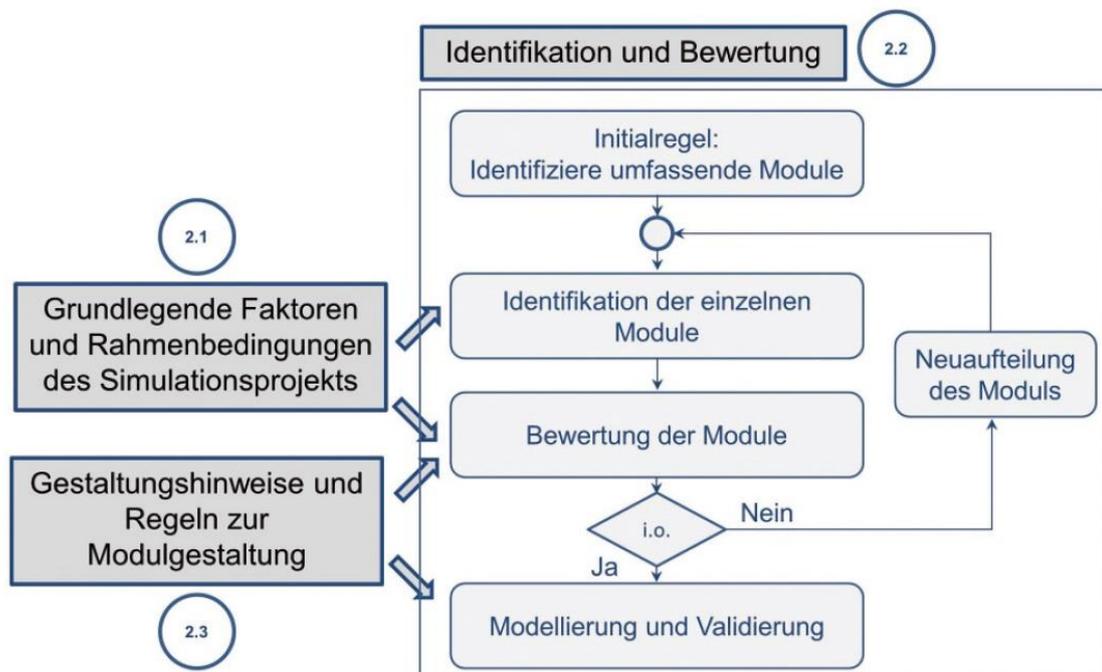


Bild 2. Methodisches Vorgehen bei der Identifikation und Implementierung von Simulationsmodulen

2.1 Grundlegende Faktoren und Rahmenbedingungen in Simulationsprojekten

Vor der Abgrenzung und Modellierung der Simulationsmodule müssen grundlegende Ausgangsfaktoren für das Simulationsprojekt ermittelt und abgestimmt werden. Zu diesen Faktoren zählen unter anderem:

- Ziele und Anwendungsfall der Simulation
- Steuerungstechnik
- Maschinenkonzept
- Simulationsplattform

Diese Faktoren müssen für das Simulationsprojekt aufeinander abgestimmt werden und bilden die Grundlage für die Bewertung und Modellierungsrichtlinien der Simulationsmodule.

2.2 Identifikation und Bewertung der Module

Die Identifikation der Simulationsmodule erfolgt auf Basis der Komponenten bereits umgesetzter Maschinen. Diese werden verglichen und wiederkehrende Komponenten identifiziert. Die Abgrenzung erfolgt nach der Initialregel, möglichst funktionsumfassende Simulationsmodule zu identifizieren. Der Funktionsumfang hat Einfluss auf die Wiederverwendung und die Handhabung der Module. Der Aufwand für die Simulationserstellung aus wenigen aber funktionsumfassenden Modulen ist gering, jedoch steigt der Aufwand zur Modellierung dieser umfassenden Module. Umgekehrt ist der Modellierungsaufwand für Module mit wenigen Funktionen gering, gleichzeitig aber die Erstellung des Gesamtmodells aus der großen Zahl an Modulen aufwendig. Für die Bewertung wird eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Die benötigten Kriterien und Gewichte ergeben sich aus den zuvor beschriebenen Faktoren und Rahmenbedingungen. Außerdem werden in der Bewertung Aspekte der Modellierung und Validierung berücksichtigt. Eine positive Bewertung erzielt ein Modul ab einer festgelegten Bewertungssumme. Ein Modul muss den Identifikations- und Bewertungsprozess erneut durchlaufen, wenn die Bewertungssumme zu gering ist oder ein Ausschlusskriterium nicht erfüllt wird.

2.3 Gestaltung und Moduleigenschaften

Nach positiver Bewertung werden durch die anschließende Modellierung wichtige Moduleigenschaften festgelegt. Neben der Wiederverwendung zählen die funktionale Abgeschlossenheit, die Struktur und die Datenkonsistenz zu den wichtigen Eigenschaften von Simulationsmodulen (**Bild 3**). Auch die Kopplungseigenschaften und der Detailgrad werden während der Modellierung bestimmt.

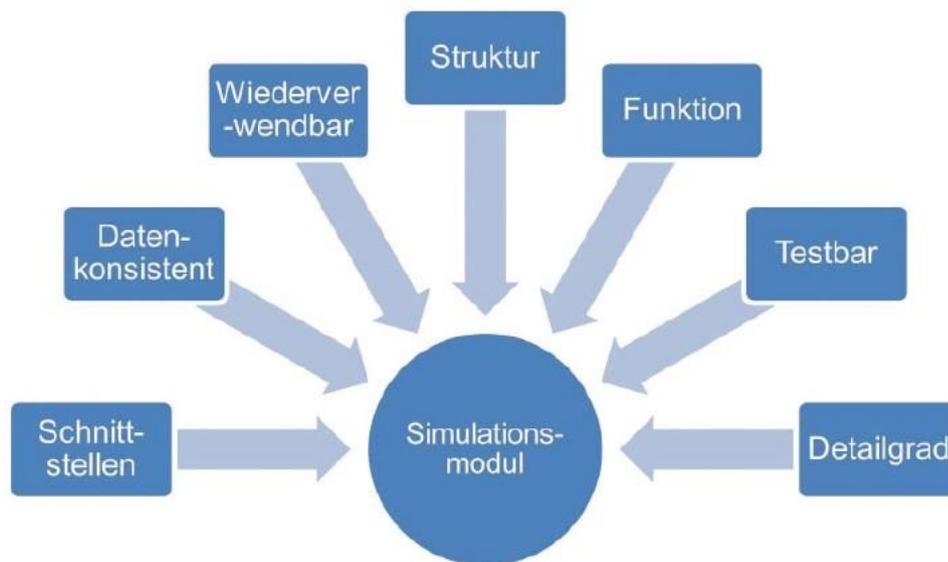


Bild 3. Eigenschaften der Simulationsmodule

3 Implementierung und Anwendung am Beispiel eines Produktionssystems

Das methodische Vorgehen wurde an Produktionssystemen beispielhaft implementiert und analysiert. Mit den weiteren typischen Rahmenbedingungen kann das Beispiel gut auf andere Produktionssysteme übertragen werden. Aus dem Vergleich bereits umgesetzter Maschinen werden wiederkehrende Komponenten identifiziert. Die Identifikations- und Bewertungsmethodik untersucht diese Komponenten auf ihre Eignung als Simulationsmodule.

Das **Bild 4** zeigt ebenfalls die Zusammensetzung der Simulationsmodule, die aus simulationstypischen Komponenten wie dem Verhaltensmodell oder der 3D-Visualisierung bestehen.

Die folgenden Ergebnisse basieren vorwiegend auf Untersuchungen mit den Verhaltensmodellen und der Kopplung der Steuerung.

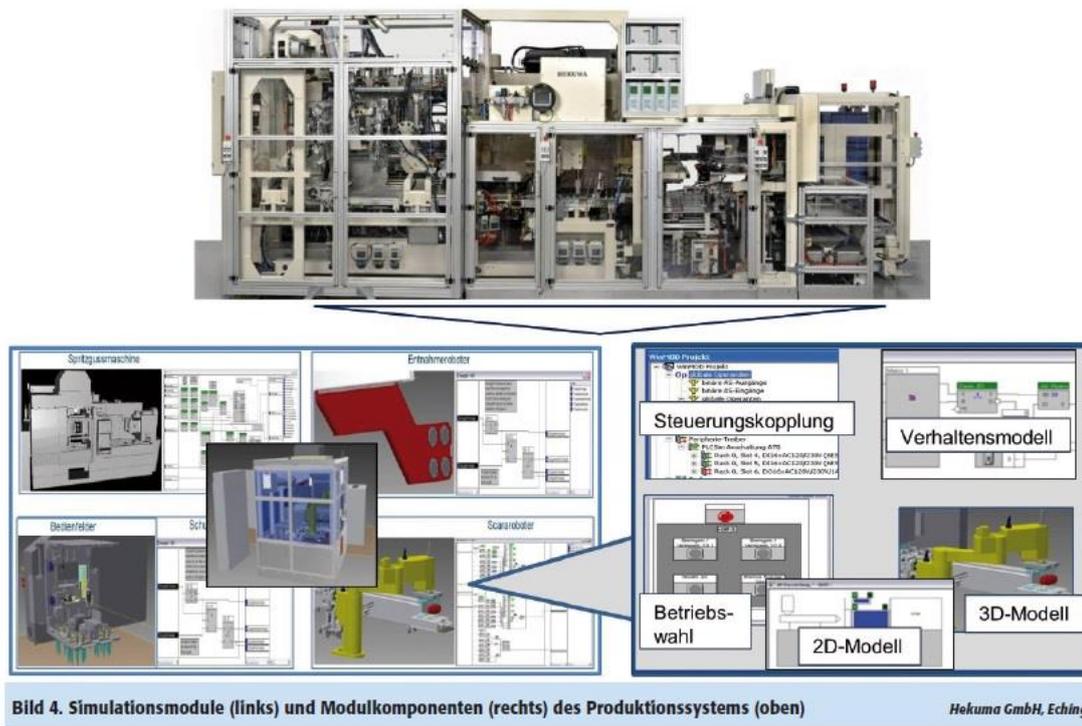


Bild 4. Simulationsmodule (links) und Modulkomponenten (rechts) des Produktionssystems (oben)

Hekuma GmbH, Eching

3.1 Praktische Anwendung der methodischen Vorgehensweise

Die Anwendung der Methodik zeigt, dass die im Vorfeld zu klärenden Ausgangsfaktoren durch ein Team mit Kompetenzen in den Themenfeldern Steuerungstechnik, Maschinenabläufe und Konstruktion diskutiert werden sollten. Die wichtige Auswahl der Simulationsplattform wird vor allem durch die priorisierten Ziele der Simulation bestimmt.

Module durchlaufen eine unterschiedliche Zahl an Iterationsschleifen aus Identifikation und Bewertung. Mit jeder Iterationsschleife verringert sich der Funktionsumfang beziehungsweise verändert sich die funktionelle Zusammenstellung der Module. Gleichzeitig steigt die Zahl der Simulationsmodule.

Bei der Bewertung hat sich neben der Bewertungssumme die Nutzung von Ausschlusskriterien bewährt. Ein Beispiel für die Bewertung ist in **Bild 5** dargestellt. Modul 2 erreicht nicht den Mindestwert

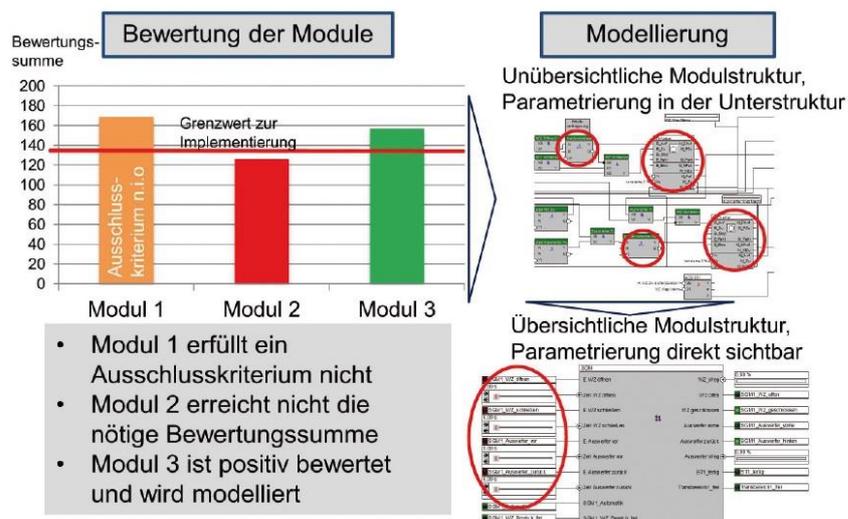


Bild 5. Einfluss der Bewertung und Modellierung auf die Wiederverwendung der Simulationsmodule

für eine positive Bewertung und muss den Prozess erneut durchlaufen. Hingegen wird Modul 1 aufgrund eines Ausschlusskriteriums negativ bewertet. Solch ein Kriterium ist beispielsweise das Nicht-Erreichen eines hochpriorisierten Simulationsziels oder die mangelhafte Umsetzung in der Simulationsplattform. Die Bewertungssumme ermöglicht zusätzlich den Vergleich zwischen den einzelnen Modulen und zwischen einzelnen Modulvarianten.

Die beispielhafte Implementierung zeigt neben der direkten Wiederverwendung die Wichtigkeit der indirekten Wiederverwendung durch schnelle und einfache Veränderung der Moduleigenschaften. Dies wird durch skalier- und parametrierbare Module ermöglicht, für die Modellierungsempfehlungen erarbeitet wurden. In diesem Zusammenhang sind auch die Dokumentation und Struktur der Module wichtige Faktoren. Bild 5 zeigt den Vergleich zwischen einem strukturierten und einem unstrukturierten Modul. Trotz gleicher Eigenschaften ist im Modul unten direkt ersichtlich, welche Parameter des Moduls verstellt werden können. Entsprechende Transparenz muss auch für die Kopplungsmöglichkeiten vorliegen.

3.2 Simulation mit wiederverwendbaren Modulen

Einzelne Steuerungsmodulare können durch Anwendung der Simulationsmodule getestet, validiert und optimiert werden. Wichtige Eigenschaften beider Modultypen sind außerdem die Interferenzfreiheit und eine kompatible Kopplung. In **Bild 6** ist die Anwendung der Module sowohl auf Modul- als auch auf Maschinenebene dargestellt. Für die Validierung und Optimierung auf Maschinenebene müssen die Simulationsmodule untereinander koppelbar sein. Ein wichtiger Faktor für den Aufwand zur Verknüpfung ist nicht nur die Anzahl der Module, sondern auch die Zahl und Gestaltung der Schnittstellen zwischen den Modulen. Idealerweise erfüllen die Module die Anforderungen für Testszenarien auf Modul- und Maschinenebene ohne Änderung.

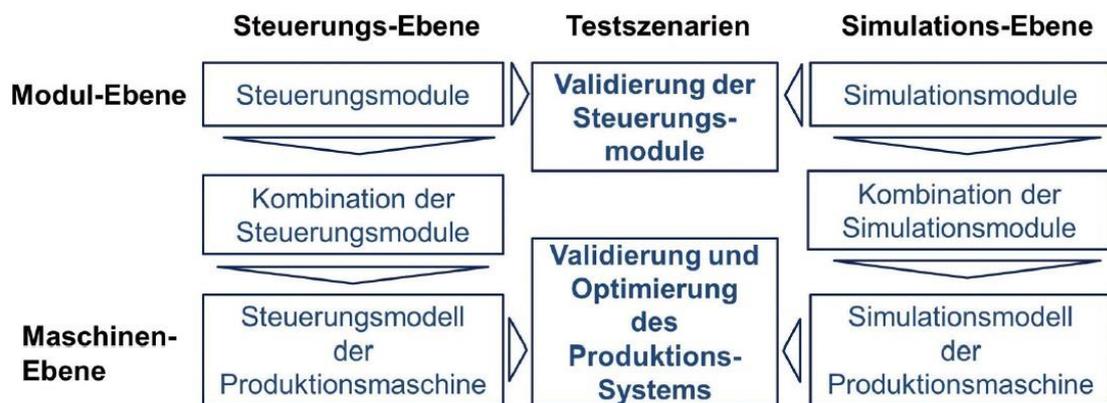
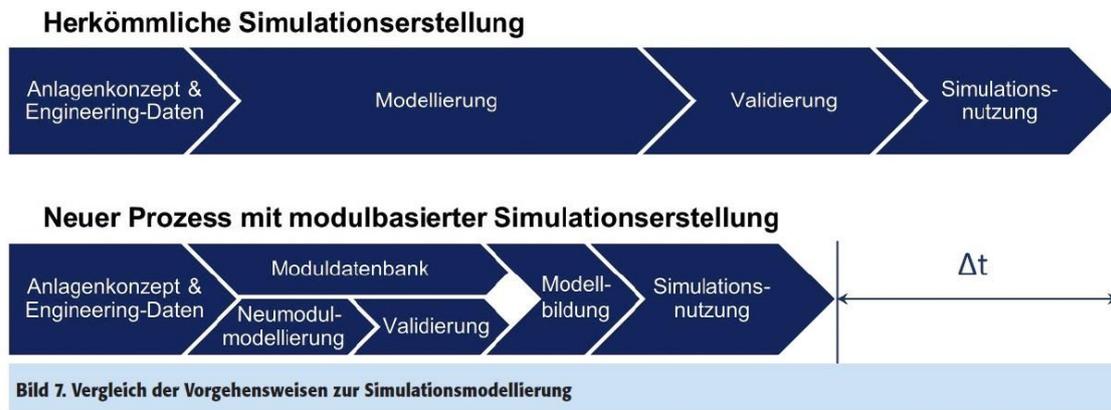


Bild 6. Testszenarien mit Steuerungstechnik und Simulation auf Modul- und Maschinenebene

Die Verwendung vorvalidierter Module hat zusätzlich ergeben, dass simulationsunerfahrene Anwender leichter Zugang zu dieser Technologie finden und Simulationsmodelle auch ohne Expertenwissen in der Simulationsplattform erstellen können. Dies stellt jedoch erweiterte Anforderungen an die Qualität der Dokumentation der einzelnen Simulationsmodule im Hinblick auf ihre Kopplungseigenschaften und Funktionen und an die zuvor beschriebene Struktur der Module.

In **Bild 7** wird das herkömmliche Vorgehen bei der Modellierung eines Simulationsmodells mit der modulbasierten Modellentwicklung verglichen. Im Vergleich zur herkömmlichen Vorgehensweise im Sinne der Neumodellierung vollständiger Simulationsmodelle wird bei modulbasierter Modellierung auf eine Moduldatenbank zurückgegriffen. Diese Module sind modelliert, vorvalidiert und in einer Datenbank abgelegt. Für neue Simulationsmodelle muss nur ein geringer Teil der Module modelliert werden.

Gemeinsam mit den Modulen aus der Datenbank werden diese zu Simulationsmodellen kombiniert. Die Zeitersparnis mit dieser Methodik steigt mitwachsender Datenbank und Anzahl an Simulationsmodulen.



4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Einsatz modulbasierter Simulationsmodelle können der Aufwand bei der Simulationserstellung reduziert und Änderungen an einem Simulationsmodell erleichtert werden. Zur Identifikation und Bewertung wiederverwendbarer Simulationsmodule wurde ein methodisches Vorgehen entwickelt und beispielhaft implementiert. Damit lassen sich Module schnell zu Simulationsmodellen verknüpfen und in den unterschiedlichen Testszenarien gegen alternative Module austauschen. Es wurden verschiedene Arten der Wiederverwendung und besonders die indirekte Wiederverwendung durch Veränderung der Moduleigenschaften analysiert. Zusammen mit den Kopplungseigenschaften an die Steuerungstechnik konnten Handlungsempfehlungen für die Modellierung von parametrier- und skalierbaren Modulen und deren Schnittstellen abgeleitet werden.

Um bestehende Ansätze zur Aufwandsreduktion zu ergänzen, soll in einem nächsten Schritt der Einsatz von Beschreibungssprachen zur Abbildung und Verknüpfung der Simulationsmodule analysiert werden. Weiterhin sollen auf Basis der unterschiedlichen Arten der Wiederverwendung die Interferenzen zwischen den bestimmenden Einflussfaktoren untersucht und zugeordnet werden. Ziel ist ein transparenter Identifikations- und Gestaltungsprozess sowie die (teil-) automatisierte Verknüpfung der Module.

Literatur

[1] Hees, A.; Backhaus, J.; Reinhart, G.: Wandlungsfähige Montagesysteme in KMU. wt Werkstattstechnik online 102 (2012) Nr. 9, S. 30–36. Internet: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag

[2] Fuchs, J.; Vogel-Heuser, B.: Metriken und Methoden zur Umstrukturierung einer modularen Steuerungssoftware im Sondermaschinenbau. In: Adolphs, P. (Hrsg.): Automation 2012, Baden-Baden. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012

[3] Kormann, B.; Friedrich, M.; Vogel-Heuser, B. (2012): Befragung deutscher Maschinenbauunternehmen zum Thema Softwaretest Handlungsbedarf für den Maschinen-/Anlagenbau und Lösungsvorschlag. In: Adolphs, P. (Hrsg.): Automation 2012, Baden-Baden. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012

[4] Weyrich, M.; Klein, P.: Modulbasiertes Engineering von Produktionsanlagen – Wissensbasierte Konzeption mit funktionsorientierter Modularisierung. wt Werkstattstechnik online 102 (2012) Nr. 9, S. 592–597. Internet: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag

[5] Weyrich, M.; Steden, F.; Wolf, J.; Scharf, M.: Identification of mechatronic units based on an example of a flexible customized multi lathe machine tool. In: Zoubir Mammeri (Edit.): IEEE 16th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), Toulouse, 2011, pp. 1-4

- [6] Weyrich, M.; Steden, F.: Prozessintegration von Maschinensimulation zur Steuerungsinbetriebnahme bei Maschinenherstellern. In: Adolphs, P. (Hrsg.): Automation 2011, Baden-Baden. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011
- [7] Bierschenk, S.; Kuhlmann, T.; Ritter, A.: Stand der digitalen Fabrik bei kleinen und mittelständischen Unternehmen. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag 2005
- [8] Barth, M.: Automatisch generierte Simulationsmodelle verfahrenstechnischer Anlagen für den Steuerungstest. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011
- [9] Kufner, A.: Automatisierte Erstellung von Maschinenmodellen für die Hardware-in-the-Loop-Simulation von Montagemaschinen. Dissertation, Universität Stuttgart, 2011
- [10] Lindworsky, A.: Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungsbegleitenden Steuerungstest. München: Herbert-Utz-Verlag 2011
- [11] Zäh, M.; Lindworsky, A.: Virtuelle Inbetriebnahme Nutzenmaximierung durch Automatisierung der Modellerstellung. In: Kompetenznetzwerk Mechatronik BW (Hrsg.): Tagungsband. ICS – Internationales Congresscenter Stuttgart, genehmigte Sonderausgabe Göppingen, 2008, S. 413–424
- [12] Schob, U.: Methode zur frühen virtuellen Inbetriebnahme von Steuerungsprogrammen durch halbautomatische Maschinenmodellbildung. Auerbach/Vogtland: Verlag Wissenschaftliche Scripten 2012
- [13] Pech, S.; Göhner, G.: Architektur zur Informationsgewinnung in automatisierten Systemen. In: Adolphs, P. (Hrsg.): Automation 2012, Baden-Baden. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012
- [14] Streitferdt, D.; Wendt, G.; Nenninger, P.; Nyssen, A.; Lichter, H.: Model Driven Development Challenges in the Automation Domain. COMPSAC '08. 32nd Annual IEEE International Conference on Computer Software and Applications. 2008, pp. 1372-1375
- [15] Kipfmüller, M.: Aufwandsoptimierte Simulation von Werkzeugmaschinen. Aachen: Shaker-Verlag 2010
- [16] Esswein, W.; Lehrmann, S.; Kunze, G.; Gubsch, I.; Penndorf, T.: Integrative Produktentwicklung mit virtuellen Prototypen. wt Werkstattstechnik online 96 (2006) Nr. 1/2, S. 30–36. Internet: www.werkstattstechnik.de. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag
- [17] N. N.: VDI Richtlinie 3633 – Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen. Berlin: Beuth-Verlag 2005
- [18] Jost, P.: Evolutionäres Domain-Engineering zur Entwicklung von Automatisierungssystemen. Dissertation, Universität Stuttgart, 2007