

Maschinennahe Simulation

Feldmann, K., Alvarez, C.
{feldmann, alvarez}@faps.uni-erlangen.de
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS)
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Egerlandstr. 7-9, 91058 Erlangen

Kurzfassung

Der unterstützende Einsatz von Simulationswerkzeugen ist aus dem industriellen Umfeld nicht mehr wegzudenken. Sei es die Neuentwicklung einer Werkzeugmaschine, die Planung einer neuen Fertigungslinie oder die Errichtung einer ganzen Fabrik – in vielen Fällen kann durch den Einsatz von Simulationswerkzeugen eine mitunter erhebliche Verbesserung hinsichtlich Planungssicherheit und -geschwindigkeit erreicht werden.

Obschon der Einsatz von Simulationswerkzeugen in den Unternehmen bereits einen hohen Grad an Akzeptanz erreicht hat, bestehen häufig noch Unklarheiten bezüglich deren Nutzungsmöglichkeiten und der typischerweise zu beantwortenden Fragestellungen. Hierüber Auskunft zu geben, hat sich Blatt 8 der VDI-Richtlinie 3633 mit dem Titel „Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Maschinennahe Simulation“ zum Ziel gesetzt. Der vorliegende Beitrag beschreibt zunächst deren Entstehung und geht anschließend auch auf den Inhalt dieses Richtlinienanteiles ein. Die Beschreibung der Entstehung schließt dabei sowohl den Prozess der Themenfindung als auch eine Übersicht der beteiligten Autoren ein, die nicht nur aus dem universitären, sondern auch aus dem industriellen Umfeld stammen.

1 Einleitung

Blatt 8 der VDI-Richtlinie 3633 „Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen“ ist das Ergebnis einer mehrjährigen Arbeitskreisarbeit, innerhalb derer Vertreter universitärer Forschungseinrichtungen sowie aus dem industriellen Umfeld in insgesamt 13 Sitzungen auf ehrenamtlicher Basis eine Übersicht zur Anwendung der maschinen- und maschinennahen Simulation erstellt haben [5]. Der Arbeitskreis war dabei als Unterausschuss des VDI-FML-Fachbereichs *A5 Modellierung und Simulation* tätig. Die Koordination der Richtlinienarbeit oblag dem Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik der Universität Erlangen-Nürnberg unter der Leitung von Prof. Feldmann [3]. Die Ausarbeitung zu den einzelnen Simulationsarten erfolgte durch Experten auf dem jeweiligen Gebiet. Eine Übersicht über die maßgeblich an der Erstellung der Richtlinie beteiligten Institutionen enthält Abbildung 1.

Der Begriff „maschinennahe Simulation“ umfasst im Kontext der Richtlinie sowohl verschiedene Arten der Simulation von Fertigungsmaschinen an sich als auch die Simulation der dazugehörigen Peripherie. Wenngleich Blatt 8 dabei mit knapp 50 Seiten zu den umfangreicheren Richtlinienblättern zählt, mussten die Autoren sich bei der

Auswahl der zu berücksichtigenden Simulationsarten auf eine repräsentative Zusammenstellung beschränken.

Urheberschaft	Verantwortungsbereich
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS)	Koordination / Allgemeiner Teil
Lehrstuhl für Maschinenelemente, -gestaltung und Handhabungstechnik (MGH)	3D-Kinematiksimulation
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften	Mehrkörpersimulation
Lehrstuhl für Informationstechnik im Maschinenwesen	Simulation zum Funktionstest von Steuerungen
Institut für Spanende Fertigung / Lehrstuhl für Fertigungstechnologie	Prozesssimulation
inpro GmbH	Maschinennahe Materialflusssimulation

Abbildung 1: Urheber von Blatt 8 "Maschinennahe Simulation"

Die Richtlinie erhebt somit nicht den Anspruch, sämtliche Arten von Simulationen, welche im maschinennahen Bereich Anwendung finden, umfassend zu behandeln. Stattdessen erfolgt eine Beschränkung auf die Gebiete 3D-Kinematiksimulation, Mehrkörpersimulation, Steuerungssimulation, Prozesssimulation sowie die maschinennahe Materialflusssimulation. Weitere Arten von Simulationen, wie beispielsweise die Ergonomiesimulation oder die Strömungssimulation, stellen entweder eigenständige Gebiete dar oder sind im Bereich der maschinennahen Simulation von untergeordneter Bedeutung. Außen vor blieb als eigenständige Simulationsart auch die ereignisdiskrete Simulation, welche verglichen mit den hier vorgestellten Simulationsarten auf einer höheren Abstraktionsebene angesiedelt ist.

Teilweise existieren für Simulationen aus dem maschinen- bzw. maschinennahen Bereich auch bereits Richtlinien, die jedoch aufgrund ihrer spezifischen Ausrichtung in anderen VDI-Fachbereichen beheimatet sind und dementsprechend dort Eingang in die Richtlinienarbeit gefunden haben. So ist beispielsweise die simulationsgestützte Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten Thema von Blatt 7 der Richtlinie 2671 [7] und näheres zur Dokumentation der Simulation der Blechumformung findet sich in der Richtlinie 3417 [8].

2 Motivation

Richtlinienblatt 8 richtet sich an potenzielle Anwender von Simulationstechniken im maschinen- und maschinennahen Bereich. Die Motivation zur Erstellung des Blattes war insbesondere die Behebung des Informationsdefizites auf diesem Gebiet. Daneben war die Schaffung einer Entscheidungshilfe für die Fachwelt ein weiterer Faktor. Obgleich der Nutzen des Einsatzes der Simulation in entsprechend simulationswürdigen

Problemstellungen mittlerweile unbestritten ist, besteht nach wie vor außerhalb der Gruppe der Simulationsexperten noch ein Aufklärungsbedürfnis bezüglich des Einsatzbereiches und der Möglichkeiten der verschiedenen Simulationsarten.

Mit Hilfe der Richtlinie soll der Anwender in die Lage versetzt werden, die für seine Problemstellung geeignete Simulationstechnologie auszuwählen und den Aufwand für Datenbeschaffung und Validierung vor der meist kostenintensiven Einführung und dem anschließenden Einsatz abschätzen zu können.

Das Einsatzgebiet der maschinennahen Simulation ist dabei sehr weit reichend und nicht auf den konstruktiven/planerischen Bereich beschränkt. Auch als Kommunikationshilfsmittel können Simulationen wertvolle Dienste leisten – beispielsweise wenn es darum geht, im Vertrieb einem Kunden die Funktionsweise einer neuen Maschine zu demonstrieren.

3 Inhalt

Einleitend werden in Blatt 8 zunächst der Geltungsbereich sowie typische Anwendungsfelder spezifiziert und der damit verbundene Nutzen des Einsatzes von Simulationswerkzeugen erläutert. Enthalten ist auch eine Definition typischer Fachbegriffe aus dem Bereich der maschinennahen Simulation. Blatt 8 beschreibt weiterhin, wie Simulationen in den verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklusses einer Maschine nutzbringend eingesetzt werden können, so beispielsweise in der Entwicklung, der Inbetriebnahme und dem Vertrieb.

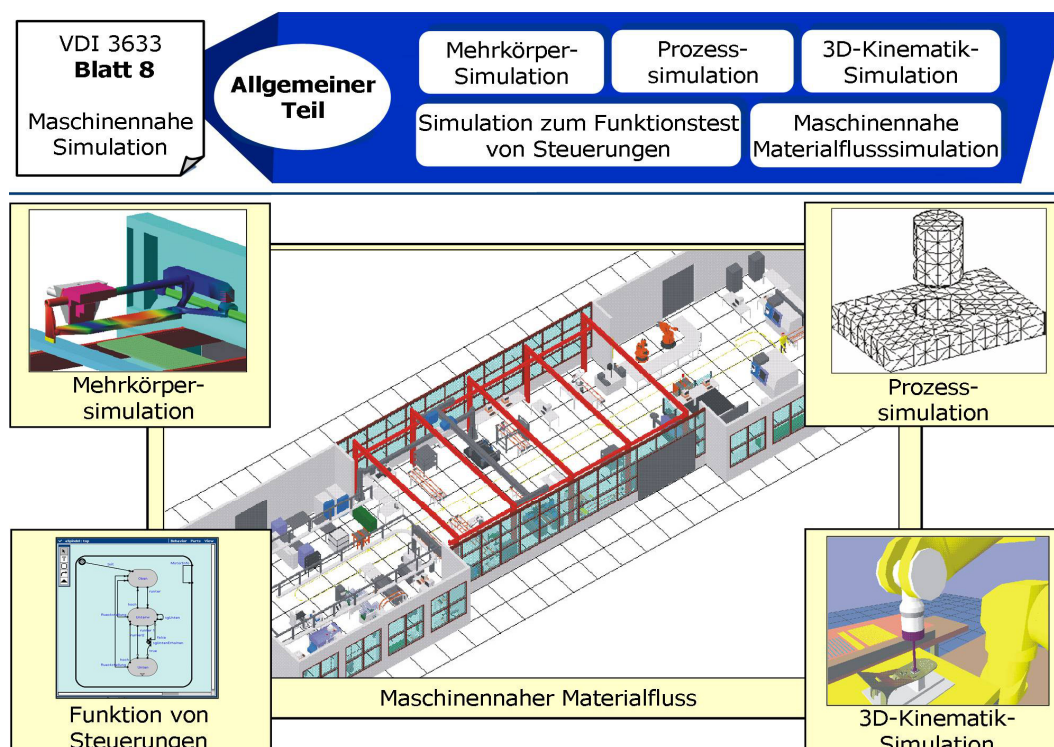


Abbildung 2: Aufbau des Richtlinienblattes 8 - Maschinennahe Simulation

Die Darstellung der einzelnen Simulationsfelder folgt jeweils weitestgehend dem gleichen Schema. Zunächst werden die Komponenten des jeweiligen Simulationssystemes erläutert, gefolgt von einer Beschreibung des Modellbildungsprozesses. Die Durchführung von Simulationsexperimenten findet ebenso Beachtung wie eine Kosten/Nutzen-Analyse der entsprechenden Simulationsart. Abschließend wird anhand eines Beispiels der praktische Einsatz der Simulation noch einmal verdeutlicht. Im Einzelnen ist die Beschreibung jeder Simulationsart wie folgt strukturiert:

Komponenten der Simulationssysteme

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Ausrichtung der Simulationsarten unterscheiden sich auch die jeweiligen Komponenten sehr stark voneinander. Während bei der Prozesssimulation beispielsweise ein leistungsstarker Simulatorkern auf Basis der Methode der finiten Elemente (FEM) oder der Randelementemethode (BEM) benötigt wird, steht bei der Kinematiksimulation ein Kinematikmodul zur Berechnung von Roboterstellungen zur Erreichung einer vorgegebenen Position und Orientierung des Robotereffektors im Vordergrund.

Vorbereitung der Simulation

Die Vorbereitung der Simulation ist bei allen in der Richtlinie behandelten Simulationsarten ganz wesentlich durch den Aufbau eines geeigneten Modells und die Beschaffung geeigneter Eingangsdaten gekennzeichnet.

Durchführung der Simulationsläufe

Die Durchführung der Simulationsläufe bedarf einer sorgfältigen Auswahl der zu variierenden Parameter. Für eine systematische Experimentplanung kann z. B. Blatt 3 von Richtlinie 3633 herangezogen werden [6].

Auswertung der Ergebnisse

Je nach Simulationsart gibt es unterschiedliche Möglichkeiten zur Darstellung und Auswertung von Simulationsläufen. Eine weite Verbreitung zur Veranschaulichung von Ergebnisgrößen einer FEM-Berechnung haben beispielsweise Konturplots, mit denen sich Prozessgrößenverläufe wie Oberflächentemperaturen oder Spannungen sehr gut visualisieren lassen. Zur Wiedergabe von Ergebnisgrößen einer Mehrkörpersimulation wie Zeit-Momenten-Verläufe eignen sich dagegen eher 2D-Diagramme.

Aufwand und Nutzen

Für verschiedene Einsatzgebiete, so z. B. zur Layoutplanung oder zur Konstruktion, werden der Aufwand sowie der Nutzen der Simulation dargelegt. Gemeinsam ist den meisten Simulationsarten der Vorteil der Einsparung bzw. zumindest der Verringerung der Anzahl realer Prototypen und einer damit verbundenen Kostenreduzierung und Verkürzung der Entwicklungs- oder Inbetriebnahmezeit.

Beispiele und Anwendungen

Zur Verdeutlichung der Einsatzmöglichkeiten von Simulationen wird jeweils ein Beispiel gegeben, etwa zur Zellenplanung mit Hilfe der Kinematiksimulation oder zum Test der Steuerung einer Transfer-Honmaschine.

Besonderen Wert legt die Richtlinie auch auf die Kopplung unterschiedlicher Simulationswerkzeuge. Hintergrund ist die Reduzierung des Aufwandes zur Beschaffung von Eingangsdaten und zur Modellerstellung. Je nach Simulationsart kann dieser Arbeitsschritt zusammen mit der Modellerstellung einen ganz wesentlichen Teil der zur Durchführung einer Simulationsstudie benötigten Zeit ausmachen. So kann die Prozesssimulation beispielsweise durch die Berechnung von Prozesskräften und geometrischen Prozessparametern wichtige Eingangsgrößen für die Durchführung einer Mehrkörpersimulation zur Maschinenauslegung bereitstellen. Auch der umgekehrte Weg ist möglich, wenn etwa durch die maschinennahe Materialflusssimulation Vorgaben für Prozesszeiten ermittelt werden, welche dann Eingang in die Prozesssimulation finden.

Für eine weitere Steigerung der Effizienz des Einsatzes von Simulationstechnologien wird auch zukünftig der Trend zu einer verstärkten Kopplung bzw. Durchgängigkeit anhalten. So findet sich beispielsweise in [2] ein Konzept zur durchgängigen simulationsgestützten Planung von Fertigungseinrichtungen in der Elektronikproduktion. Ein konkretes Anwendungsbeispiel, wie sich eine multidisziplinäre Simulation zur Auslegung mechatronischer Systeme am Beispiel einer Werkzeugmaschine nutzen lässt, ist in [1] sowie in [4] beschrieben.

4 Literatur

- [1] *Christoph, F. et al.*: CAx-Werkzeuge zur Optimierung eines mechatronischen Leichtbauroboters. Concurrent Engineering in der Mechatronik. In: VDI-Z Integrierte Produktion, Band 145 (2003), Heft 3, S. 35 – 38.
- [2] *Christoph, F.*: Durchgängige simulationsgestützte Planung von Fertigungseinrichtungen der Elektronikproduktion. Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg, 2003.
- [3] *Feldmann, K.; Christoph, F.*: Maschinennahe Simulation – Anwendung in Maschinenentwicklung und –betrieb. In: Panreck, K.; Dörrscheidt, F. (Hrsg.): Frontiers in Simulation. Tagungsband zum 15. Symposium Simulationstechnik. Paderborn 2001.
- [4] *Guserle, R.; Alvarez, C.; Feldmann, K.; Zäh, M. F.*: Multidisziplinäre Simulation und Optimierung mechatronischer Systeme am Beispiel einer Werkzeugmaschine. VDI Wissensforum (Hrsg.): Innovative Produktentwicklung – Mechatronik 2005, Wiesloch. Düsseldorf: VDI Verlag 2005.
- [5] *NN*: VDI-Richtlinie 3633, Blatt 8: Maschinennahe Simulation (Gründruck-Version)
- [6] *NN*: VDI-Richtlinie 3633, Blatt 3: Experimentplanung und -auswertung
- [7] *NN*: VDI-Richtlinie 2671, Blatt 7: Ermittlung der Unsicherheit von Messungen auf Koordinatenmessgeräten durch Simulation
- [8] *NN*: VDI-Richtlinie 3417: Dokumentation der Simulation der Blechumformung – Lastenheft