

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Simulation von Logistik-, Materialfluss-
und Produktionssystemen
Maschinennahe Simulation
Simulation of systems in materials handling,
logistics and production
Machine-oriented simulation

VDI 3633

Blatt 8 / Part 8

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung.	3	Preliminary note	3
Einleitung	3	Introduction	3
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope of application.	4
1.1 Anwendungsfelder.	4	1.1 Application fields.	4
1.2 Abgrenzung Realität – Simulation.	5	1.2 Delineation between reality and simulation.	5
2 Begriffe und Definitionen.	6	2 Terms and definitions	6
3 Nutzungsmöglichkeiten und typische Frage- stellungen	9	3 Possible applications and typical problems	9
3.1 Entwicklung/Konstruktion.	9	3.1 Development/design	9
3.2 Planung von Fertigungszellen	10	3.2 Planning of production cells	10
3.3 Inbetriebnahme	10	3.3 Start-up	10
3.4 Betrieb	11	3.4 Operation	11
3.5 Vertrieb	11	3.5 Sales	11
4 Modellbildung für die maschinennahe Simulation.	11	4 Modelling for machine-oriented simulation	11
4.1 Validierung von Simulationsmodellen	12	4.1 Validation of simulation models	12
4.2 Weiterverwendung von Simulations- modellen	12	4.2 Reuse of simulation models	12
5 Grundsatzentscheidung zum Simulations- einsatz.	13	5 Basic decision for the use of simulation	13
6 3-D-Kinematiksimulation	14	6 3D kinematic simulation.	14
6.1 Komponenten der Simulationssysteme	15	6.1 Components of the simulation systems.	15
6.2 Vorbereitung der Simulation	20	6.2 Preparation of the simulation.	20
6.3 Validierung des Modells und Kalibrierung des Robotersystems	22	6.3 Validation of the model and calibration of the robot system	22
6.4 Durchführung und Auswertung von Simulationsexperimenten	25	6.4 Execution and evaluation of simulation experiments.	25
6.5 Aufwand und Nutzen	26	6.5 Costs and benefits	26
6.6 Beispiel	27	6.6 Example	27

VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik

Fachbereich Modellierung und Simulation
Fachausschuss Maschinennahe Simulation

VDI-Handbuch Materialfluss und Fördertechnik, Band 8: Materialfluss II (Organisation/Steuerung)
VDI-Handbuch Betriebstechnik, Teil 1: Grundlagen und Planung

7 Mehrkörpersimulation	31
7.1 Komponenten der Simulatoren	32
7.2 Vorbereitung der Simulation	32
7.3 Berechnungsmöglichkeiten	37
7.4 Auswertung der Simulations- experimente	39
7.5 Aufwand und Nutzen	39
7.6 Beispiel	40
8 Simulation zum Funktionstest von Steuerungen	44
8.1 Komponenten von Simulatoren	45
8.2 Vorbereitung der Modellierung und Simulation	48
8.3 Durchführung der Simulations- experimente	51
8.4 Auswertung der Simulations- experimente	52
8.5 Aufwand und Nutzen	53
8.6 Beispiel	53
9 Prozesssimulation	59
9.1 Komponenten der Simulatoren	60
9.2 Vorbereitung der Simulation und Modellierung	65
9.3 Durchführung der Simulations- experimente	69
9.4 Auswertung der Simulations- experimente	70
9.5 Verbesserung der Simulations- genauigkeit	71
9.6 Weiterverwendung von Simulationsdaten, Kopplung von Simulationssystemen	72
9.7 Aufwand und Nutzen	72
9.8 Beispiele und Anwendungen	73
10 Maschinennahe Materialflusssimulation	78
10.1 Komponenten der Simulatoren	80
10.2 Weiterverwendung von Simulations- daten, Kopplung von Simulations- systemen	82
10.3 Vorbereitung der Simulation	83
10.4 Durchführung und Auswertung von Simulationsexperimenten	85
10.5 Beispiele	86
Schrifttum	90

7 Multibody simulation	31
7.1 Components of the simulators	32
7.2 Preparation of the simulation	32
7.3 Calculation options	37
7.4 Evaluation of the simulation experiments	39
7.5 Costs and benefits	39
7.6 Example	40
8 Simulation for the function testing of controllers	44
8.1 Components of simulators	45
8.2 Preparation of modelling and simulation	48
8.3 Execution of the simulation experiments	51
8.4 Evaluation of the simulation experiments	52
8.5 Costs and benefits	53
8.6 Example	53
9 Process simulation	59
9.1 Components of the simulators	60
9.2 Preparation of the simulation and modelling	65
9.3 Execution of the simulation experiments	69
9.4 Evaluation of the simulation experiments	70
9.5 Improvement of the simulation accuracy	71
9.6 Further use of simulation data, coupling of simulation systems	72
9.7 Costs and benefits	72
9.8 Examples and applications	73
10 Machine-oriented material flow simulation	78
10.1 Components of the simulators	80
10.2 Reuse of simulation data, linking of simulation systems	82
10.3 Preparation of the simulation	83
10.4 Execution and evaluation of simulation experiments	85
10.5 Examples	86
Bibliography	90

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter sorgfältiger Berücksichtigung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Allen, die ehrenamtlich an der Erstellung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei auf diesem Wege gedankt.

Alle Rechte vorbehalten, auch das des Nachdrucks, der Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, auszugsweise oder vollständig. Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie als konkrete Arbeitsunterlage ist unter Wahrung des Urheberrechtes und unter Beachtung der VDI-Merkblätter 1 bis 7 möglich. Auskünfte dazu, sowie zur Nutzung im Wege der Datenverarbeitung, erteilt die Abteilung VDI-Richtlinien im VDI.

Einleitung

Diese Richtlinie wendet sich an Anwender (Konstrukteure, Entwickler, Planer, Betreiber, Vertriebsmitarbeiter) von Simulationstechniken im maschinennahen Bereich. Im Rahmen dieser Richtlinie wird unter maschinennaher Simulation die Simulation von Fertigungsmaschinen und ihrer Peripherie verstanden. Dies schließt den in der Maschine ablaufenden Fertigungsprozess mit ein. Die Umgebungsbedingungen und der maschinennahe Materialfluss werden berücksichtigt, soweit sie Rückwirkungen auf die Maschine oder den Fertigungsprozess haben.

Soweit nicht anders angegeben, gelten die in VDI 3633 Blatt 1 getroffenen Festlegungen.

Diese Richtlinie beschreibt die Simulationstechnologien, die die Betrachtung der folgenden, beispielhaften Fragestellungen unterstützen:

- Gestaltung des Fertigungsprozesses
- Auslegung/Berechnung der Fertigungsmaschine
- Entwurf und Test von Steuerungen
- Planung von Fertigungszellen
- Bahnplanung/Kollisionsvermeidung
- Automatische Ableitung von Steuerungssoftware

Als Hilfsmittel dienen die im Folgenden näher beschriebenen Simulationstechnologien (siehe Bild 1):

- 3-D-Kinematiksimulation
- Mehrkörpersimulation
- Simulation zum Funktionstest von Steuerungen
- Prozesssimulation
- Maschinennahe Materialflusssimulation

Preliminary note

The content of this guideline has been developed under thorough consideration of the requirements and recommendations of guideline VDI 1000.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

All rights reserved including those of reprinting, reproduction (photocopying, microcopying), storage in data processing systems, and translation, either of the full text or of extracts. This VDI guideline can be used as a concrete project document without infringement of copyright and with regard to VDI Notices 1 to 7. Information on this, as well as on the use in data processing, may be obtained by the VDI Guidelines Department at the VDI.

Introduction

This guideline is aimed at users (designers, developers, planners, operators, sales personnel) of simulation techniques in the machine-oriented sector. Within the framework of this guideline machine-oriented simulation refers to the simulation of production machines and their peripherals. This also includes the production process running in the machine. The environmental conditions and the machine-oriented material flow are taken into consideration insofar as they have any impact on the machine or the production process.

Unless stated otherwise the provisions of VDI 3633, Sheet 1 shall apply.

This guideline describes the simulation technologies which support the observation of the following tasks taken here as an example:

- design of the production process
- design/development of the production machine
- design and testing of controllers
- planning of production cells
- path planning/avoidance of collisions
- automatic derivation of control software

The simulation technologies described in more detail in the following serve as an aid (see Figure 1):

- 3D kinematic simulation
- multibody simulation
- simulation for the function test of controllers
- process simulation
- machine-oriented material flow simulation

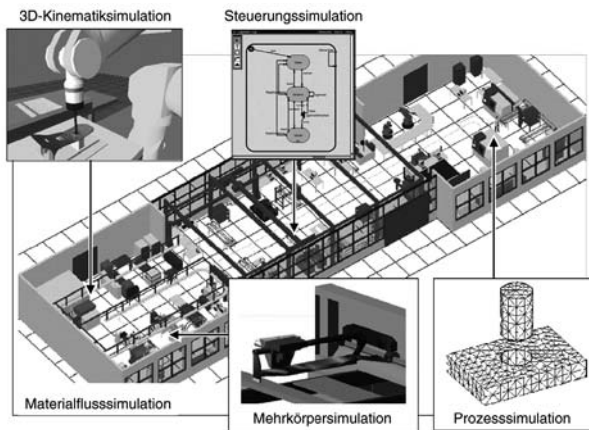


Bild 1. Simulationstechnologien der maschinennahen Simulation (nach [2])

Darüber hinaus ist zu beachten, dass der Datenaustausch und die Durchgängigkeit zwischen einzelnen Simulationsarten an Bedeutung gewinnen.

Andere Simulationsarten, die angrenzend auch im maschinennahen Bereich eingesetzt werden, werden in dieser Richtlinie nicht behandelt, da sie eigenständige Gebiete darstellen:

- Simulation in der Elektrotechnik
- Simulation in der Materialforschung
- Mensch-/Ergonomiesimulation

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie bietet einen Überblick über die Anwendungsbereiche und den Nutzen von Simulationstechniken, die im Lebenszyklus einer Maschine eingesetzt werden können. Der Benutzer erhält Hinweise zur einfachen Auswahl geeigneter Simulationsansätze für seine Problemstellung. Die Richtlinie zeigt Anforderungen für den Simulationseinsatz auf, beschreibt die Anwendung und gibt Anleitungen für den erfolgreichen Einsatz. Das Verständnis der Simulationsanwender für angrenzende Bereiche und auftretende Wechselwirkungen soll vertieft werden. Von besonderem Interesse ist die Kombination unterschiedlicher Simulationsansätze. Hier werden Möglichkeiten zu Integration und Durchgängigkeit aufgezeigt.

1.1 Anwendungsfelder

Die Möglichkeiten der Anwendung maschinennaher Simulation erstrecken sich von der Maschinenentwicklung über die Zellenplanung und die Inbetriebnahme bis zum produktiven Betrieb und schließen auch den Vertrieb ein (siehe Bild 2).

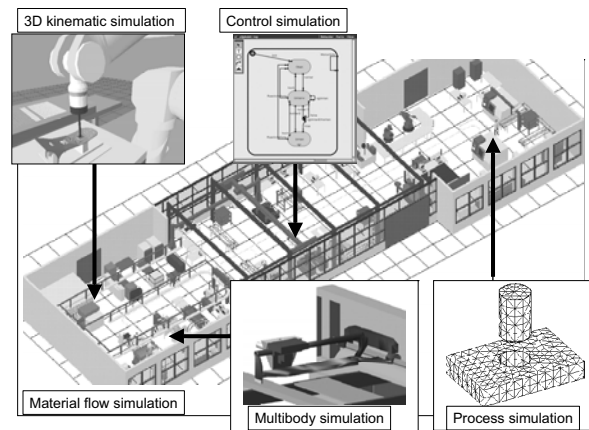


Figure 1. Simulation technologies in machine-oriented simulation (in accordance with [2])

In addition to this, it must also be taken into consideration that data exchange and the continuity between individual types of simulation are gaining increasing significance.

Other types of simulation which have marginal applications in the machine-oriented sector are not dealt with in this guideline as they represent separate, independent areas:

- simulation in electrotechnical engineering
- simulation in materials research
- human/ergonomic simulation

1 Scope of application

The guideline provides an overview of the application areas and the benefits of simulation techniques which can be applied in the life cycle of a machine. The user receives instructions for easy selection of suitable simulation approaches for his particular task. The guideline deals with the requirements for the use of simulation, describes its application and provides instructions for successful application. It also gives simulation users a better understanding of ancillary areas and the various interactions which can occur. Of particular interest is the combination of different simulation approaches. Options for integration and continuity are also outlined here.

1.1 Application fields

The options for the use of machine-oriented simulation range from machine development to cell planning and start-up, right up to productive operation and sales (see Figure 2).