

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Modellierung und Simulation
Modellbildungsprozess
Modelling and simulation
Building the model

VDI 4465

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
1 Anwendungsbereich	2	1 Scope	2
2 Begriffe	3	2 Terms and definitions	3
3 Modellbildung	5	3 Modelling	5
3.1 Teamzusammensetzung	6	3.1 Team composition	6
3.2 Struktur des Modellbildungsprozesses.....	8	3.2 Structure of the modelling process	8
3.3 Aufgaben- und Zielformulierung	9	3.3 Definition of tasks and objectives.....	9
3.4 Systemanalyse und Konkretisierung der Ziele	11	3.4 System analysis and substantiation of objectives.....	11
3.5 Formale Modellbeschreibung und -implementierung	18	3.5 Formal model description and implementation	18
3.6 Verifikation und Validierung sowie Dokumentation und Kommunikation.....	23	3.6 Verification and validation as well as documentation and communication	23
4 Beschreibungsmittel zur Modellerstellung	26	4 Description methods used when creating models	26
4.1 Nutzung von Beschreibungsmitteln im Verlauf der Modellbildung.....	29	4.1 Use of description methods in modeling.....	29
4.2 Formale Basis und Zuordnung zu Darstellungs- und Analysemethoden	30	4.2 Formal basis and assignment to representation and analysis methods.....	30
4.3 Anwendungsbezogene Einordnungskriterien.....	36	4.3 Application-oriented classification criteria.....	36
4.4 Beschreibungsmittelbezogene Einordnungskriterien.....	40	4.4 Classification criteria related to the description methods.....	40
4.5 Ausgewählte Beschreibungsmittel	45	4.5 Selected description methods.....	45
Anhang Leitfragen zur Bestimmung der relevanten Systemaspekte.....	69	Annex Key questions on determination of relevant system aspects	77
Schrifttum	85	Bibliography	85

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Fabrikplanung und -betrieb

VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Band 2: Modellierung und Simulation

Vorbemerkung

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

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Weitere aktuelle Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4465.

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie beschreibt eine systematische Vorgehensweise, die von einer logistischen Aufgabenstellung zu einem aussagefähigen Modell führt. Dieses Vorgehen wird „Modellbildungsprozess“ genannt. Die Richtlinie dient als Rahmenwerk für die Modellbildung von logistischen Systemen mit den zugehörigen Prozessen und Informationsflüssen.

Der in dieser Richtlinie beschriebene Modellbildungsprozess und die damit verbundenen Methoden sind in erster Linie auf simulationsgestützte und analytische Untersuchungen ausgerichtet. Behandelt werden ereignisdiskrete Modelle; bei ihnen führen Ereignisse zu diskreten Zustandsänderungen. Die Modelle können sowohl stochastisch als auch deterministisch sein.

Die Richtlinie wendet sich an Fachleute, die in der Praxis Logistik-, Materialfluss- oder Produktionssysteme (im Folgenden kurz: LMP-Systeme) betreiben oder planen sowie an Simulationsexperten. Sie soll Fachleute unterstützen, die das reale oder geplante System und seine Prozesse in einem Modell abbilden möchten, um damit Analysen durchzuführen.

Diese Richtlinie dient der oben genannten Zielgruppe als richtungsweisende Arbeitsunterlage und Entscheidungshilfe, indem

- Anhaltspunkte zur Vorgehensweise bei der Modellbildung gegeben werden,
- besondere Fragestellungen bei der Modellbildung, z. B. die Wahl eines geeigneten Detaillierungsgrads, behandelt werden sowie
- Beurteilungs- und Bewertungskriterien zur Auswahl von geeigneten Beschreibungsmitteln aufgestellt werden.

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

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

Further current information is available on the Internet at www.vdi.de/4465.

1 Scope

This standard describes a systematic approach for creating an informative model of a logistics system – referred to as a “modelling process”. The standard provides a framework for modelling logistics systems, including corresponding processes and information flows.

The modelling process and related methods described in this standard focus primarily on simulation-assisted and analytical examinations. The standard deals with discrete event models, i.e. models in which events result in discrete changes to the state of a system. The models can be either stochastic or deterministic.

The standard addresses experts who operate or plan logistics, material flow, and production systems (referred to as LMP systems) in practice, as well as simulation experts. Its purpose is to support experts wishing to describe an existing or a planned system and its processes in the form of a model for purposes of a subsequent analysis.

The standard is intended as a working document giving guidance to the above target groups and assisting their decision-making processes by

- providing points of reference for the modelling procedure,
- addressing special issues of modelling, e.g. selection of a suitable level of detail, and
- defining evaluation and assessment criteria for selecting suitable description methods.

Der Modellbildungsprozess wird durch Anwendungsbeispiele veranschaulicht.

Einordnung der Modellbildungsprozesse

Modelle eines LMP-Systems werden in verschiedenen Phasen im Lebenszyklus des Systems benötigt. Vorzugsweise finden sie bei der Entwicklung sowie bei der Neu- oder Umplanung eines Systems, der Realisierung sowie beim Betreiben des Systems Verwendung.

In all diesen Lebenszyklusphasen finden Planungsprozesse statt, die selbst wiederum in Phasen verlaufen. In jeder dieser Planungsphasen werden ein oder mehrere geeignete Modelle benötigt. Die in dieser Richtlinie behandelten Modelle sind für reale oder gedachte LMP-Systeme gebräuchliche Modelle, die nach ihrem Einsatzzweck wie folgt eingeteilt werden:

- Beschreibungsmodelle
- Erklärungs- oder Kausalmodelle
- Prognosemodelle, u. a.:
 - Simulationsmodelle
 - bedientheoretische Modelle
 - Entscheidungs- oder Optimierungsmodelle

Hier wird eine Vorgehensweise zur Modellbildung beschrieben, die von einem Ziel oder einer Aufgabenstellung über ein oder mehrere geeignete Beschreibungsmittel zu einem Modell führt, mit dem Leistungskennwerte analytisch oder simulativ ermittelt werden können (Bild 1). Hierbei sind möglicherweise mehrere Iterationen notwendig.

Abhängig von der Lebenszyklusphase des Systems und der jeweiligen Planungsphase gibt es typische Einsatzzwecke der Modelle, die damit zu spezifischen Fragestellungen im Modellbildungsprozess führen können. Diese Fragestellungen stehen im Fokus dieser Richtlinie.

Examples of typical applications are provided to illustrate the modelling process.

Classification of modelling processes

Models of an LMP system are required in various phases of a system life cycle. They are mainly used in the context of developing and planning a new system or re-planning an existing system as well as of implementation or operation of a system.

In all phases of the life cycle, planning processes which themselves in turn also involve several phases, are carried out. One or several suitable models are required in each of these planning phases. This standard deals with models which are commonly used for existing or virtual LMP systems and are classified according to their purpose as follows:

- descriptive models
- explanatory or causal models
- forecast models, including:
 - simulation models
 - queueing theory models
 - decision-making or optimisation models

The standard describes a modelling procedure which starts with a goal or problem and results in a model enabling analytic or simulation-based determination of performance parameters by selecting one or several suitable description methods (Figure 1). This possibly requires several iterations.

Depending on the system life-cycle phase and the corresponding planning phase, there are typical applications for which certain models are used. This can lead to specific issues arising in the modelling process. This standard focusses on these issues.