

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Einsatz der Emulation bei der Realisierung
automatisierter Logistiksysteme

Use of emulation in the realization of
automated logistics systems

VDI 4497

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
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweise	4
3 Begriffe	4
4 Abkürzungen	7
5 Emulation	7
5.1 Definitionen und Abgrenzungen	7
5.2 Digitaler Zwilling	8
5.3 Animation und Visualisierung	9
5.4 Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR)	10
5.5 Struktur der Emulation	11
6 Einsatzgebiete der Emulation	12
6.1 Gründe zum Einsatz der Emulation	12
6.2 Abgrenzung von „klassischen“ Softwaretests	14
6.3 Emulation bei bestehenden Anlagen	14
6.4 Komponenten (Bestandteile) einer Emulation	14
6.5 Akzeptanz der Emulation und Erwartungen	15
6.6 Einsatzfelder und Potenziale	16
6.7 Perspektive aus Betreiber- und Anwendersicht	17
6.8 Perspektive aus Sicht des Herstellers oder des Generalunternehmers (GU)	18
6.9 Einsatzkonstellationen für Emulation	19
7 Aufbau eines virtuellen Testmodells	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Aufgabenstellung und Ziele	20
7.3 Einbindung der Emulation in den gesamten Softwaretest	21
7.4 Komponenten für die Emulation	26
7.5 Dokumentation	31

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	3
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Abbreviations	7
5 Emulation	7
5.1 Definitions and delimitations	7
5.2 Digital twin	8
5.3 Animation and visualization	9
5.4 Virtual reality (VR) and augmented reality (AR)	10
5.5 Structure of the emulation	11
6 Fields of application of the emulation	12
6.1 Reasons for using emulation	12
6.2 Differentiation from “classic” software tests	14
6.3 Emulation for existing systems	14
6.4 Components (parts) of an emulation	14
6.5 Acceptance of emulation and expectations	15
6.6 Fields of application and potentials	16
6.7 Perspective from the operator’s and user’s point of view	17
6.8 Perspective from the manufacturer’s or general contractor’s (GU) point of view	18
6.9 Application constellations for emulation	19
7 Setup of a virtual test model	20
7.1 General	20
7.2 Tasks and objectives	20
7.3 Integration of the emulation into the entire software test	21
7.4 Components for emulation	26
7.5 Documentation	31

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Technische Logistik

VDI-Handbuch Technische Logistik, Band 7: Materialfluss I (Gestaltung)
VDI-Handbuch Technische Logistik, Band 8: Materialfluss II (Organisation/Steuerung)
VDI-Handbuch Fabrikplanung und -betrieb, Band 2: Modellierung und Simulation

Inhalt	Seite
8 Detaillierte Vorgehensweise für eine Emulation	32
8.1 Stand zum Vertragsabschluss.....	33
8.2 Definition des Testumfangs	34
8.3 Testablauf/Testdurchführung	38
8.4 Bewertung und Übertragung/ Rückmeldung der Erkenntnisse	39
9 Fallbeispiele	40
9.1 Fallbeispiel – Depalettierung artikelreine Vollpalette durch Robotik	40
9.2 Fallbeispiel – Durchführung Softwaretest vor einer Inbetriebnahme	41
9.3 Fallbeispiel – MFS-Emulation – Versorgung der Kommissionierung aus einem automatischen Kleinteilelager	42
9.4 Fallbeispiel – Steuerung eines Fördertechnik-Loops.....	44
Schrifttum	46

Contents	Page
8 Detailed procedure for an emulation	32
8.1 Status at conclusion of contract	33
8.2 Definition of the test scopes.....	34
8.3 Test procedure/test execution	38
8.4 Evaluation and transfer/feedback of the findings	39
9 Case studies	40
9.1 Case study – Depalletizing full pallets with only one article by robotics.....	40
9.2 Case study – Carrying out software tests before commissioning.....	41
9.3 Case study – MFS emulation – Supplying picking from an automated small parts warehouse.....	42
9.4 Case study – Controlling a conveyor loop	44
Bibliography	46

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/4497.

Einleitung

Emulation bezeichnet das Nachbilden eines Systems, das mit gleichen Daten und gleichen Programmen arbeitet und so vergleichbare Ergebnisse zum realen System erzielt. Im Sinne dieser Richtlinie werden dazu Anlagen oder Komponenten der Intralogistik durch ein Modell ersetzt. Die reale Steuerung (z.B. speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), Materialfluss- oder Lagerverwaltungssystem) wird an das Modell angeschlossen. Ziel der Emulation ist es, die Software der *Steuerungssysteme* zu testen und zu bewerten sowie Funktionalitäten zu validieren. Diese Technologie bezeichnet man auch als den „digitalen Zwilling“.

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie bietet Lieferanten, Planern, Beratern und Betreibern eine Unterstützung beim Einsatz der Emulation bei Intralogistiksystemen.

Typische Anwendungsfälle sind die Errichtung neuer Anlagen, Erweiterungen, Umbauten, Modernisierungen, Releasewechsel der Software, Weiterentwicklung der Software, Betrieb von Test- und Entwicklungsumgebung der Anlage, Austausch der Steuerung, Schulung von Personal für die Anlage usw.

Die Technik bietet auch als ständige Testumgebung eine schnellere Abwicklung und ermöglicht vor allem eine sichere Inbetriebnahme bzw. Umstellung (bezogen auf Risiko, Zeit und Kosten).

Im Kernbereich bezieht sich die Richtlinie auf die Emulation von Lager-, Transport- und Fördersystemen. Sie beschränkt sich im Bereich der Transport- und Lagertechnik auf Stückgut. Nicht zur Transporttechnik zählt hierbei der Transport von Flüssigkeiten und Gasen, der in Rohrleitungen

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/4497.

Introduction

Emulation refers to the reproduction of a system that works with the same data and the same programs and thus achieves comparable results to the real system. For the purposes of this standard, intralogistics systems or components are replaced by a model. The real control system (e.g., programmable logic controller (PLC), material flow or warehouse management system) is connected to the model. The aim of emulation is to test and evaluate the software of the *control systems* and to validate functionalities. This technology is also referred to as the “digital twin”.

1 Scope

The standard provides support for suppliers, planners, consultants, and operators in the use of emulation in intralogistics systems.

Typical use cases are the construction of new plants, extensions, conversions, modernizations, release changes of the software, further development of the software, operation of the test and development environment of the plant, replacement of the control system, training of personnel for the plant, etc.

The technology also offers faster processing as a permanent test environment and, above all, enables safe commissioning or changeover (in terms of risk, time, and costs).

In the core area, the standard refers to the emulation of storage, transport and conveyor systems. In the area of transport and storage technology, it is limited to general cargo. Transport technology does not include the transport of liquids and gases, which is carried out in pipelines and belongs to the

durchgeführt wird und zum Gebiet der Verfahrenstechnik zählt. Ebenso unberücksichtigt ist Schüttgut in loser Form, solange es nicht in festen umschlossenen Behältnissen (z.B. Bigbags) transportiert werden kann.

In dieser Richtlinie werden voll- oder teilautomatisierte Logistiksysteme der Paletten-, Schwerlast- und Behälterfördertechnik (inklusive FTS, vgl. VDI 2710 Blatt 3) sowie die automatisierte Stückgutlagerung von in Gebäudelagern betrachtet.

Nicht automatisierte Funktionsbereiche, wie Flurförderzeuge oder Handarbeitsplätze, können in der Emulation mit betrachtet werden, sofern sie für die Bewertung des Testergebnisses erforderlich sind.

Die Richtlinie beschreibt die Anwendung der Emulation im Bereich der Intralogistik und betrachtet keine grundlegenden Fragestellungen zur Emulation und zur Simulation.

field of process engineering. Bulk goods in loose form are also not included, as long as they cannot be transported in solid, enclosed containers (e.g. big bags or similar).

In this standard, fully or partially automated logistics systems of pallet, heavy load, and container conveyor technology (including AGVs, cf. VDI 2710 Part 3) as well as the automated general cargo storage in building warehouses are considered.

Non-automated functional areas, such as industrial trucks or manual workstations, can also be considered in the emulation if they are required for the evaluation of the test result.

The standard describes the application of emulation in the field of intralogistics and does not consider fundamental issues of emulation and simulation.