

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREReverse Engineering von Geometriedaten
Reverse engineering of geometrical data

VDI 5620

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
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Begriffe	5	2 Terms and definitions	5
3 3-D-Datenerfassung	8	3 3D data capture	8
3.1 Anforderungsanalyse	9	3.1 Requirements analysis	9
3.2 Verfahren für die 3-D-Datenerfassung	12	3.2 Methods for 3D data capture	12
3.3 Einsatzbereiche der vorgestellten Digitalisierungsverfahren	18	3.3 Fields of application of the digitization methods presented	18
3.4 Automatisierungsmöglichkeiten und zukünftige Entwicklungen	20	3.4 Automation options and future developments	20
4 Postprocessing	22	4 Postprocessing	22
4.1 Datenaufbereitung	22	4.1 Data preparation	22
4.2 Flächenrückführung	25	4.2 Reverse engineering of surfaces	25
4.3 Datenformate	28	4.3 Data formats	28
5 Datenfusion und Registrierung	30	5 Data fusion and registration	30
5.1 Durchführung der Datenfusion	30	5.1 Performing data fusion	30
5.2 Datenregistrierung	31	5.2 Data registration	31
6 Datenmanagement	34	6 Data management	34
6.1 Verwaltung generierter Daten	34	6.1 Administration of generated data	34
6.2 Auswirkung von Reverse Engineering auf Produkt- und Konfigurationsdaten	35	6.2 Effects of reverse engineering on product and configuration data	35
6.3 Gestaltung von Reverse Engineering Workflows und Kollaboration	37	6.3 Designing of reverse engineering workflows and collaboration	37
7 Anwendungsfelder	37	7 Fields of application	37
7.1 Inspektion und Qualitätssicherung	37	7.1 Inspection and quality assurance	37
7.2 Fertigung	38	7.2 Manufacture	38
7.3 Aufarbeitung	39	7.3 Reconditioning	39
7.4 Engineering	39	7.4 Engineering	39
7.5 Fabrik- und Produktionsplanung	40	7.5 Factory and production planning	40
8 Rechtslage	40	8 Legal situation	40
Anhang Anwendungsbeispiele	41	Annex Example applications	41
A1 Datenfusion	41	A1 Data fusion	41
A2 Inspektion und Qualitätssicherung	45	A2 Inspection and quality assurance	45
A3 Aufarbeitung	49	A3 Reconditioning	49
A4 Engineering	53	A4 Engineering	53
Schrifttum	60	Bibliography	60

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Informationstechnik

VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion
VDI/VDE-Handbuch Automatisierungstechnik
VDI-Handbuch Informationstechnik, Band 1: Angewandte Informationstechnik

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.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/5620.

Einleitung

Mit „Reverse Engineering von Geometriedaten“ wird in dieser Richtlinie allgemein der Prozess zur dreidimensionalen digitalen Rekonstruktion der Istgeometrie von physisch existierenden Bauteilen und Anlagen für industrielle Anwendungen bezeichnet. Dabei werden die 3-D-Daten je nach Anwendungsfall so weit wie nötig aufbereitet, sodass sie den jeweiligen Anwendungsfeldern genügen (siehe Abschnitt 8). Diese Geometriedaten stehen in Bezug zu einer Referenzgeometrie (Sollgeometrie) und werden in Form eines Benchmarkings hinsichtlich der geometrischen Abweichungen beurteilt. Die Daten werden entweder mit optischen (z.B. Laserlicht), durchdringenden (z.B. Röntgenstrahlen) oder taktilen Verfahren erhoben (siehe Abschnitt 4). Eine detaillierte Erläuterung der einzelnen Teilprozesse erfolgt in Abschnitt 5.

Diese Richtlinie gibt Hilfestellung für die 3-D-Datenerfassung und -verarbeitung sowie für die richtige Technologieauswahl unter Berücksichtigung unternehmensinterner IT-Strukturen zum Datenmanagement.

Dreidimensionale Geometriedaten von Produkten und Anlagen werden im Produktlebenszyklus in allen Phasen benötigt. Sie dienen im Wesentlichen als Grundlage für Produktauslegung, Produktion, Qualitätssicherung und Produktüberarbeitung. In diesem Zusammenhang stellen dreidimensionale Geometriedaten die Grundlage für automatisierte Prozessabläufe durch eine rechnergestützte Verarbeitung dar. In der Entwicklungsphase werden diese mit Computer-Aided-Design-Systemen (CAD-Systemen) erstellt und Produktparameter anhand von Berechnungen und Simulationen ausgelegt. Die

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.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/5620.

Introduction

In this standard, “reverse engineering of geometrical data” generally describes the process used for the three-dimensional digital reconstruction of the actual geometry of physically existing components and systems for industrial applications. Depending on the case of application in hand, the 3D data are prepared as far as necessary to make them adequate for the various fields of application in each case (see Section 8). These geometrical data are put in relation to a reference geometry (target geometry) and assessed in the form of benchmarking with regard to the geometrical deviations. The data are collected using either optical (for example laser light), penetrative (for example X-rays) or tactile methods (see Section 4). A detailed description of the individual subprocesses is given in Section 5.

This standard gives an aid for 3D data capture and processing, as well as for the selection of the correct technology while taking internal company IT structures for data management into account.

Three-dimensional geometrical data of products and systems are required in all phases of the product lifecycle. They mainly serve as a basis for product design, production, quality assurance and product revision. In this connection, three-dimensional geometrical data are the foundation for automated process flows using computer-assisted processing. In the development phase, these are prepared using Computer Aided Design (CAD) systems, and product parameters are designed with the help of calculations and simulations. However, the physically prepared prototypes

physisch erstellten Prototypen zur Produktvalidierung sowie die marktfertigen Produkte entsprechen jedoch nicht mehr exakt dem digitalen Ausgangsmodell, was beispielsweise an Fertigungstoleranzen oder Nutzungserscheinungen (z.B. Verschleiß) liegt. Um diese meist geringen Abweichungen zu erfassen und zu visualisieren bieten sich 3-D-Messverfahren an. Die digital erfasste Istgeometrie wird dabei über einen Soll-Ist-Vergleich mit dem CAD-Modell überlagert, um die Abweichungen in einem Falschfarbenbild darzustellen. Damit geht die Anwendung über das reine Messen hinaus.

Neben der Nutzung für Inspektionszwecke werden dreidimensionale Produktmodelle zur konstruktiven Überarbeitung benötigt, z.B. von physisch gefertigten Prototypen oder langlebigen Produkten, die einer Modernisierung unterzogen werden sollen. Digitale Daten sind jedoch insbesondere in der Nutzungsphase häufig nicht oder nicht mehr vorhanden oder stehen nicht zur Verfügung. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn nicht der Originalhersteller die Instandhaltung übernimmt, sondern ein Kunde oder ein Dienstleistungsunternehmen. Dies führt in der Praxis zu aufwendigen Digitalisierungsprozessen, die hohe Kosten verursachen und sich aufgrund der individuellen Problemstellungen nur schwer automatisieren lassen. Wegen häufig stark unterschiedlicher Zielsetzungen in der Anwendung von Reverse Engineering (RE) variiert der Aufarbeitungsaufwand der Daten individuell bezüglich Komplexität und Zeitinvestition. Bild 1 fasst die wesentlichen Themenfelder des RE zusammen.

1 Anwendungsbereich

Das Reverse Engineering findet sich zunehmend in allen Phasen des Produktlebenszyklus wieder, was die Vielfalt der Anwendungsfälle und deren Komplexität erhöht. Die Beschreibung potenzieller Anwendungsszenarien und die Auswahl einer Technologie zur 3-D-Datenerfassung und -aufarbeitung, die den jeweiligen Anwendungsfällen gerecht wird, stehen im Zentrum dieser Richtlinie. In diesem Zusammenhang werden wichtige Begriffe erläutert. Der Stand der Technik, die nötige Qualifikation des Nutzers sowie die Prozesse der 3-D-Datenerfassung und der Generierung digitaler Produktmodelle werden mit Bezug auf die Anwendungsfälle beschrieben. Insbesondere wird auf technologische Charakteristika, die Anwender bei der Systemwahl berücksichtigen sollten, eingegangen, wie:

- Genauigkeit,
- Geschwindigkeit und Automatisierungsmöglichkeiten,

for product validation and the ready-for-market products no longer correspond exactly with the initial digital model, for example due to manufacturing tolerances or usage phenomena (for example wear). 3D measuring techniques are used in order to acquire and visualize these usually low deviations. The digitally captured actual geometry is overlaid with the CAD model using a target/actual comparison in order to display the deviations in a pseudo-colour image. The application thus goes beyond the confines of measurement itself.

In addition to use for inspection purposes, three-dimensional product models are required for design revision, for example of physically manufactured prototypes or long-lived products which are to undergo modernization. However, in the usage phase in particular, digital data are often not (or no longer) present or are not available. This is the case, for example, when the party carrying out maintenance is not the original equipment manufacturer but a customer or a service provider. In practice, this leads to complex digitization processes which cause high costs and are difficult to automate as a result of the individual problems to be addressed. Due to the often extremely differing aims in the application of reverse engineering (RE), the effort required for processing the data varies individually in terms of complexity and time invested. Figure 1 sums up the main fields of RE.

1 Scope

Reverse engineering is increasingly to be found in all phases of the product lifecycle, thus increasing the variety of cases of application and their complexity. This standard focuses on the description of potential application scenarios and the selection of a 3D data capture and processing technology suitable for each case of application. Important terms are explained in this connection. The state of the art, the necessary qualification of the user and the processes of 3D data capture as well as the generation of digital product models are described with reference to the cases of application. Particular attention is paid to technological characteristics which users should take into account when selecting a system, such as:

- accuracy,
- speed and automation options,

- Flexibilität und Mobilität,
- Softwareschnittstellen oder
- vertragliche Rahmenbedingungen und Service.

Zudem werden Schnittstellen zum Datenmanagement, richtungsweisende Prozessabläufe im Produktlebenszyklus sowie Reverse Engineering Strategien behandelt. In diesem Zusammenhang werden Automatisierungsmöglichkeiten zur Effizienzsteigerung dargestellt. Um den Rahmen dieser Richtlinie nicht zu weit zu fassen, wird lediglich die Erzeugung von Geometriedaten im Maschinen- und Anlagenbau adressiert und nicht das Reverse Engineering von Elektronikkomponenten oder von Software.

In dieser Richtlinie werden weder Vorgehensweisen zur Ermittlung der Funktions- und Fertigungsprinzipien von Produkten aufgezeigt, noch werden Hilfestellungen zur exakten Nachbildung der in der ursprünglichen Produktentwicklungsphase modellierten CAD-Daten gegeben.

- flexibility and mobility,
- software interfaces, or
- basic contractual conditions and service.

In addition, interfaces for data management, trailblazing process flows in the product lifecycle as well as reverses engineering strategies are dealt with. Automation options for increasing efficiency are displayed in this connection. In order not to give this standard an excessively wide area of application, only the generation of geometrical data in mechanical and plant engineering is addressed and not the reverse engineering of electronic components or software.

This standard neither indicates procedures for determining the functional and manufacturing principles of products nor provides aids for the exact simulation of the CAD data modelled in the original product development phase.