

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

**3-D-Produktmodellierung**  
Technische und organisatorische Voraussetzungen  
Verfahren, Werkzeuge und Anwendungen  
Wirtschaftlicher Einsatz in der Praxis

**VDI 2209**

**3D product modelling**  
Technical and organizational requirements  
Procedures, tools, and applications  
Cost-effective practical use

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.*

<b>Inhalt</b>	Seite	<b>Contents</b>	Page
Vorbemerkung . . . . .	4	Preliminary note . . . . .	4
Einleitung . . . . .	4	Introduction . . . . .	4
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>5</b>
1.1 Modellieren im Entwicklungsprozess. . . . .	8	1.1 Modelling in the development process . . . . .	8
1.2 Zusammenhang der Modellier- möglichkeiten . . . . .	13	1.2 Connections between modelling possibilities . . . . .	13
1.3 Aufbau der vorliegenden Richtlinie. . . . .	15	1.3 Structure of the present guideline . . . . .	15
1.4 Zusammenhang mit anderen VDI-Richtlinien . . . . .	16	1.4 Relation to other VDI guidelines . . . . .	16
<b>2 Voraussetzungen . . . . .</b>	<b>17</b>	<b>2 Requirements . . . . .</b>	<b>17</b>
2.1 Organisatorisches Umfeld. . . . .	17	2.1 Organizational environment . . . . .	17
2.1.1 Aufbauorganisation . . . . .	17	2.1.1 Organizational structure . . . . .	17
2.1.2 Ablauforganisation . . . . .	18	2.1.2 Operational organization. . . . .	18
2.2 Informationstechnisches Umfeld . . . . .	19	2.2 Information technology environment. . . . .	19
2.2.1 Hardware . . . . .	19	2.2.1 Hardware. . . . .	19
2.2.2 Software . . . . .	20	2.2.2 Software . . . . .	20
2.3 Qualifizierung . . . . .	22	2.3 Qualifications . . . . .	22
<b>3 Übersicht über die 3-D-Produktmodellierung</b>	<b>22</b>	<b>3 Overview of 3D product modelling . . . . .</b>	<b>22</b>
3.1 Modellarten . . . . .	23	3.1 Types of model . . . . .	23
3.2 Direkte Modellierung mit Geometrieelementen . . . . .	26	3.2 Direct modelling with geometric elements . . . . .	26
3.3 Parametrische Modellierung (Parametrik)	27	3.3 Parametric modelling (parametrics) . . . . .	27
3.4 Featurebasierte Modellierung . . . . .	29	3.4 Feature-based modelling . . . . .	29
3.5 Chronologie und Erzeugnisstruktur in der Modellierung . . . . .	31	3.5 Chronology and product structure in modelling . . . . .	31
3.6 Standardteile aus Katalogen . . . . .	33	3.6 Standard parts from catalogues . . . . .	33
3.7 Simultaneous Engineering und Concurrent Engineering. . . . .	33	3.7 Simultaneous engineering and concurrent engineering . . . . .	33
3.8 Aspekte der Wissensverarbeitung . . . . .	35	3.8 Aspects of knowledge processing . . . . .	35

VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb

**VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion**

	Seite		Page
<b>4 Modellierungsverfahren und -werkzeuge</b>	37	<b>4 Modelling procedures and tools</b>	37
4.1 Direkte Modellierung	38	4.1 Direct modelling	38
4.2 Parametrische Modellierung	38	4.2 Parametric modelling	38
4.2.1 Parameterarten	39	4.2.1 Types of parameter	39
4.2.2 Beziehungsarten	41	4.2.2 Types of relation	41
4.2.3 Arbeitstechniken	41	4.2.3 Working techniques	41
4.2.4 Wissensbasierte Parametrik	43	4.2.4 Knowledge-based parametrics	43
4.3 Featurebasierte Modellierung	44	4.3 Feature-based modelling	44
4.3.1 Modellieren mit Formfeatures	46	4.3.1 Modelling with form features	46
4.3.2 Anwendungsspezifische Features (user-defined features)	47	4.3.2 User-defined features	47
4.3.3 Features mit nicht geometrischen Eigenschaften	49	4.3.3 Features with non-geometric properties	49
4.3.4 Erweiterte Konzepte	52	4.3.4 Extended concepts	52
4.4 Chronologiebasierte Modellierung	53	4.4 Chronology-based modelling	53
4.5 Standardteile aus Katalogen	56	4.5 Standard parts from catalogues	56
<b>5 Integration der 3-D-Produktmodellierung in den Konstruktionsprozess</b>	59	<b>5 Integration of 3D product modelling into the design process</b>	59
5.1 Grundlegende Modellierungsstrategien	59	5.1 Basic modelling strategies	59
5.2 Vorbereitende Arbeiten (Planung der 3-D-Produktmodellierung)	61	5.2 Preparatory work (planning the 3D product modelling)	61
5.3 Bauräume und Beziehungen	63	5.3 Installation spaces and relations	63
5.3.1 Funktion von Bauräumen	63	5.3.1 Function of installation spaces	63
5.3.2 Beziehungen und Referenzen	65	5.3.2 Relations and references	65
5.4 Erzeugnisorientierte Modellierung (top-down)	65	5.4 Product-oriented modelling (top-down)	65
5.5 Einzelteilorientierte Modellierung (bottom-up)	67	5.5 Individual-part-oriented modelling (bottom-up)	67
5.5.1 Allgemeine Vorgehensweisen bei der Einzelteilmodellierung	68	5.5.1 General procedures in individual-part modelling	68
5.5.2 Komplexe Einzelteile	71	5.5.2 Complex individual parts	71
5.6 Erzeugnisorientierte gegenüber bauteil- orientierter Modellierung (top-down vs. bottom-up)	74	5.6 Product-oriented vs. component-oriented modelling (top-down vs. bottom-up)	74
5.7 Modellierungstechniken	83	5.7 Modelling techniques	83
5.7.1 Modellierungsformen bezüglich Konstruktionsarten	84	5.7.1 Modelling forms as relating to design types	84
5.7.2 Erstellen und Aufbereiten des 3-D-Produktmodells für ein einzelnes Bauteil	85	5.7.2 Creating and preparing the 3D product model for an individual component	85
5.7.3 Eingliedern des Bauteils in die Erzeugnisstruktur	86	5.7.3 Incorporating the component into the product structure	86
5.7.4 Parametrische Modellierung	89	5.7.4 Parametric modelling	89
5.7.5 Featurebasierte Modellierung	90	5.7.5 Feature-based modelling	90
5.8 Modellierung von außen nach innen	97	5.8 Modelling from the outside in	97
5.9 Modellierung von innen nach außen	98	5.9 Modelling from the inside out	98
<b>6 Modellverwendung</b>	99	<b>6 Making use of models</b>	99
6.1 Voraussetzungen	99	6.1 Requirements	99
6.2 Toleranzsimulation	101	6.2 Tolerance simulation	101
6.3 Ableiten von Fertigungsunterlagen	102	6.3 Derivation of production documents	102
6.4 Animation und Visualisierung	106	6.4 Animation and visualization	106
6.5 Berechnung und Simulation	106	6.5 Calculation and simulation	106
6.5.1 Analytische Berechnungen	108	6.5.1 Analytic calculations	108

	Seite		Page
6.5.2 FEM-Berechnungen . . . . .	108	6.5.2 FEM calculations . . . . .	108
6.5.3 Kinematik und Kinetik. . . . .	112	6.5.3 Kinematics and kinetics . . . . .	112
6.5.4 Digital Mock-Up (DMU) . . . . .	114	6.5.4 Digital mock-up (DMU). . . . .	114
6.6 Prototyping . . . . .	115	6.6 Prototyping . . . . .	115
6.6.1 Rapid Prototyping . . . . .	115	6.6.1 Rapid prototyping . . . . .	115
6.6.2 Rapid Tooling . . . . .	116	6.6.2 Rapid tooling . . . . .	116
6.7 Virtuelle Realität . . . . .	116	6.7 Virtual reality. . . . .	116
6.8 Datenaustausch . . . . .	119	6.8 Data exchange . . . . .	119
<b>7 Dokumentation . . . . .</b>	<b>121</b>	<b>7 Documentation. . . . .</b>	<b>121</b>
7.1 Produkt-/Modelldokumentation . . . . .	121	7.1 Product/model documentation . . . . .	121
7.2 Dokumentation des Modellierungsprozesses . . . . .	122	7.2 Documentation of the modelling process . . . . .	122
7.3 Datenverwaltung . . . . .	123	7.3 Data management . . . . .	123
<b>8 Nutzenbetrachtung. . . . .</b>	<b>126</b>	<b>8 Consideration of benefits . . . . .</b>	<b>126</b>
8.1 Grundlagen . . . . .	127	8.1 Basic principles . . . . .	127
8.1.1 Zeiteinsparungen. . . . .	127	8.1.1 Time savings. . . . .	127
8.1.2 Direkt beeinflussbare Kosten in der Konstruktion . . . . .	127	8.1.2 Directly influenceable costs in design . . . . .	127
8.1.3 Auslastungsgrad des 3-D-CAD-Systems. . . . .	128	8.1.3 Percentage utilization of the 3D CAD system . . . . .	128
8.1.4 Durchdringungsgrad einer 3-D-CAD-Anwendung. . . . .	129	8.1.4 Degree of penetration of a 3D CAD application. . . . .	129
8.2 Ermittlung der direkt quantifizierbaren Nutzen . . . . .	129	8.2 Determination of the directly quantifiable benefits . . . . .	129
8.2.1 Einsparung durch Verkürzung der Durchlaufzeit . . . . .	129	8.2.1 Savings from reducing the lead time . . . . .	129
8.2.2 Einsparung durch Verringerung von Schnittstellenfehlern. . . . .	129	8.2.2 Savings due to reductions in interface errors. . . . .	129
8.2.3 Einsparung durch Verringerung von Fehlleistungen in Fertigung und Montage . . . . .	130	8.2.3 Savings by reduction of malperformance in production and assembly . . . . .	130
8.3 Schwer quantifizierbare Nutzen . . . . .	131	8.3 Benefits which are hard to quantify . . . . .	131
8.4 Nicht quantifizierbare Nutzen . . . . .	132	8.4 Non-quantifiable benefits . . . . .	132
8.5 Praxisbeispiele . . . . .	132	8.5 Practical examples . . . . .	132
8.5.1 Einsparung durch Verringerung von Fehlleistungen in der Produktentwicklung . . . . .	132	8.5.1 Savings by reduction of malperformance in production and assembly . . . . .	132
8.5.2 Einsparung von Entwicklungszeit bei einer Gusskonstruktion . . . . .	133	8.5.2 Savings in development time for a casting design . . . . .	133
8.5.3 Vorteile bei der Gusskonstruktion im Änderungsfall . . . . .	133	8.5.3 Advantages in casting design in the case of modifications . . . . .	133
8.5.4 Einsparungen in der Prozesskette Modellbau . . . . .	134	8.5.4 Savings in the model-construction process chain . . . . .	134
8.5.5 Einsparungen in der Prozesskette FEM . . . . .	135	8.5.5 Savings in the process chain FEM . . . . .	135
8.5.6 Einsparungen im Gesamtprozess Konstruktion – Modellbauer – FEM-Analyse . . . . .	137	8.5.6 Savings in the complete design – model-maker – FEM analysis process. . . . .	137
8.5.7 Einsparungen durch Rapid Prototyping. . . . .	137	8.5.7 Savings due to rapid prototyping . . . . .	137
8.5.8 Einsparungen bei der Gussimulation. . . . .	138	8.5.8 Savings in casting simulation . . . . .	138