

Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau

# **Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der Produktentwicklung**

**Robert Irlinger**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktor-Ingenieurs**

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Bender  
Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann  
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. R. Anderl,  
Technische Universität Darmstadt

Die Dissertation wurde am 9. Oktober 1998 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen  
am 30. November 1998 angenommen.



Reihe Konstruktionstechnik München  
Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
Band **31**

Robert Irlinger

Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren  
Dokumentation in der Produktentwicklung

**SHAKER**  
**VERLAG**  
Aachen 1999

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Irlinger, Robert:*

Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der  
Produktentwicklung / Robert Irlinger. - Als Ms. gedr. -

Aachen : Shaker, 1999

(Konstruktionstechnik München ; Bd. 31)

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 1998

ISBN 3-8265-4714-4

Copyright Shaker Verlag 1999

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-4714-4

ISSN 1430-7332

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)





# Vorwort des Herausgebers

## **Problemstellung**

Mit heute verfügbaren Systemen für die Produktentwicklung werden die Ergebnisse komplexer Arbeitsschritte dokumentiert. Dieses wird durch die nachfolgenden Prozesse der Herstellung oder Nutzung gefordert. Die wesentlich im Prozeß verankerten Gründe für das spezifische Resultat der Entwicklung verbleiben aber bei den jeweiligen Entwicklern. Ihr Wissen wird von den derzeitigen Systemen nur sehr rudimentär festgehalten. Dadurch fehlt eben dieses Wissen bei späteren Änderungen und auch bei der Entwicklung von Folgeprodukten. Fehler werden wiederholt, Wissen muß immer wieder neu erarbeitet werden.

## **Zielsetzung**

Die wesentlichen Informationen, die zu der konstruktiven Lösung geführt haben, sollen unmittelbar in das Produktmodell eingebracht werden. Dieser zusätzliche Aufwand muß dabei äußerst gering gehalten werden, um Akzeptanz bei den Entwicklern zu finden. Auch der Zugriff auf die hinterlegten Informationen muß gut und einsichtig strukturiert möglich sein, um die Nutzung der so hinterlegten Informationen zu fördern.

## **Ergebnisse**

In diesem Buch werden ein Informationsmodell und ein Vorgehen beschrieben, die die Verknüpfung von Hintergrundinformationen mit beliebig komplexen Gestaltelementen eines Produktes ermöglichen. Dabei entscheidet der Bearbeiter aus seiner Erfahrung, welche Informationen hinterlegt werden sollen. Diese Vorgehensweise ist exemplarisch in einem CAD-System umgesetzt worden, womit eine unmittelbare Einbringung von gestaltbeschreibenden Informationen aus dem Prozeß in das Produktmodell realisiert ist. Ein späterer Nutzer hat damit Zugriff auf Informationen, die beschreiben warum und wie die Merkmale eines Produkts zustande gekommen sind. Hierdurch wird die Fehlerrate bei nachfolgenden Änderungen reduziert und das Wissensniveau für Folgeprodukte angehoben.

## **Folgerungen für die industrielle Praxis**

Die dargestellte Funktionalität sollte Bestandteil von CAD-Systemen sein. Grundsätzlich können bei kritischen Bauteilen die dargestellten Vorgehensweisen auch ohne eine systemtechnische Realisierung angewandt werden. Dieses kann als Vorbereitung einer CAD-Lösung dienen, zur Einarbeitung von Mitarbeitern genutzt werden oder auch einfach Basis für erfolgreiche Entwicklungsprozesse sein. Besonders bei verteilten, dezentralen Produktentwicklungen, zum Beispiel unter Einbeziehung externer Partner, bietet dieser Ansatz Chancen einer deutlichen Prozeßverbesserung.

## **Folgerungen für Forschung und Wissenschaft**

Wissensmanagement ist ein aktuelles Forschungsthema hoher Bedeutung für Fortschritte in der Produktentwicklung. In diesem Buch wird ein praktikabler Beitrag dargestellt, wie eingesetztes Wissen aus dem Prozeß mit dem Arbeitsergebnis verknüpft werden kann. Dabei kommt in dieser Darstellung einer im Aufwand für die Dokumentation begrenzten Form besondere Bedeutung zu. Viele weiterführende Fragen sind noch zu klären, wie die langfristige Pflege der Wissens Elemente oder ihre automatische Auswertung.

März 1999

Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
Konstruktion im Maschinenbau  
Technische Universität München

## Danksagung des Autors

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau der Technischen Universität München in den Jahren 1994 bis 1998.

Herzlich bedanke ich mich bei Prof. Dr.-Ing. em. Klaus Ehrlenspiel, der mir die Möglichkeit geboten hat, nach meinem Studium als wissenschaftlicher Mitarbeiter an seinem Lehrstuhl tätig zu werden. Er hat die vorliegende Thematik angeregt und hatte auch nach seiner Emeritierung stets Zeit für interessante Diskussionen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann für die problemlose Übernahme der Betreuung der Doktorarbeit, als er neu an den Lehrstuhl berufen wurde. Ebenfalls bedanke ich mich für die zahlreichen Anregungen, die er mir im Laufe meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl gab. Er hat mir am Lehrstuhl ein Umfeld geboten, das es mir erlaubt hat, in großer Freiheit kreativ tätig zu werden.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl danke ich für die Übernahme der Mitberichterstattung und für die konstruktiven Verbesserungsvorschläge, die in die vorliegende Arbeit eingeflossen sind.

Weiterhin bedanke ich mich bei allen Kollegen und Mitarbeitern des Lehrstuhls für Konstruktion im Maschinenbau und des Sonderforschungsbereich 336, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Besonders erwähnen will ich dabei Rainer Bernard, mit dem ich die vorliegende Arbeit intensiv diskutiert habe und Ralf Kleedörfer, mit dem ich über 4 Jahre das Büro geteilt habe. Weiterhin möchte ich mich noch bei allen Teilnehmer der Squashrunde und bei all denen bedanken, die mich nach langen Abenden in ihrer Wohnung aufgenommen haben.

Besonders danken will ich an dieser Stelle auch Frank Roshani und Thomas Lepach, die mich als Hiwi's bei der Entwicklung des Rechnersystems tatkräftig unterstützt haben. Frau Kirsten Gersmann danke ich für ihre Hilfe bei der Erstellung der Bilder und für die Korrekturarbeiten der vorliegenden Dissertation. Bei allen anderen Diplomanden, Semestranden und Hiwi's bedanke ich hiermit auch für ihre Unterstützung.

Robert Irlinger



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 EINLEITUNG, ZIELSETZUNG UND AUFBAU DER ARBEIT</b> .....	<b>1</b>
1.1 EINLEITUNG.....	1
1.2 ZIELE UND AUFBAU DER ARBEIT.....	4
<b>2 MANAGEMENT, WISSEN UND INFORMATION</b> .....	<b>9</b>
2.1 MANAGEMENT.....	9
2.1.1 Geschichte und Definitionen.....	9
2.1.2 Managementfunktionen.....	11
2.2 KOMMUNIKATION.....	12
2.3 EIGENSCHAFTEN VON WISSEN, INFORMATIONEN UND DATEN.....	16
2.3.1 Wissen.....	16
2.3.1.1 Eigenschaften von Wissen.....	16
2.3.1.2 Arten von Wissen.....	17
2.3.2 Information.....	18
2.3.2.1 Eigenschaften von Informationen.....	18
2.3.2.2 Arten von Informationen.....	19
2.3.3 Eigenschaften von Daten.....	20
2.4 WISSENSMANAGEMENT.....	21
2.4.1 Historie und Ziele.....	22
2.4.2 Modelle des Wissensmanagements.....	23
2.5 INFORMATIONSMANAGEMENT.....	26
2.5.1 Historie und Ziele.....	26
2.5.2 Modelle des Informationsmanagements.....	27
2.6 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUBFOLGERUNGEN.....	28
<b>3 DIE BEDEUTUNG DER INFORMATION IN DER INTEGRIERTEN PRODUKTENTWICKLUNG</b> .....	<b>31</b>
3.1 DER PROZESS DER INTEGRIERTEN PRODUKTENTWICKLUNG.....	31
3.1.1 Grundelemente Integrierter Produktentwicklungsprozesse.....	32
3.1.2 Auswirkungen auf den Informationsfluß.....	34
3.2 ERGEBNISSE EMPIRISCHER UNTERSUCHUNGEN.....	38
3.2.1 Personenmerkmale.....	38
3.2.2 Prozeß- und Organisationsmerkmale.....	39
3.3 PRODUKTMERKMALE UND DEREN DOKUMENTATION.....	41
3.3.1 Produktmerkmale.....	41
3.3.2 Entstehungsprozeß von Produktmerkmalen.....	41
3.3.2.1 Der Funktionsbegriff.....	42
3.3.2.2 Der Weg von der Funktion zu Beschaffenheitsmerkmalen.....	43
3.3.3 Produktlogik.....	45
3.3.4 Produktdokumentation.....	46
3.4 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUBFOLGERUNGEN.....	48

<b>4 RECHNERGESTÜTZTES INFORMATIONSMANAGEMENT.....</b>	<b>51</b>
4.1 CAD-SYSTEME.....	51
4.1.1 Definition und Ziele.....	51
4.1.2 Einsatz von CAD-Systemen.....	52
4.1.2.1 Parametrik.....	54
4.1.2.2 Featuretechnologie.....	55
4.1.3 Entwicklungstendenzen bei CAD-Systemen.....	58
4.2 EDM-SYSTEME.....	60
4.2.1 Definition und Ziele.....	60
4.2.2 Aufbau und Funktionalität.....	61
4.2.3 Entwicklungstendenzen von EDM-Systemen.....	62
4.3 PRODUKT- UND PROZEBMODELLE.....	63
4.3.1 Definition und Eigenschaften.....	63
4.3.2 ISO 10303.....	64
4.3.3 Prozeßmodelle.....	65
4.3.4 Entwicklungstendenzen.....	65
4.4 SONSTIGE SYSTEME UND ANSÄTZE.....	66
4.4.1 Künstliche Intelligenz und Expertensysteme.....	66
4.4.2 Internet, Groupware und Data Warehouse.....	68
4.4.3 Workflowmanagement- und Rahmensysteme.....	69
4.4.4 Spezielle Entwicklungen im Bereich Produktentwicklung.....	70
4.5 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUßFOLGERUNGEN.....	71
<b>5 DOKUMENTATION DER PRODUKTLOGIK.....</b>	<b>75</b>
5.1 ANFORDERUNGEN.....	75
5.1.1 Nachvollziehbarkeit gestalterischer Entscheidungen.....	75
5.1.2 Lerngerechte Dokumentation.....	76
5.1.3 Berücksichtigung von Know-how aus Varianten und Versionen.....	76
5.1.4 Entwicklungsbegleitende Anwendbarkeit.....	77
5.1.5 Dokumentation auf verschiedenen Ebenen der Produktstruktur.....	77
5.1.6 Dezentrale Anwendbarkeit.....	77
5.1.7 Personenunabhängige Verwaltung der Informationen.....	78
5.1.8 Verbesserte Akzeptanz.....	78
5.2 ABBILDUNG UND STRUKTURIERUNG DER PRODUKTLOGIK.....	79
5.2.1 Generelle Vorgehensweise.....	79
5.2.2 Klassifizierung der funktionsorientierten Produktlogik.....	81
5.2.2.1 Funktion / Zweck.....	82
5.2.2.2 Benutzte Informationsquellen.....	84
5.2.2.3 Konsequenzen und Betroffene.....	84
5.2.2.4 Varianten.....	85
5.2.2.5 Ausgangssituation / Version.....	85

5.3 ENTWURF EINES OBJEKTORIENTIERTEN DATENMODELLS .....	86
5.3.1 Objektorientierte Modellierung mit der Unified Modeling Language (UML) .....	87
5.3.2 Objektmodell .....	89
5.4 UMSETZUNG UND INTEGRATION DES KONZEPTS .....	92
5.4.1 Manuelle Dokumentation in der Konzeptphase .....	93
5.4.2 Teilweise rechnerunterstützte Dokumentation in der Konzeptphase .....	94
5.4.3 Vollständige, CAD-integrierte Dokumentation .....	95
5.5 ZUSAMMENFASSUNG .....	96
<b>6 RECHNERTECHNISCHE UMSETZUNG .....</b>	<b>97</b>
6.1 ANFORDERUNGEN AN DIE RECHNERTECHNISCHE UMSETZUNG .....	97
6.2 SYSTEMBESCHREIBUNG .....	98
6.2.1 System- und Methodenauswahl .....	99
6.2.1.1 CAD-System und Programmierschnittstelle .....	99
6.2.1.2 Benutzerschnittstelle .....	99
6.2.1.3 Feature-Technologie .....	100
6.2.2 Systemaufbau .....	103
6.2.2.1 Das Anwendungsbeispiel .....	104
6.2.2.2 Eingabe .....	105
6.2.2.3 Datenverwaltung .....	107
6.2.2.4 Nutzung .....	108
6.3 VERGLEICH MIT ANDEREN ANSÄTZEN .....	110
6.4 ZUSAMMENFASSUNG .....	112
<b>7 DISKUSSION UND AUSBLICK .....</b>	<b>113</b>
7.1 NUTZEN-AUFWAND-BETRACHTUNG .....	113
7.1.1.1 Abhängigkeiten .....	114
7.1.1.2 Verteilung .....	115
7.1.1.3 Innovation .....	116
7.1.1.4 Dauer .....	116
7.1.1.5 Zusammenhänge und Beispiele .....	117
7.2 SCHWACHSTELLEN UND VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN .....	119
7.2.1 Einsatzzeitpunkt .....	119
7.2.2 Umsetzung und Integration .....	121
7.2.3 Individuelle und organisatorische Barrieren .....	121
7.3 AUSBLICK .....	122
<b>8 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>125</b>
<b>9 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>129</b>
<b>10 ANHANG .....</b>	<b>141</b>
10.1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	141
10.2 DISSERTATIONSVERZEICHNIS DES LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTION IM MASCHINENBAU .....	142