

**Prozessbegleitende Wissensdokumentation
und integrierte Wissensvisualisierung
in der Digitalen Produktentwicklung**

Dissertation
zur
Erlangung des Grades

Doktor-Ingenieur

der
Fakultät für Maschinenbau
der Ruhr-Universität Bochum

von

Christos Chasiotis

aus Wuppertal

Bochum 2005

Dissertation eingereicht am:	24. November 2005
Tag der mündlichen Prüfung:	20. Februar 2006
Erster Referent:	Prof. Dr.-Ing. M. Abramovici
Zweiter Referent:	Prof. Dr.-Ing. E.-G. Welp

Schriftenreihe Institut für Konstruktionstechnik

Heft 06.3

Christos Chasiotis

**Prozessbegleitende Wissensdokumentation
und integrierte Wissensvisualisierung in der
Digitalen Produktentwicklung**

Shaker Verlag
Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

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

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5375-0

ISBN-13: 978-3-8322-5375-2

ISSN 1616-5497

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Meiner Familie gewidmet

VORWORT DES HERAUSGEBERS

Die zunehmende Globalisierung der Märkte stellt erhöhte Anforderungen an die Qualität, Funktionalität, Entwicklungszeit und -kosten sowie Umweltfreundlichkeit der Produkte. Um bei der dadurch dramatisch zunehmenden Komplexität der Produktentwicklungsprozesse die Innovationsfähigkeit und vor allem die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens sichern zu können, ist ein optimaler Umgang mit der Unternehmensressource "Wissen", dem so genannten "vierten Produktionsfaktor", notwendig.

Dabei ist ganz besonders dem Umfeld der Produktentwicklung, in dem die entscheidenden Weichen für sämtliche weiteren Phasen des Produktlebenslaufes gestellt werden, Rechnung zu tragen. Trotz einer fast durchgängigen informationstechnischen Unterstützung des Produktentwicklungsbereiches durch die etablierten CAD-, CAE- und PDM-Systeme ist die Aufnahme und Wiederverwendung lediglich eines Teiles des produktentwicklungsspezifischen Wissens möglich. So wird der Fokus auf das Wissen über das Produkt gelegt, während dem Wissen über die das Produkt beeinflussenden Prozesse sowie die eingesetzten IT-Ressourcen nur ein rudimentäres Augenmerk geschenkt wird. Auch ist die Wissensaufnahme meistens auf einen Teilbereich der Produktentwicklung, d.h. überwiegend auf die Produktgestaltung, beschränkt und lässt die Produktsimulation und -erprobung außer Acht. Darüber hinaus wird das implizite Hintergrundwissen des Produktentwicklers kaum dokumentiert, wodurch eine vollständige Nachvollziehbarkeit und Wiederverwendung der Entwicklungsprozesse sehr erschwert wird.

Vor diesem Hintergrund ist es Ziel dieses Buches, einen Beitrag zur Beseitigung der beschriebenen Defizite heutiger Wissensmanagementlösungen für die Produktentwicklung zu leisten. So werden im Rahmen der Dissertation ein konzeptioneller Lösungsansatz sowie entsprechende softwaretechnische Umsetzungsmöglichkeiten vorgestellt. Die erarbeiteten Konzepte werden zudem anhand prototypisch implementierter Software-Systeme unter Beweis gestellt.

Das entwickelte fachliche Konzept verkörpert einen ganzheitlichen Ansatz, der eine globale, phasenübergreifende und integrierte Wissensdokumentation in der Digitalen Produktentwicklung ermöglicht. Dabei wird das Wissen über Produkte, die entsprechenden Entwicklungsprozesse und die zum Einsatz kommenden IT-Ressourcen sowie deren Konfiguration prozessbegleitend aufgenommen und in integrierter und einheitlicher Weise akquiriert. Als Bindeglied dieser einzelnen Wissenskomponenten fungiert das implizite Hintergrundwissen des jeweiligen Produktentwicklers. Dieses wird ebenfalls in die Dokumentation einbezogen und dient als wesentliche Interpretationsgrundlage. Die Visualisierung des Wissens wird in integrierter und anschaulicher Weise vorgenommen, um die Wiederverwendung und Generierung neuen Wissens bei der Entwicklung von Folgeprodukten bzw. bei parallel verlaufenden Entwicklungsprozessen zu fördern.

Im vorliegenden Konzept wird der Aufwand bei der Wissensaufnahme und -visualisierung möglichst gering gehalten, um eine hohe Akzeptanz seitens der Produktentwickler zu sichern und die Teilungs- und Verwendungsbereitschaft des Wissens zu erhöhen. Der Mitarbeiter entscheidet dabei unter Berücksichtigung von festgelegten Richtlinien, welche Informationen hinterlegt bzw. zur Problemlösung herangezogen werden, während das Wissensmanagementsystem lediglich eine assistierende Rolle einnimmt. Über ein spezifisches Zugriffsrechtekonzept wird zudem eine vollständige Kontrolle über die Tätigkeit des Produktentwicklers vermieden und zugleich der Sicherheit der verwalteten Informationen Rechnung getragen.

Die prototypische Umsetzung des Konzeptes wurde unter Verwendung von verbreiteten Internet-Technologien vorgenommen. Dies ermöglicht somit den Einsatz des Wissensmanagementsystems als Assistenzsystem für Informations- und Entscheidungsunterstützungszwecke auch in verteilten, dezentralen Produktentwicklungsprozessen. Der nicht operative Charakter des Systems ermöglicht zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten, u.a. die Unterstützung des Projekt- und Qualitätsmanagements, eine Absicherung gegen Schadenersatzansprüche oder sogar einen Einsatz zum Zweck der Einarbeitung und Orientierung neuer, unerfahrener Mitarbeiter in der Produktentwicklungsumgebung.

Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici

Bochum, im Juni 2006

DANKSAGUNG

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik (ITM Bochum) des Institutes für Konstruktionstechnik der Ruhr-Universität Bochum.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici, dem Leiter des Lehrstuhls für Maschinenbauinformatik (ITM), für seine zahlreichen wertvollen Anregungen und Denkanstöße, seine mehrjährige Unterstützung und Förderung meiner wissenschaftlichen Arbeiten sowie für die Übernahme des Hauptreferates.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Ewald-Georg Welp, dem Leiter des Lehrstuhls für Maschinenelemente und Konstruktionslehre (LMK) an der Ruhr-Universität Bochum, möchte ich mich für die Übernahme des Koreferates sowie für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse und seine konstruktiven Anregungen sehr herzlich bedanken.

Ebenfalls gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Phil. Joachim Zülch, dem Leiter des Lehrstuhls für Industrial Sales Engineering und des Europäischen Forschungszentrums für Business-to-Business Management an der Ruhr-Universität Bochum, für die Übernahme des Vorsizes im Promotionsausschuss.

Darüber hinaus sei allen wissenschaftlichen und nicht wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Lehrstuhls für Maschinenbauinformatik sowie allen industriellen und akademischen Kooperationspartnern für die stets sehr gute Zusammenarbeit und das ebenfalls stets sehr gute Arbeitsklima gedankt.

Weiterhin bedanke ich mich bei Frau Inna Meyman und Herrn Dr. Hans-Peter Prüfer für das unermüdliche und sorgfältige Korrekturlesen des Manuskriptes sowie für ihre kritischen und sehr wertvollen Hinweise.

Und last but not least, geht mein lieber Dank an meine Eltern, Georgios und Irini, meinen Bruder, Ioannis, und meinen engeren Verwandtschafts- und Freundeskreis, welche mich ununterbrochen während meines gesamten bisherigen Ausbildungsweges moralisch, ideell und materiell unterstützt und motiviert haben. Ihnen ist dieses Buch gewidmet.

Dipl.-Ing. Christos Chasiotis

Bochum, im Juni 2006

KURZFASSUNG DER DISSERTATION

Heutigen Produktentwicklungsprozessen werden höchste Anforderungen gestellt; sie müssen Zeit und Kosten sparend sein sowie zahlreiche und vielfältige funktions-, qualitäts- und umweltbezogene Kriterien erfüllen. Dabei ist ein hoher Produktinnovationsgrad gefragt, um die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens stärken zu können.

Dazu ist ein effektiver Erfahrungs- und Wissensfluss aus aktuellen in ähnliche zukünftige oder weitere parallel verlaufende Produktentwicklungsprozesse erforderlich, wodurch das Unterlaufen der gleichen Fehler minimiert, die Produktqualität gesteigert, wertvolle Entwicklungszeit gespart und die Entwicklungskosten optimiert werden können, da die mehrmalige "Neuerfindung des Rades" vermieden wird.

Diese Arbeit stellt einen integrierten Ansatz vor, der es ermöglicht, das während des gesamten digitalen Produktentwicklungsprozesses eingesetzte bzw. generierte Wissen in adäquater Weise akquirieren und wieder verwenden zu können.

Dabei wird der Fokus auf die Phasen der Produktgestaltung, -berechnung/ -simulation und -erprobung/ -validierung gelegt, und das explizite sowie implizite Wissen über die Produkte, die Prozesse und die Konfiguration der dabei eingesetzten operativen IT-Systeme in Betracht gezogen.

DISSERTATION ABSTRACT

Today's product development processes must meet the highest standards. Such processes have to save time and costs as well as to fulfil numerous and multifaceted functional, quality and environmental criteria. At the same time a high product innovation level is required to improve the company's competitiveness.

For this purpose, an effective flow of experience and know-how from current into similar future or concurrent product development processes is necessary. In this way, repetition of the same mistakes is minimized, the product quality is increased, valuable development time is saved and the development costs can be optimized, because a repeated "reinvention of the wheel" is avoided.

This thesis presents an integrated approach, which allows for appropriate acquisition and reuse of the knowledge generated and used during the entire digital product development process.

The focus of the thesis is on the product design, calculation/ simulation and validation phases, and the explicit as well as the implicit knowledge about products, processes, and configuration of the used operative IT systems is taken into account.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Οι σύγχρονες διαδικασίες μηχανολογικού σχεδιασμού προϊόντων οφείλουν να πληρούν ιδιαίτερα υψηλές προδιαγραφές. Αφ' ενός είναι απαραίτητη η εξοικονόμηση χρόνου και κόστους και αφ' ετέρου πρέπει να πληρούνται πολυάριθμα και ποικίλα κριτήρια λειτουργικής, ποιοτικής και οικολογικής φύσεως. Ταυτόχρονα απαιτείται ένας υψηλός βαθμός καινοτομίας των προϊόντων, ώστε να μπορεί να ενισχυθεί η ανταγωνιστικότητα της εταιρείας.

Προς επίτευξη αυτού του στόχου είναι αναγκαία μία κατάλληλη ροή εμπειρίας και γνώσης από τρέχουσες σε συγκρίσιμες μελλοντικές ή άλλες παράλληλες διαδικασίες μηχανολογικού σχεδιασμού των προϊόντων. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται τα επαναλαμβανόμενα σφάλματα, βελτιώνεται η ποιότητα των προϊόντων, εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος κατά το σχεδιασμό και το κόστος σχεδιασμού βελτιστοποιείται, διότι αποφεύγεται η "εκ νέου επινόηση του τροχού".

Η παρούσα διατριβή προτείνει έναν ολοκληρωμένο τρόπο προσέγγισης επί του θέματος, επιτρέποντας την κατάλληλη λήψη και εκ νέου χρήση της παραχθείσας γνώσης κατά τη διάρκεια μίας πλήρους διαδικασίας σχεδιασμού ενός προϊόντος υπό τη χρήση ψηφιακών υπολογιστικών συστημάτων.

Η διατριβή εστιάζει στις φάσεις της διαμόρφωσης, υπολογισμού/ προσομοίωσης και δοκιμής/ επαλήθευσης των προϊόντων και λαμβάνει υπ' όψη τη ρητή και την άρρητη γνώση σχετικά με τα προϊόντα, τις διαδικασίες σχεδιασμού και τις ρυθμίσεις των χρησιμοποιούμενων λειτουργικών προγραμμάτων υπολογιστή.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Dieses Verzeichnis fasst die wichtigsten bzw. am häufigsten in diesem Buch verwendeten Abkürzungen zusammen zwecks eleganterer Gestaltung des Textes sowie Vermeidung von Mehrdeutigkeiten. Es erhebt somit keinen Anspruch auf Vollständigkeit im Sinne eines fachbereichsbezogenen Abkürzungsverzeichnisses.

AI	A rtificial I ntelligence
API	A pplication P rogramming I nterface
ARIS	A rchitektur integrierter I nformationssysteme
BEM	B oundary E lement M ethod (Randelementemethode)
BPMN	B usiness P rocess M odeling N otation
CAD	C omputer A ided D esign
CAE	C omputer A ided E ngineering
CAL	C omputer A ided L earning
CAS	C omputer A ided S tyling
CASE	C omputer A ided S oftware E ngineering
CAT	C omputer A ided T esting
CAX	C omputer A ided X , wobei X als Platzhalter für die Buchstaben D, E, P, M, A, R, I, S, L, Q, T fungiert
CBR	C ase- B ased- R easoning
CBT	C omputer- B ased- T raining
CC	C ompetence C enter
CFD	C omputational F luid D ynamics
CGI	C ommon G ateway I nterface
CMS	C ontent- M anagement- S ystem
CORBA	C ommon O bject R equest B roker A rchitecture
CRM	C ustomer R elationship M anagement
CSCL	C omputer S upported C ooperative L earning
CSCW	C omputer S upported C ooperative W ork
CSL	C omputer S upported L earning
CSS	C ascading S tylesheet
DAP	D irectory A ccess P rotocol
DB	D atenbank, D atenbasis
DBMS	D atenbank- M anagementsystem
DBS	D atenbanksystem

DFG	D eutsche F orschungsgemeinschaft
DIC	D okumentations- und I nformations- C lient
DIN	D eutsches I nstitut für N ormung
DMS	D okumenten m anagements s ystem
DMU	D igital M ock- U p
DPE	D igitale P roduktentwicklung
DSS	D ecision S upport S ystem
DTP	D esktop P ublishing
DuA	D imensionierung und A uslegung
DVC	D okumentations- und V isualisierungs- C lient
e-e-c	e -engineering-center
EPK	E reignisgesteuerte P rozess k ette
ERP	E nterprise R esource P lanning
FAQ	F requently A s ked Q uestions
FEM	F inite E lemente M ethode
FMEA	F ailure M ode and E ffects A nalysis, F ehler- M öglichkeiten- und E influss- A nalyse
F&E	F orschung & E ntwicklung
GDA	G lobaler D okumentations a ssistent
GDB	G lobale I nformations- und D okumentations d aten b ank
GDSS	G roup D ecision S upport S ystem
GIA	G lobaler I nformations a ssistent
GIDAS	G lobaler I nformations- und D okumentations a ssistent
GSS	G roup S upport S ystem
HDB	H ierarchische D aten b ank
HRM	H uman R esource M anagement
HTML	H ypertext M arkup L anguage
IBM	I nternational B usiness M achines
IDEF	I CAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) D efinition Methodology bzw. Integrated D efinition Methodology
ISO	I nternational S tandardization O rganization
IT	I nformationstechnik
IuK	I nformations- und K ommunikationstechnologie
JAXP	J ava A PI for X ML P rocessing

JDBC	J ava D atabase C onnectivity
JSP	J ava S erver P ages
JVM	J ava V irtual M achine
KBE	K nowledge B ased E ngineering
KBS	K nowledge B ased S ystem
KI	K ünstliche I ntelligenz
KM	K nowledge M anagement
LDA	L ifecycle D ata A rchitecture
LDAP	L ightweight D irectory A ccess P rotocol
LDM	L okales D okumentations m odul
LWB	L okale W issens b asis
MDAC	M icrosoft D ata A ccess C omponents
MIS	M anagement I nformation S ystem
MKS	M ehrkörpersimulation
NNTP	N etwork N ews T ransfer P rotocol
ODBC	O pen D atabase C onnectivity
OEM	O riginal E quipment M anufacturer
OLAP	O nline A nalytical P rocessing
OODB	O bjektorientierte D aten b ank
ORDB	O bjektrelationale D aten b ank
PDM	P roduct D ata M anagement, P rodukt d aten m anagement
PDMS	P rodukt d aten m anagements s ystem
PHP	PHP : H ypertext P reprocessor
PIM	P rodukt i nformations m anagement
PIMS	P rodukt i nformations m anagements s ystem
PKM	P roduct K nowledge M anagement
PLL	P rodukt l ebenslauf
PLM	P roduct L ife C ycle M anagement
PLZ	P rodukt l ebenszyklus
PMU	P hysical M ock- U p
PTC	P arametric T echnology C orporation
QFD	Q uality F unction D evelopment
QM	Q uality M anagement, Q ualitäts m anagement

RDB	Relationale Datenbank
RM	Rapid Manufacturing
RMI-IIOP	Remote Method Invocation over Internet Inter-ORB Protocol
RP	Rapid Prototyping
RT	Rapid Tooling
SADT	Structured Analysis and Design Technique
SCM	Supply Chain Management / Software Configuration Management
SECI	Socialisation, Externalisation, Combination, Internalisation
SKM	Softwarekonfigurationsmanagement
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SQL	Structured Query Language
SSP	Single Source Publishing
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TPD	Technische Produktdokumentation
UGS	Unigraphics Solutions
UML	Unified Modeling Language
UNL	Universal Networking Language
URL	Uniform Resource Locator
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VPE	Virtuelle Produktentwicklung
VR	Virtual Reality, Virtuelle Realität
VRML	Virtual Reality Modeling Language
W3C	World Wide Web Consortium
WB	Wissensbasis
WBS	Wissensbasiertes System
WBT	Web-Based-Training
WDS	Wissensdokumentationssystem
WFMS	Workflow-Management-System
WLZ	Wissenslebenszyklus
WM	Wissensmanagement
WMS	Wissensmanagementsystem
WVS	Wissensvisualisierungssystem
XML	Extensible Markup Language

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1. Ausgangssituation und Motivation	3
1.2. Abgrenzung und Zielsetzung	5
1.3. Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit.....	6
2. BEGRIFFLICHE GRUNDLAGEN.....	8
2.1. Begriffsklärung und -abgrenzung.....	8
2.1.1. Wissensmanagementbezogene Begriffe.....	8
2.1.2. Produktentwicklungsbezogene Begriffe	20
2.1.3. Informationstechnikbezogene Begriffe	23
3. WISSENSLEBENSZYKLUS UND WISSENSMANAGEMENT-ENABLER	29
3.1. Grundlegende Wissensmanagementparadigmen	29
3.2. Wissenslebenszyklus nach Probst.....	29
3.2.1. (Festlegung der) Wissensziele	30
3.2.2. Wissensbewertung	31
3.2.3. Wissensidentifikation	32
3.2.4. Wissenserwerb	32
3.2.5. Wissensentwicklung	34
3.2.6. Wissens(ver)teilung	35
3.2.7. Wissensnutzung	36
3.2.8. Wissensbewahrung	37
3.2.9. Wissensbarrieren.....	38
3.2.10. Motivation für Wissensmanagement und Anreizsysteme.....	40
3.3. Technologie-Enabler für das Wissensmanagement.....	42
3.3.1. Datenbanken und Datenbankmanagementsysteme	43
3.3.2. Dokumentenmanagementsysteme.....	44
3.3.3. Content-Management-Systeme.....	45
3.3.4. Wiki-Systeme.....	45
3.3.5. Data-Warehouse-Systeme	46
3.3.6. Workflow-Management-Systeme	48
3.3.7. Kommunikations- und Kooperationssysteme	48
3.3.8. Wissensretrieval und -visualisierung	50
3.3.9. Werkzeuge der Künstlichen Intelligenz	51
3.3.10. Intranets und Wissensportale	53
3.4. Bewertung: Wissensmanagement-Enabler versus Wissenslebenszyklus.....	56
4. ANFORDERUNGEN AN DAS WISSENSMANAGEMENT IN DER DPE	58
4.1. Produktentwicklungsorientierte Anforderungen.....	58
4.2. Wissensmanagementorientierte Anforderungen	59
4.3. Organisationsorientierte Anforderungen	61
4.4. IT-Systemorientierte Anforderungen.....	62
4.5. Abgrenzungsanforderungen	64

5.	ANSÄTZE FÜR DAS WISSENSMANAGEMENT IN DER DPE	65
5.1.	Kommerzielle Ansätze	65
5.1.1.	Wissensmanagement mit operativen Produktentwicklungssystemen.....	66
5.1.2.	Wissensmanagement mit produktentwicklungsübergreifenden Systemen	69
5.1.3.	Bewertung der kommerziellen Ansätze	70
5.2.	Wissenschaftlich-Methodische Ansätze	70
5.2.1.	Operativ ausgerichtete Ansätze	71
5.2.2.	Strategisch ausgerichtete Ansätze	77
5.3.	Gesamtbewertung der identifizierten Ansätze	80
6.	FACHKONZEPT FÜR EIN WISSENSMANAGEMENTSYSTEM IN DER DPE.....	82
6.1.	Die Vision	82
6.2.	Zugrunde gelegte Annahmen	85
6.3.	Wissensbewahrung: Das zu erfassende Wissen	86
6.3.1.	Produkt(modell)gestaltung.....	87
6.3.2.	Produktberechnung/ -simulation	88
6.3.3.	Produktprüfung/ -validierung	90
6.3.4.	Externe Prozesse	90
6.3.5.	Software-Konfiguration	91
6.4.	Wissens(ver)teilung: Das Pro ₂ Kon-Zugriffsmanagement	91
6.5.	Das Pro ₂ Kon-Datenmodell.....	94
6.6.	Wissenserwerb und -entwicklung: Die Akquisition des Wissens	96
6.7.	Wissensidentifikation und -nutzung: Die Suche und Visualisierung des Wissens ..	98
6.8.	Entwicklung von Einführungsstrategien	103
7.	IT-KONZEPT FÜR EIN WISSENSMANAGEMENTSYSTEM IN DER DPE	105
7.1.	Allgemeiner Systemaufbau.....	105
7.2.	Mögliche Realisierungsansätze	106
7.2.1.	Pro ₂ Kon als Data-Warehouse-Konzept	106
7.2.2.	Pro ₂ Kon als Portal-Konzept	107
7.2.3.	Pro ₂ Kon als Add-On für ein internetbasiertes PDM/PLM-System	108
7.2.4.	Spezielle Anwendungsfälle.....	109
7.3.	Schnittstellenkonzept.....	110
7.4.	Wissensdokumentationssystem (WDS).....	113
7.5.	Wissensvisualisierungssystem (WVS).....	117
7.6.	Das Administrationsmodul.....	119
8.	PROTOTYPISCHE REALISIERUNG UND VERIFIKATION.....	120
8.1.	Die Hintergründe	120
8.1.1.	Das GIDAS-Projekt.....	120
8.1.2.	Das ConfigManager-Projekt	121

8.2.	Umsetzung des Datenmodells	124
8.3.	Prototypische Realisierung des Wissensdokumentationssystems (WDS).....	125
8.4.	Prototypische Realisierung des Wissensvisualisierungssystems (WVS).....	125
8.5.	Auswahl der Softwarekomponenten	126
8.5.1.	Auswahl für den PDM-Add-On-Ansatz	126
8.5.2.	Auswahl für den Data-Warehouse-Ansatz	128
8.6.	Der Pro ₂ Kon im Einsatz - Ein Anwendungsszenario	131
8.6.1.	Produktstruktur	131
8.6.2.	Gestaltung	132
8.6.3.	Berechnung/ Simulation	134
8.6.4.	Erprobung	136
8.6.5.	Externe Prozesse	136
8.6.6.	Such-, Retrieval- und Analysefunktionen	137
8.6.7.	Visualisierungsfunktionen.....	138
8.7.	Administration.....	140
8.8.	Einsatzmöglichkeiten des Pro ₂ Kon	142
8.9.	Validierung des Pro ₂ Kon.....	143
8.9.1.	Bewertungskriterien	143
8.9.2.	Validierungsbeispiele.....	143
8.9.3.	Bewertung des Pro ₂ Kon	144
9.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	147
9.1.	Abschließende Bewertung.....	147
9.2.	Weiterer Handlungsbedarf.....	147
10.	ANHANG	152
10.1.	Relationales Datenbank-Modell des Pro ₂ Kon	152
10.1.1.	Allgemeines	152
10.1.2.	Beschreibung des Daten(bank)modells.....	154
10.2.	Vordefinierte Attributwerte für Pull-Down-Menüs	164
10.3.	Wissensspirale nach Nonaka	169
11.	LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS	176
12.	SCHRIFTENREIHE DES INSTITUTES FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK	195