

**Ein Beitrag zum ganzheitlichen Know-How-Schutz
von virtuellen Produktmodellen in
Produktentwicklungsnetzwerken**

Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor-Ingenieur

der

Fakultät für Maschinenbau

der Ruhr-Universität Bochum

von

Dipl.-Ing. Valentin Meimann

aus Kischinjow

Bochum 2010

Dissertation eingereicht: 26.03.2010

Tag der mündlichen Prüfung: 25.06.2010

Erster Referent: Prof. Dr.-Ing. M. Abramovici

Zweiter Referent: Prof. Dr.-Ing. R. Anderl

Maschinenbauinformatik

Band 1/2010

Valentin Meimann

**Ein Beitrag zum ganzheitlichen Know-How-Schutz
von virtuellen Produktmodellen in
Produktentwicklungsnetzwerken**

Shaker Verlag
Aachen 2010

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2010

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9594-3

ISSN 1865-3081

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

*"Eine Gesellschaft, die das materielle Eigentum mehr schützt
als das Geistige Eigentum, ist eine arme Gesellschaft"*

– Petra Roth, Oberbürgermeisterin der Stadt Frankfurt –

Meiner Familie und Eltern gewidmet

Посвящаю своей семье и родителям

Vorwort des Herausgebers

Maschinenbau-Unternehmen in forschungsintensiven Industriebereichen investieren viel in die Entwicklung neuer Produkte, um durch den Ausbau und die Umsetzung des eigenen Know-How ihre Position im globalisierten Markt zu stärken. Zunehmend werden aber diese Entwicklungen von anderen Unternehmen geraubt bzw. die Produkte werden unerlaubt kopiert, so dass die von forschenden Unternehmen getätigten Investitionen nicht mehr den gewünschten Erfolg bringen. Als Folge dessen gewinnen Know-How-Schutz-Maßnahmen immer mehr an Bedeutung. Neben strategischen, organisatorischen und juristischen Maßnahmen kommen verstärkt technische Mittel zum Einsatz, die das geistige Eigentum der Urheber schützen und Raubkopien erschweren sollen.

In dieser Arbeit wurde eine ganzheitliche Lösung zum Schutz des Know-How in den frühen Phasen der Produktentwicklung mit Fokus auf virtuelle Produktmodelle erarbeitet. Die Integration der Know-How-Schutz-Mechanismen in virtuelle Produktmodelle findet bereits in der Phase der Funktionsfindung statt. Das Konzept besteht aus zwei Methodikbausteinen und einem IT-Modul und sieht eine Integration in firmenspezifische PLM-Systeme vor.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit ist die systematische Analyse des komplexen Unternehmensumfelds im Rahmen von unternehmensübergreifenden Kooperationen. Das entwickelte Betrachtungsmodell definiert eindeutig die Rollen der beteiligten Unternehmen in einem Unternehmensnetzwerk, woraus sich Empfehlungen für die Anwendung der Know-How-Schutz-Methoden ableiten lassen.

Die entwickelte Entscheidungsmethodik, die durch eine Software unterstützt wird, ermöglicht den Unternehmen, den Know-How-Schutz im Rahmen der virtuellen Produktentwicklung auf Basis der Analyse der komplexen Randbedingungen strukturiert anzuwenden und auf diese Weise das Know-How in virtuellen Produktmodellen gegen unerlaubte Zugriffe effektiv zu schützen.

Prof. Dr.-Ing. Abramovici

Bochum, Oktober 2010

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik (ITM) der Ruhr-Universität Bochum und wurde von der dortigen Fakultät für Maschinenbau als Dissertation angenommen.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici, Leiter des Lehrstuhls für Maschinenbauinformatik (ITM), für die wertvollen Anregungen und Impulse, die Förderung meiner wissenschaftlichen Arbeit und das mir entgegengebrachte Vertrauen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, Leiter des Fachgebiets Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) der TU Darmstadt, danke ich für die freundliche Übernahme des Koreferats und für das Interesse an meiner Arbeit.

Zum großen Dank verpflichtet bin ich allen Kolleginnen und Kollegen, meinen HiWis Matthias Neges, Thomas Schindler, Farzaneh Taheri-Mousavi sowie allen studentischen Hilfskräften des Lehrstuhls für Maschinenbauinformatik für die hilfreiche Unterstützung sowie das stets harmonische und kreative Arbeitsklima. Insbesondere gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Daniel Meuris für die Unterstützung bei der programmiertechnischen Umsetzung des Konzeptes und Herrn Dipl.-Ing. Jens Christian Göbel für viele interessante Diskussionen.

Weiterhin möchte ich Herren Dipl.-Ing. Johannes Conrad und Dipl.-Ing. Markus Hofmann sowie anderen Mitarbeitern der Firma Keiper GmbH & Co. KG für die erfolgreiche Zusammenarbeit im Rahmen der Kooperation des Unternehmens mit dem Lehrstuhl danken. Im Rahmen dieser Kooperation wurden die wichtigsten Aspekte der Methodik erarbeitet.

Meiner Schwägerin Inna Wolf und meinem Schwager Valentin Wolf danke ich für das sorgfältige Korrekturlesen des Manuskriptes und die vielen wertvollen Hinweise.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern Nadejda und Anatoli, Schwiegereltern Antonia und Gregor sowie meiner Schwester Julia und meinem Schwager Alexej für die jahrelange Förderung und Unterstützung meiner Ausbildung.

Und mein herzlichster Dank gilt meiner Frau Ella und meinen Kindern Jacques und Antonia, die mich mit ihrer grenzenlosen Liebe während meiner Promotion und bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt und auf viele gemeinsame Stunden mit mir verzichtet haben. Ihnen ist dieses Buch gewidmet.

Valentin Meimann

Rheine, Juli 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung und Motivation	1
1.2	Abgrenzung und Zielsetzung	3
1.3	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit	5
2	Grundlagen und Begriffsdefinitionen	7
2.1	Produkt und Produktentwicklung	7
2.2	Produktmodell und Virtuelle Produktentwicklung	9
2.3	Produktpiraterie und Wirtschaftspionage	25
2.4	Unternehmensnetzwerke im industriellen Umfeld	29
3	Anforderungen an den Know-How-Schutz virtueller Produkte	36
3.1	Fallbeispiel aus der Maschinenbau-/Windenergiebranche	36
3.2	Definition der Anforderungen	38
4	Stand der Technik und der Forschung	43
4.1	Lösungsansätze zum Know-How-Schutz virtueller Produkte	43
4.2	Beurteilung des Standes der Technik und der Forschung und resultierender Handlungsbedarf	66
5	Konzept zum Know-How-Schutz der Produktmodelle in der virtuellen Produktentwicklung	69
5.1	Gesamtkonzept	69
5.2	Netzwerk-Modell zur Abbildung der Know-How-Schutz-relevanten Aspekte in unternehmens-übergreifenden Netzwerken	74
5.3	Matrixbasierte Methode zur Know-How-Schutz-gerechten Abbildung der Produktmodellstruktur	80
5.4	Methodik zur Integration des Know-How-Schutzes in die virtuellen Produkte	90
5.5	Methodik für die kontrollierte Modellverfremdung	104
5.6	IT-Konzept für die Implementierung der entwickelten Know-How-Schutz-Methodik	122
5.7	Einordnung des Know-How-Schutz-Konzeptes in die gesamte Landkarte der Produkt-Schutz-Maßnahmen	125
6	Prototypische Umsetzung	126
6.1	Softwareprototyp	126
6.2	Validierungsszenario	129
6.3	Anwendung des IP-Editors am Beispiel des Windkraftgetriebes	134

7	Verifikation und Bewertung der Ergebnisse	141
8	Zusammenfassung und Ausblick	145
9	Literatur	148
10	Anhang	165
	10.1 Anforderungsliste – Windkraftgetriebe.....	165
	10.2 Exemplarische Auszüge des Quellcodes	167

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Einsatz unterschiedlicher Arten von Produktschutz-Konzepten in der Industrie – qualitative Darstellung (in Anlehnung an [Wil07])	3
Abbildung 1-2: Gebietsabgrenzung der Arbeit	4
Abbildung 1-3: Schwerpunktmäßig zu betrachtende Phasen des Produktlebenszyklus	4
Abbildung 1-4: Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit.....	6
Abbildung 2-1: Einordnung der Produktentwicklung in den Produktlebenszyklus [Sch06a].....	8
Abbildung 2-2: Grad der Rechnerunterstützung in Abhängigkeit von Konstruktionsphasen und Konstruktionsart [Abr08d].....	10
Abbildung 2-3: Teilproduktmodelle in der Virtuellen Produktentwicklung [Abr08d]	11
Abbildung 2-4: Einordnung der CAD-Modellierung in den Produktentwicklungsprozess (in Anlehnung an [Ste07a] und [Mei00])	14
Abbildung 2-5: CSG-Struktur eines Volumenmodells [Abr08d]	15
Abbildung 2-6: Repräsentation eines Volumenmodells durch B-Rep-Methode [Abr08d].....	15
Abbildung 2-7: Zunahme des Wissensgehaltes in den Produktmodellen in Abhängigkeit von dem Fortschritt des Produktentwicklungsprozesses und der Entwicklung der CAx-Systeme – qualitative Darstellung (in Anlehnung an [Kra05], [Zim08])	18
Abbildung 2-8: Elemente zur Beschreibung der Modell- und Produktstruktur (in Anlehnung an [Gra01])	20
Abbildung 2-9: Logische und PLM-spezifische Repräsentationen der Produktstrukturen [Wie97], [Abr08c] ..	22
Abbildung 2-10: Klassifizierung der allgemeinen Methoden zur Strukturabbildung	24
Abbildung 2-11: Zusammenhang zwischen dem Grad der Täuschung sowie der Qualität der Piraterieprodukte und der Gefahr für Urheber sowie für Kunden (in Anlehnung an [Hop03])	26
Abbildung 2-12: Einfache Darstellung eines Netzwerkes [Sch08b].....	30
Abbildung 2-13: Mögliche Dyadenformen [Jan06].....	30
Abbildung 2-14: Teilnehmer eines Pruktentwicklungsnetzwerkes (in Anlehnung an [Rit05])	32
Abbildung 3-1: Intensiver Materialfluss-begleitender Informations- und Datenaustausch zwischen den Akteuren eines Netzwerkes bei der Entwicklung einer Windkraftanlage	38

Abbildung 4-1: Anwendung des Moduls „Wrap Assembly“ [NX05]	50
Abbildung 4-2: Anwendung des Simplifiers-Moduls [COR09b]	53
Abbildung 4-3: Funktionsweisen der ERM-Systeme [Pro08].....	55
Abbildung 4-4: Beispiel für Detaillierungsstufen bei der rollenbasierten Modell-Präsentation [Cer03].....	63
Abbildung 5-1: Unterschiedliche Anforderungen auf die Bereitstellung der Produktmodelle aus der Sicht des Modellurhebers und des Kunden	69
Abbildung 5-2: Einordnung des Lösungsansatzes für den Know-How-Schutz virtueller Produkte in den Produktentwicklungsprozess.....	71
Abbildung 5-3: Vorgehensweise für die Entwicklung des Konzeptes für den Know-How-Schutz virtueller Produkte	73
Abbildung 5-4: Ego-zentriertes Netzwerk.....	74
Abbildung 5-5: Abstrahiertes Netzwerk als Triplett.....	75
Abbildung 5-6: Differenzierte Betrachtung der Rolle "Know-How-Urheber"	76
Abbildung 5-7: Rollen und Beziehungen im Netzwerk	77
Abbildung 5-8: Zuordnung der Vertraulichkeitsstufen der definierten Rollen	78
Abbildung 5-9: Strukturelemente eines 3D-CAD-Modells eines Einzelteils.....	81
Abbildung 5-10: Strukturdarstellung einer Baugruppe bestehend aus zwei Einzelteilen	85
Abbildung 5-11: Symbolische Darstellung der Baugruppen-Constraints.....	86
Abbildung 5-12: Strukturdarstellung einer Baugruppe bestehend aus mehreren Unterbaugruppen.....	87
Abbildung 5-13: Ableitung der Design-Struktur-Matrix aus der graphischen Strukturdarstellung einer Baugruppe.....	88
Abbildung 5-14: Abbildung von Hierarchie-Ebenen in einer DSM.....	89
Abbildung 5-15: Prozessbausteine der Know-How-Schutz-Methodik in den frühen Produktentwicklungsphasen (vgl. [VDI2221]).....	90
Abbildung 5-16: Detaillierte Vorgehensweise bei der Identifikation von Know-How-kritischen Produktfunktionen in den frühen Produktentwicklungsphasen.....	92

Abbildung 5-17: Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Bewertung von Lösungsprinzipien im Hinblick auf Know-How-Schutz-Bedarf	94
Abbildung 5-18: Prozessbausteine der Know-How-Schutz-Methodik in den späten Produktentwicklungsphasen (vgl. [VDI2221]).....	95
Abbildung 5-19: Vorgehensweise bei der Identifikation von Know-How-kritischen Einzelteilmodellen und Modellierungsfeatures ausgehend von der Funktionsstruktur.....	96
Abbildung 5-20: Reduktion der Menge der zu schützenden Elemente durch die Berücksichtigung von Kundenanforderungen und Standardelementen	97
Abbildung 5-21: Abschließende Prüfung aller Modellfeatures auf Wissensgehalt	97
Abbildung 5-22: Iterative Sprünge im Identifikationsprozess.....	98
Abbildung 5-23: Klassifikationsschema der Know-How-Schutz-Merkmale	99
Abbildung 5-24: Anwendung der Methoden "Stringenerweiterung" und "Attributierung" auf ein einfaches CAD-Modell	101
Abbildung 5-25: Ereignisabhängige Steuerung der geometrischen Dimensionen der Skizzenelemente durch integrierte Parametersätze	102
Abbildung 5-26: Grundsätzliche Klassifizierung der Modellverfremdungsmethoden	104
Abbildung 5-27: Beispiele für die Anwendung der Methode Geometriemanipulation	106
Abbildung 5-28: Beispiel für die Anwendung der Methode Modellbereinigung	107
Abbildung 5-29: Beispiel für die Anwendung der Konvertierungsmethode	108
Abbildung 5-30: Beispiel für die Anwendung der Tesselierungsmethode	109
Abbildung 5-31: Qualitativer Vergleich der Modellverfremdungsmethoden in Bezug auf Schutz des Produkt- und Modellierungswissens	110
Abbildung 5-32: Abhängigkeit des Grades des Know-How-Schutzes von der Anzahl der eingesetzten Modellverfremdungsmethoden (qualitative Darstellung)	111
Abbildung 5-33: Kombinationsmöglichkeiten für Modellverfremdungsmethoden	111
Abbildung 5-34: Grundlegende Vorgehensweise bei der Auswahl der Modellverfremdungsmethoden.....	113
Abbildung 5-35: Abstufung der Produktmodelle in Bezug auf Anforderungen des legalen Empfängers und den damit verbundenen Wissensgehalt	115

Abbildung 5-36: Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Auswahl der Modellverfremdungsmethoden	118
Abbildung 5-37: Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Methodenanwendung	120
Abbildung 5-38: Beispiele für a) modellspezifisches und b) modellübergreifendes IP-Profil.....	121
Abbildung 5-39: Software- und Prozesskomponenten	122
Abbildung 5-40: Objektmodell der Know-How-Schutz-Software	124
Abbildung 5-41: Einordnung des entwickelten Konzeptes in die gesamte Landkarte der Produktschutz- Maßnahmen	125
Abbildung 6-1: Typen der API-Zugriffe für Autodesk Inventor [Aut09]	126
Abbildung 6-2: Implementierte Architektur des IP-Editors	128
Abbildung 6-3: Aufruf des IP-Editors aus der Inventor-Umgebung	128
Abbildung 6-4: Hauptbestandteile einer Windkraftanlage und ihre Hauptfunktionen	130
Abbildung 6-5: Funktionsstruktur des Windkraftgetriebes	131
Abbildung 6-6: Prinzipielles Konzept des Windkraftgetriebes der 1,5 MW–Leistungsklasse	132
Abbildung 6-7: 3D- und Schnittdarstellung des modellierten Getriebes	133
Abbildung 6-8: Flankenkorrekturen	133
Abbildung 6-9: Geometrisches Zahnrad-Modell mit erweiterten Produktinformationen im 3D-CAD-System Inventor 2009	134
Abbildung 6-10: Definition der Anforderungen	135
Abbildung 6-11: Erfassung der Funktionsstruktur	136
Abbildung 6-12: Zuordnung der Funktionen zu den Modellen und Modellvisualisierung	137
Abbildung 6-13: Definition der IP-Profile	138
Abbildung 6-14: Darstellung der Baugruppenstruktur als Design-Struktur-Matrix (DSM)	139
Abbildung 6-15: Ergebnis der Modellverfremdung	140

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Anforderungen an die Methodik für Know-How-Schutz der Produktmodelle	41
Tabelle 3-2: Anforderungen an das IT-Konzept für die Implementierung der Know-How-Schutz- Methodik und an die unterstützende Software	42
Tabelle 4-1: Erfüllungsgrad der allgemeinen Anforderungen durch existierende IT-Werkzeuge, Methoden und Forschungsansätze	67
Tabelle 4-2: Erfüllungsgrad der Anforderungen an die Software durch existierende IT-Werkzeuge	68
Tabelle 5-1: Übersicht über das Rollenkonzept	79
Tabelle 5-2: Elementengruppen innerhalb eines Einzelteilmodells und zugeordnete Sicherheitsstufen ...	84
Tabelle 5-3: Vergleichende Bewertung einzelner Modellverfremdungsmethoden und deren Kombinationen in Bezug auf Know-How-Schutz sowie Flexibilität bei der Erfüllung der möglichen Anforderungen an die Modellverfremdung seitens des legalen Empfängers	112
Tabelle 5-4: Definition der Modellabstufungen mit zugeordneten Elementengruppen.....	116
Tabelle 7-1: Erfüllungsgrad der Anforderungen an die Methodik für Know-How-Schutz der Produktmodelle	142
Tabelle 7-2: Erfüllungsgrad der Anforderungen an das IT-Konzept für die Implementierung der Know- How-Schutz-Methodik und an die unterstützende Software	144

Abkürzungsverzeichnis

BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
B-Rep	Boundary Representation
BS	British Standard
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
CAA	Computer Aided Assembling
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAI	Computer Aided Inspection
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAP	Computer Aided Planning
CAQ	Computer Aided Quality Assurance
CAR	Computer Aided Robotics
CAS	Computer Aided Styling
CAT	Computer Aided Testing
CAX	Computer Aided x, wobei x als Platzhalter für verschiedene Anwendungen fungiert
CSG	Constructive Solid Geometry
DMU	Digital Mock Up
DRM	Digital Rights Management
DSM	Design Struktur Matrix
EDI	Electronic Data Interchange
ERM	Enterprise Rights Management
FE	Finite Elemente
FEM	Finite Elemente Methode
FOD	Function Oriented Design
FuE	Forschung und Entwicklung
GUI	Graphical User Interface

IP	Intellectual Property
IPP	Intellectual Property Protection
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
KBE	Knowledge Based Engineering
NC	Numerical Control
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDM	Product Data Management
P-DSM	Product modeling Design Structure Matrix
PLM	Product Lifecycle Management
PMI	Product and Manufacturing Information
RFID	Radio Frequency Identification
SADT	Structured Analysis and Design Technique
STEP	Standard for the Exchange of Product model data
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VPE	Virtuelle Produktentwicklung
XML	Extensible Markup Language
WKA	Windkraftanlage