Entwicklung eines Entscheidungsdatenmodells zur Entscheidungspräsentation in der virtuellen Produktentwicklung

Vom Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt

zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs
(Dr.-Ing.)

genehmigte
Dissertation

vorgelegt von
Frank Schönberg, M. Sc.
aus Lampertheim

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
Mitberichterstatter: Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schürr

Tag der Einreichung: 25. Juni 2014
Tag der mündlichen Prüfung: 21. Oktober 2014

Darmstadt 2014

Forschungsberichte aus dem Fachgebiet
Datenverarbeitung in der Konstruktion

Band 51

Frank Schönberg

**Entwicklung eines Entscheidungsdatenmodells zur
Entscheidungspräsentation in der virtuellen Produkt-
entwicklung**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2015

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.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2014

Copyright Shaker Verlag 2015

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3647-3

ISSN 1435-1129

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

VORWORT DES HERAUSGEBERS

Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien bieten vielfältige Innovations- und Leistungspotentiale, die es für die Entwicklung und Konstruktion neuer Produkte auszuschöpfen gilt. Dies setzt voraus, dass die theoretischen Grundlagen zum Einsatz solch einer Technologie in Entwicklung und Konstruktion vorliegen und neue Methoden wissenschaftlich abgesichert sind. Darüber hinaus ist der Transfer wissenschaftlicher Forschungsergebnisse in die Praxis außerordentlich wichtig.

In diesem Rahmen informiert die hier vorliegende Schriftreihe über aktuelle Forschungsergebnisse des Fachgebiets Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) des Fachbereichs Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt. Ziel dieser Forschungsarbeiten ist die wissenschaftliche Durchdringung innovativer, interdisziplinärer und integrierter Produktentwicklungsprozesse und darauf aufbauend die Konzeption neuer Methoden für die Entwicklung und Konstruktion von Produkten sowie für die Zusammenarbeit in virtuellen Produktentwicklungsprozessen. Dabei spielt die Präsentation, Verarbeitung und Dokumentation von Produktdaten eine wichtige Rolle.

Vor diesem Hintergrund befasst sich Herr Schönberg in dieser Dissertation mit der Präsentation, Verarbeitung und Dokumentation von Entscheidungsdaten. Dies wird durch die Erweiterung des Produktdatenmodells um ein im Rahmen dieser Dissertation entwickeltes Entscheidungsdatenmodell ermöglicht. Dadurch wird es dem Entwickler oder Konstrukteur während des virtuellen Produktentstehungsprozesses ermöglicht, jede Entscheidung mit deren Datengrundlage zu visualisieren, weiter zu verarbeiten und zu dokumentieren. Diese Dissertation liefert damit einen wichtigen Beitrag bei der durchgängigen Dokumentation und der Transparenz des Produktentstehungsprozesses.

Reiner Anderl

VORWORT DES AUTORS

Diese Dissertation entstand im Rahmen meiner Tätigkeit bei den Freudenberg New Technologies SE & Co. KG als externer Doktorand des Fachgebiets „Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK)“ an der Technischen Universität Darmstadt.

Mein Dank gilt deshalb vor allem meinem Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, Dr. Matthias Messer und Dr.-Ing. Oliver Häusler. Ohne sie wäre das Vorhaben dieser Promotion nicht möglich gewesen. Darüber hinaus möchte ich mich bei ihnen für die fachlichen Diskussionen, die ab und an notwendige Motivation, das entgegengebrachte Vertrauen und die Unterstützung während dieser Zeit herzlich bedanken.

Danksagen möchte ich an dieser Stelle außerdem den Kolleginnen und Kollegen des Fachgebiets DiK. Trotz meiner seltenen Anwesenheit am Fachgebiet habe ich mich von Beginn an sehr wohl gefühlt und konnte mich auf die Unterstützung der Kolleginnen und Kollegen immer verlassen. Genauso möchte ich mich in diesem Zusammenhang bei meinen Kolleginnen und Kollegen innerhalb der Unternehmensgruppe Freudenberg, welche mir mit Rat und Tat während meiner Zeit als Nachwuchsforscher zur Seite standen, bedanken.

Für das Verständnis und den Rückhalt während der entbehrungsreichen Zeit der Promotion möchte ich mich zu guter Letzt natürlich bei den wohl wichtigsten Menschen in meinem Leben bedanken - meiner Familie und meinen Freunden.

Frank Schönberg

Abstract

In this dissertation a systematic approach to support decision-makers in the product development process is introduced. This is done by implementing a method for decision presentation in virtual product development based on a proposed decision data model. By validating the implemented systematic approach, the benefit and the applicability for decision support are shown. A profile gasket for offshore wind turbine rotor bearings is used as an application example.

Kurzfassung

In dieser Dissertation wird ein Konzept zur Unterstützung von Entscheidungsträgern in der Produktentwicklung vorgestellt. Dazu wird ein Assistenzsystem zur Präsentation von Entscheidungen und deren Kontext in der virtuellen Produktentwicklung implementiert. Diese Entscheidungspräsentation basiert auf dem im Rahmen dieser Dissertation eingeführten Entscheidungsdatenmodell. Anhand einer Dichtung für Rotorlager in Offshore Windkraftanlagen wird gezeigt, dass sowohl das Entscheidungsdatenmodell als auch das Assistenzsystem den an der Produktentwicklung beteiligten Personenkreis unterstützt.

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	I
KURZFASSUNG	I
INHALTSVERZEICHNIS	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	VII
TABELLENVERZEICHNIS.....	XIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XV
FORMELVERZEICHNIS	XVII
1. EINLEITUNG.....	1
1.1 MOTIVATION UND ZIELSETZUNG	1
1.2 AUFBAU DER DISSERTATION	4
2. STAND DER TECHNIK	5
2.1 DIE PRODUKTENTWICKLUNG	5
2.1.1 Grundlagen der Produktentwicklung	6
2.1.2 Die virtuelle Produktentwicklung	8
2.2 GRUNDLAGEN DER ENTSCHEIDUNGSTHEORIE	11
2.3 BEGRIFFSDEFINITIONEN ZUM THEMA RISIKO UND ZUVERLÄSSIGKEIT	15
2.4 METHODEN ZUR ENTSCHEIDUNGSMODELLIERUNG	20
2.4.1 Methoden der Entscheidungsmodellierung	20
2.4.2 Methoden der Prozessmodellierung	25
2.5 EINFÜHRUNG WICHTIGER BEGRIFFE DES ENTSCHEIDUNGSDATENMODELLS	30

2.6 DARSTELLUNG DES HANDLUNGSBEDARFS	31
3. ANFORDERUNGEN AN EIN ENTSCHEIDUNGSDATENMODELL.....	37
4. KONZEPT FÜR EIN ENTSCHEIDUNGSDATENMODELL.....	41
4.1 ENTWICKLUNG EINES ENTSCHEIDUNGSDATENMODELLS	41
4.2 ÜBERBLICK ÜBER DAS KONZEPT	42
4.3 EIN ENTSCHEIDUNGSDATENMODELL ZUR ENTSCHEIDUNGSPRÄSENTATION	45
4.3.1 Einführung einer Entscheidungsdefinition	45
4.3.1.1 Beschreibung einer Entscheidung anhand ihrer Merkmale	55
4.3.1.2 Unterteilung und Abhängigkeiten von Entscheidungen	57
4.3.1.3 Zyklen innerhalb einer Aufgabe	59
4.3.2 Einführung einer Entscheidungsrepräsentation	61
4.3.3 Beispielhafte Darstellung der Entscheidungspräsentation	68
4.3.4 Fazit der Beispielhaften Darstellung	79
5. IMPLEMENTIERUNG EINES ASSISTENZSYSTEMS.....	81
5.1 ENTSCHEIDUNGSDEFINITION ALS GRUNDLAGE DES ASSISTENZSYSTEMS	83
5.2 ENTSCHEIDUNGSREPRÄSENTATION ALS SYMBOLIK DES ASSISTENZSYSTEMS	86
5.3 DATENBANK ZUR VERWALTUNG UND DOKUMENTATION DER DATEN ZUR ENTSCHEIDUNGSPRÄSENTATION	88
5.4 ZUSAMMENFÜHRUNG DES ENTSCHEIDUNGSDATENMODELLS UND EINER DATENBANK IM ASSISTENZSYSTEM „viDES“	89
6. VALIDIERUNG ANHAND EINES DEMONSTRATORS.....	95
6.1 PROFILDICHTUNG FÜR ROTORLAGER IN OFFSHORE WINDKRAFTANLAGEN	95
6.2 ENTSCHEIDUNGSPRÄSENTATION EINER PROFILDICHTUNG FÜR ROTORLAGER IN OFFSHORE WINDKRAFTANLAGEN	98
6.2.1 Präsentation der kundenneutralen Anforderungsliste	100
6.2.2 Auslegung anhand der kundenspezifischen Anfrage „Innendruck“	106
6.2.3 Auslegung anhand der kundenspezifischen Anfrage „Reibmoment“	114
6.3 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	122
7. FAZIT.....	125

7.1 VERGLEICH DES ASSISTENZSYSTEMS „VIDES“ MIT DEN ANFORDERUNGEN	126
7.2 ANWENDBARKEIT DES ENTSCHEIDUNGSDATENMODELLS	128
7.3 ZUSAMMENFASSUNG DER STÄRKEN UND SCHWÄCHEN DES KONZEPTS	130
8. AUSBLICK.....	133
9. ZUSAMMENFASSUNG	139
LITERATURVERZEICHNIS	141
ANHANG	155
A.1 GRAPHEN-THEORIE	155
A.2 ZUSAMMENFASSUNG DER ENTSCHEIDUNGSDEFINITION	156
A.3 PROGRAMMABLAUFPLÄNE DER KONTEXTABHÄNGIGEN MERKMALE	158
A.4 KONTEXTDATEN DES TSPS	161
A.5 ZUSAMMENFASSUNG DER ENTSCHEIDUNGSREPRÄSENTATION	162
A.6 ASSISTENZSYSTEM „VIDES“ ZUR EINGABE DER DATEN	164
A.7 VOLLSTÄNDIGE SICHT „ID-HIERARCHIE“ UND „ABHÄNGIGKEIT“ FÜR DEN DEMONSTRATOR	166
A.8 KURZBESCHREIBUNG DER ZUM EINSATZ KOMMENDEN MECHANISMEN	168