

# Methode zur Entwicklung handlungsbefähigender Produktstrukturen

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Ingenieurwissenschaften

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Marc Glauche

aus Berlin

genehmigt von der Fakultät für  
Mathematik/Informatik und Maschinenbau  
der Technischen Universität Clausthal,

Tag der mündlichen Prüfung  
22. September 2015

Vorsitzender der Promotionskommission: Prof. Dr. Sven Hartmann

Hauptberichterstatter: Prof. Dr. Jörg P. Müller

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Norbert Müller

Mitberichterstatterin: Prof. Dr. Ute Dietrich

Produktentwicklung

**Marc Glauche**

**Methode zur Entwicklung  
handlungsbefähigender Produktstrukturen**

D 104 (Diss. TU Clausthal)

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.: Clausthal, Techn. Univ., Diss., 2015

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 978-3-8440-4062-3

ISSN 1866-1742

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

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

## Danksagungen

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Herrn Professor Dr. Jörg Müller für die wissenschaftliche Betreuung meiner berufsbegleitenden Promotion bedanken. Die regelmäßigen kritischen Durchsprachen meines Promotionsthemas haben mir geholfen, die Promotion erfolgreich abzuschließen.

Dank gebührt meiner Frau, die mir in den letzten Jahren den Rücken freigehalten und mich stets ermutigt hat weiter zu machen. Ohne Deinen Rückhalt hätte ich das nicht geschafft.

Dank gilt auch meinen ehemaligen Siemenskollegen, Jörg Fischer, Bernhard Lammel, Dirk Hosenfeld, Martin Rebel und der gesamten *BOMPractiseGroup* für die hilfreichen Diskussionen und Anregungen.



# Abstract

The innovation and competitiveness of companies increasingly relies on the control of information technology systems and optimization of the product life cycle. A prerequisite for this is the practical implementation of integrated process flows by means of efficient product structures which are tailored to the IT systems. The challenge for product structuring lies in overcoming unclear design situations, particularly in the areas of lack of clarity about objectives, dynamics, lack of information about semantic consistency and the influencing factors that are evaluated and analysed. The central question is therefore: How to achieve sound product structures that enable practical implementation of integrated process flows?

In the course of this study, the relevant factors were identified, systematized and their interdependencies were determined. The results were embedded in a methodology consisting of development model and metamodel. The components of the development model are the individual phases which enable the development of the product data structure based on the iterative process of analysis and synthesis. In contrast, the meta-model describes the hierarchy of the product structuring. In order to evaluate the method developed, the author conducted a case study as internal validation. The process of developing an offshore wind turbine with eight specific applications implemented in Teamcenter 8 formed the basis of the study.

The method developed could be used within the initial phase to identify the relevant domains within the first phase and determine the solution space. Based on this, the product data structure was derived based on the relevant factors as well as the recommendations and structure blocks developed during the study. The resulting structural approach provides an opportunity to integrate the relevant application areas and served as a template for the data model in Teamcenter 8. In this way, the requirement of planning maintenance intervals is implemented by linking the evidence and strategic elements. This makes it possible to directly assign technical solutions to a maintenance strategy while maintaining different life cycles and the relevant strategy for the components. In this context, the strategic element operates as an element that anchors the maintenance strategy within the product data structure. Evaluation of the product data structure in particular, in the context of the unique challenges

of the offshore sector, has shown that it is possible to implement the central requirements. Product structuring is no longer an unplanned creative activity, and its result does not depend solely on the capabilities of the system designer. The practical implementation of integrated process flows is made possible by

- IT support of the relevant processes,
- clear mapping of the areas of responsibility and authority
- transparency and traceability.

Identifying the interdependencies between the relevant factors and knowledge of their direction of action are crucial. This facilitates analysis and evaluation, and thus the description of the concrete structural influence that the relevant factors have on the product data structure. This made it possible to close the gap between business and technical product structuring approaches.

PLM, product data structure, method, integrated process flows, applicable product structure



# Zusammenfassung

Die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beruht zunehmend auf der informationstechnischen Beherrschung und Optimierung des Produktlebenszyklus. Voraussetzung dafür ist die praktische Umsetzung integrierter Prozessflüsse durch handlungsbefähigende und auf die IT-Systeme abgestimmte Produktstrukturen.

Die Herausforderung der Produktstrukturierung liegt in der Überwindung unklarer Gestaltungssituationen insbesondere in den Feldern der Zielunklarheit, Dynamik, Informationsdefizite der semantischen Konsistenz sowie der bewerteten und analysierten relevanten Einflussfaktoren. Die zentrale Frage lautet demnach: Wie gelangt man zu handlungsbefähigenden Produktstrukturen, die eine praktische Umsetzung integrierter Prozessflüsse ermöglichen?

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die relevanten Einflussfaktoren identifiziert, systematisiert und deren wechselseitigen Abhängigkeiten bestimmt. Eingebettet werden die Ergebnisse in eine Methode, bestehend aus Entwicklungsmodell und Metamodell. Bestandteil des Entwicklungsmodells sind die einzelnen Phasen, die aufbauend auf dem iterativen Prozess der Analyse und Synthese die Entwicklung der Produktdatenstruktur ermöglichen. Hingegen beschreibt das Metamodell das Abhängigkeitsgeflecht der Produktstrukturierung. Für die Evaluation der entwickelten Methode wurde eine Fallstudie als interne Validierung durch den Autor vorgenommen. Grundlage bildete der Entwicklungsprozess einer Offshore-Windkraftanlage mit acht in Teamcenter 8 umgesetzten Anwendungsfällen. Mittels der entwickelten Methode konnten innerhalb der ersten Phase die relevanten Domänen identifiziert und der Lösungsraum bestimmt werden. Darauf aufbauend wurde über die relevanten Einflussfaktoren und die in dieser Arbeit entwickelten Empfehlungen und Lösungsrezepte die Produktdatenstruktur hergeleitet. Der sich hieraus ergebende Strukturierungsansatz liefert einen Integrationshorizont für die relevanten Anwendungsbereiche und diente als Vorlage für das Datenmodell in Teamcenter 8. So wird die Forderung zur Planung von Wartungsintervallen durch die Kopplung von Dokument und Strategieelement umgesetzt. Damit können direkte technische Lösungen einer Instandhaltungsstrategie und unter Aufrechterhaltung unterschiedlicher Lebenszyklen für das Bauteil und die relevante Strategie zugeordnet werden. In diesem Zusammenhang fungiert das Strategieelement als

Anker der Instandhaltungsstrategie innerhalb der Produktdatenstruktur. Gerade die Bewertung der Produktdatenstruktur vor dem Hintergrund der besonderen Herausforderungen im Offshore-Bereich hat gezeigt, dass die zentralen Anforderungen umgesetzt werden konnten. Die Produktstrukturierung ist keine ungeplante kreative Tätigkeit mehr, deren Ergebnis nicht mehr allein von den Fähigkeiten des Systemgestalters abhängt. Die praktische Umsetzung integrierter Prozessflüsse ist durch

- die informationstechnische Unterstützung der relevanten Prozesse,
- die klare Abbildung von Verantwortungsbereichen und Berechtigungs-räumen sowie
- durch die Transparenz und Rückverfolgbarkeit möglich.

Die Identifikation der wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den relevanten Einflussfaktoren und die Kenntnis über deren Wirkrichtung tragen entscheidend hierzu bei. Dies ermöglichte eine Analyse und Bewertung und damit die Beschreibung des konkreten Struktureinflusses der relevanten Einflussfaktoren auf die Produktdatenstruktur. Die Lücke zwischen dem fachlichen und technischen Ansatz zur Produktstrukturierung konnte geschlossen werden.

PLM, Produktdatenstruktur, Methode, integrierte Prozessflüsse, handlungsbefähigende Produktstruktur

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung . . . . .	3
1.2	Problemfelder der Produktstrukturierung . . . . .	7
1.2.1	Komplexität . . . . .	10
1.2.2	Semantische Konsistenz . . . . .	12
1.2.3	Dynamik . . . . .	13
1.2.4	Zielunklarheit . . . . .	15
1.2.5	Informationsdefizit . . . . .	16
1.3	Resultierende Probleme . . . . .	17
1.4	Zielsetzung . . . . .	20
1.5	Vorgehen . . . . .	21
1.6	Zusammenfassung . . . . .	23
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Produktstrukturierung</b>	<b>25</b>
2.1	Ansätze zur Produktstrukturierung . . . . .	27
2.1.1	Komplexität . . . . .	28
2.1.2	Zielunklarheit . . . . .	29
2.1.3	Dynamik . . . . .	31
2.1.4	Informationsdefizit . . . . .	32
2.1.5	Semantische Konsistenz . . . . .	33
2.1.6	Einflussfaktoren . . . . .	35
2.1.7	Fazit: Notwendigkeit eines neuen Ansatzes zur Produktstrukturierung . . . . .	36
2.2	Produktdatenstrukturen . . . . .	39
2.2.1	Anforderungen an Produktdatenstrukturen . . . . .	40
2.2.2	Komponenten von Produktdatenstrukturen . . . . .	44

2.3	Bewertung von Produktstrukturen (State of the Art) . . . . .	48
2.4	Strukturen und Mittel der Strukturierung . . . . .	52
2.4.1	Klassifizierung von Strukturen . . . . .	55
2.4.2	Beschreibungsmittel für Strukturen . . . . .	55
2.4.3	Strukturtemplete . . . . .	59
2.5	Zusammenfassung . . . . .	62
<b>3</b>	<b>Strukturbeeinflussende Faktoren</b>	<b>65</b>
3.1	Grundlagen . . . . .	66
3.1.1	Gruppierung von Einflussfaktoren . . . . .	68
3.1.2	Merkmale zur Beschreibung von Einflussfaktoren . . . . .	69
3.2	Organisatorische Einflussfaktoren . . . . .	72
3.2.1	Organisatorische Gestaltung . . . . .	72
3.2.2	Kooperation . . . . .	81
3.2.3	Entwicklungsansatz . . . . .	84
3.3	Prozessbedingte Einflussfaktoren . . . . .	87
3.3.1	Domänen . . . . .	88
3.3.2	Fertigungsentscheidung . . . . .	95
3.3.3	Outsourcing . . . . .	98
3.3.4	Grad der Wiederverwendung . . . . .	102
3.4	Produktimmanente Einflussfaktoren . . . . .	104
3.4.1	Konstruktion . . . . .	105
3.4.2	Varianz . . . . .	114
3.4.3	Instandhaltung . . . . .	117
3.5	Einflussfaktoren aus der zugrundeliegenden Informationstechnologie . . . . .	122
3.5.1	Abbildungsunterschiede . . . . .	124
3.5.2	Legacy Systems . . . . .	128
3.5.3	Datenmanagementsysteme . . . . .	131
3.5.4	Autorensysteme . . . . .	133
3.6	Externe Einflussfaktoren . . . . .	135
3.7	Abhängigkeiten zwischen Einflussfaktoren . . . . .	137
3.8	Zusammenfassung . . . . .	139

<b>4</b>	<b>Operationalisierung der Empfehlungen</b>	<b>143</b>
4.1	Lösungsraum . . . . .	143
4.2	Lösungsrezepte . . . . .	144
4.3	Zusammenfassung . . . . .	156
<b>5</b>	<b>Methode zur Entwicklung von Produktdatenstrukturen</b>	<b>159</b>
5.1	Metamodell . . . . .	162
5.2	Entwicklungsmodell . . . . .	165
5.2.1	Arbeitsschritte des Entwicklungsmodells . . . . .	166
5.3	Anforderungen an die Methode . . . . .	168
5.4	Zusammenfassung . . . . .	173
<b>6</b>	<b>Evaluation der Methode</b>	<b>175</b>
6.1	Bewerkungskriterien . . . . .	177
6.2	Produktdatenstruktur einer Offshore Windkraftanlage . . . . .	177
6.2.1	Wirkweise und konstruktiver Aufbau . . . . .	178
6.2.2	Besondere Herausforderungen im Offshore Bereich . . . . .	179
6.2.3	Relevante und kritische Einflussfaktoren . . . . .	181
6.2.4	Entwicklungsprozess einer Offshore Windkraftanlage . . . . .	183
6.3	Aufbau des Strukturprototyps (Entwicklungsmodell) . . . . .	188
6.3.1	Phase 1: Festlegung des Gestaltungsrahmens . . . . .	188
6.3.2	Phase 2: Realisierung der Produktdatenstruktur . . . . .	190
6.3.3	Phase 3: Bewertung der Produktdatenstruktur . . . . .	195
6.4	Bewertung der Methode . . . . .	206
6.5	Überprüfung der These . . . . .	215
6.5.1	Überprüfung der These entlang der relevanten Dimensionen . . . . .	216
6.5.2	Zusammenfassung . . . . .	220
6.6	Ausblick . . . . .	222
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>225</b>
A.1	Problemfeld der Produktstrukturierung . . . . .	225
A.1.1	Produktstrukturen bestehender Ansätze . . . . .	229
A.2	Umfrage . . . . .	232
A.2.1	Ergebnisse der Expertenbefragung . . . . .	234

A.3	Zusammenfassung Einflussfaktoren . . . . .	239
A.4	Szenario Offshore Windkraft . . . . .	242
A.4.1	Umsetzung der Anwendungsfälle in Teamcenter . . . . .	244
A.4.2	Lösungsrezepte in Teamcenter . . . . .	254
A.5	Das Problem der Instanziierung in PDM-Systemen . . . . .	262
A.6	Ausgewählte Modellierungsmethoden . . . . .	265
A.6.1	UML . . . . .	265
A.6.2	ARIS . . . . .	266
A.7	Grafiken . . . . .	267