

Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung



**10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik
KT2012 | Residenzschloss Dresden | 14.–15. Juni 2012**

Stelzer · Grote · Brökel · Rieg · Feldhusen (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik KT2012

Ralph Stelzer · Karl-Heinrich Grote · Klaus Brökel
Frank Rieg · Jörg Feldhusen (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN

Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung

Entwickeln – Entwerfen – Erleben.
Methoden und Werkzeuge in der Produktentwicklung
10. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik (KT2012)

Herausgeber:

Prof. Dr. Ralph Stelzer (Technische Universität Dresden)
Prof. Dr. Karl-Heinrich Grote (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg)
Prof. Dr. Klaus Brökel (Universität Rostock)
Prof. Dr. Frank Rieg (Universität Bayreuth)
Prof. Dr. Jörg Feldhusen (RWTH Aachen)

Wir bedanken uns für die Unterstützung bei
ma design, Tedata, Continental, xPLM, B.I.M. Consulting und Reiss Büromöbel

ma design
//ENGINEERING

Continental 

B.I.M.
consulting

TEDATA

xPLM
Solution

REISS

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.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 987-3-942710-80-0

© 2012 TUDpress
Verlag der Wissenschaften GmbH
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19
<http://www.tudpress.de>

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.
Layout und Satz: Sandra Olbrich/Technische Universität Dresden.
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration Audi A6 Limousine © 2012 Audi AG

Ute Dietrich, Marc Glauche & Jörg P. Müller

Produktstrukturbeeinflussende Gestaltungskriterien am Beispiel von Offshore-Windkraftanlagen

Die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beruht zunehmend auf der Fähigkeit der informationstechnischen Beherrschung und Optimierung des Produktlebenszyklus, wobei die Komplexitätsbeherrschung vermehrt als Kernkompetenz zur Erlangung eines strategischen Wettbewerbsvorteils begriffen wird. Im Mittelpunkt stehen die steigende Komplexität der Produkte und deren informationstechnische Abbildung. Die Produktstruktur gilt hier als der wichtigste Komplexitätstreiber in einem Unternehmen (Ghoffrani 2007, Wüpping 2003). Damit werden in zunehmendem Maße die systematische Produktgestaltung und der transparente Aufbau bzw. die Abbildung der Produktstruktur der erste Schritt, um Komplexität zu verstehen und zu gestalten (Schuh & Schwenk 2007).

Da die Produktstruktur auch die gemeinsame verbindliche Datenbasis für alle Prozesse und Prozesspartner ist, gewinnt der Einfluss der Komplexität auf die informationstechnische Abbildung ebenfalls an Bedeutung. Die Innovationsfähigkeit und damit die schnelle Reaktion auf sich ändernde Märkte sind nur durch eine verstärkte informationstechnische Verzahnung der einzelnen Phasen möglich. Ohne eine funktionierende Produktstruktur sind Prozesse zur Leistungserstellung nicht mehr umsetzbar, eine handlungsfähige Struktur erhält Entscheidungscharakter (Pulm 2004).

Dies gilt in besonderem Maße für eine erfolgreiche Durchführung von Offshore-Windpark- Vorhaben, bei der hohe Anforderungen an alle Beteiligten in Bezug auf Planungen für Beschaffungen, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb und letztlich Rückbau gestellt werden. Im Laufe dieser Phasen fallen erhebliche Datenmengen an, die einander bedingen bzw. entsprechende Abhängigkeiten beinhalten und letztlich durch eine arbeitsfähige Produktstrukturierung präsentiert werden müssen. Windparks besitzen zudem einen spezifischen Lebenszyklus. Auch in Offshore-Windpark-Produkten werden bereits in der Planungsphase die entscheidenden Kosten für alle folgenden Lebenszyklusphasen festgelegt, allerdings mit der Besonderheit, dass hier der Grundstein für ein auf 25 Jahre ausgerichtetes Projekt gelegt wird. Schwächen und Fehler in dieser Phase wirken sich im ungünstigsten Fall während der gesamten Betriebsdauer aus. Planungsentscheidungen haben zudem einen entscheidenden Einfluss auf den Rückbau- und die Recyclingmöglichkeiten von Anlagen. Die hier gefundenen Lösungsstrategien bestimmen einen enormen Teil der zu erwartenden Probleme und Kosten und sind mit ausschlaggebend für den Erfolg des Gesamtkonzeptes. Eine arbeitsfähige Struktur gilt hier als Garant für die Wettbewerbsfähigkeit.

Problemfelder der Produktstrukturierung

Kennzeichnend für die Produktstrukturierung ist deren unternehmens- und lebenszyklusübergreifende Funktion. Sie unterliegt damit auch den Einflüssen, die sich aus dieser Querschnittfunktion ergeben. So ist die Produktstruktur als informationstechnischer Backbone die Manifestation der auf ihr abgebildeten Prozesse sowie der produktimmanenten Komplexität und den kontinuierlichen Änderungen, also der Dynamik, die sich daraus ergibt. Im Mittelpunkt der Produktstrukturierung steht das Produkt (Schuh & Schwenk 2001) mit allen für die Produkterstellung notwendigen Informationen. Diese Informationen dienen dem Erreichen der Entwicklungsaufgabe und entscheiden durch Qualität und zeitnahe Bereitstellung über deren Erfolg.

Aus der systemtheoretischen Perspektive bedeutet die Gestaltung des Systems Produktstruktur die Gestaltung der Elemente und ihrer Beziehungen durch einen Systemgestalter (Göpfert 2009). Die

Schwierigkeit für den Systemgestalter liegt in unklaren Gestaltungssituationen, resultierend aus den Wechselwirkungen zwischen den Elementen der Produktstruktur und deren Beziehungen. Diese Unklarheit der Gestaltungssituation der Produktstruktur beschreibt (Göpfert 2009) anhand der Dimensionen Komplexität, Neuartigkeit, Dynamik und Zielunklarheit.

Diese Bestimmungsgrößen werden jedoch dem wachsenden Einfluss der Informationstechnologie nicht gerecht. Eine Produktstruktur muss nach (Schuh & Schwenk 2001) auf die Informationssysteme im Unternehmen abgestimmt sein und daher um die Dimension der semantischen Konsistenz erweitert werden (Fischer et al. 2011).

Das Spannungsfeld, worin sich die Produktstrukturierung bewegt kann demnach über die folgenden fünf Dimensionen beschrieben werden (siehe Abbildung 1).

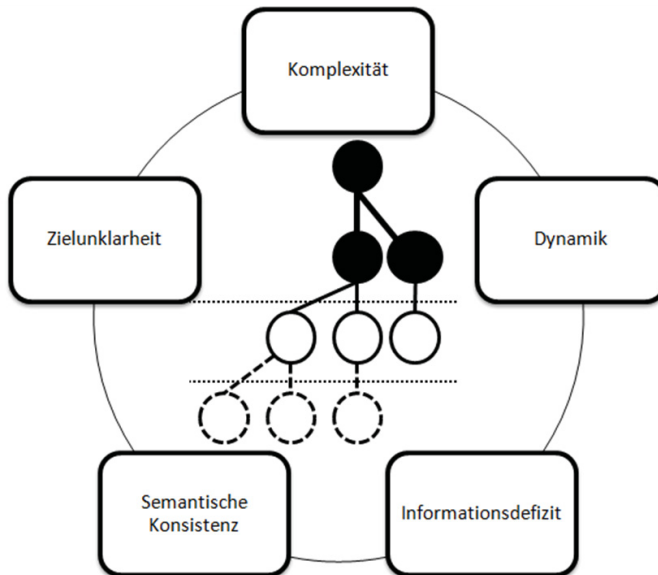


Abbildung 1: Problemfelder der Produktstrukturierung

- Informationsdefizite,
also dem Fehlen von Lösungswissen;
- Zielunklarheit, die oftmals unpräzise,
mehrdeutig, veränderliche oder gar widersprüchlich
Zielformulierung (Göpfert 2009);
- Komplexität, die Produkt- bzw. technische Komplexität,
wie auch in der Prozess- bzw. organisatorischen
Komplexität (Jania 2004, Göpfert & Steinbrecher
2000);
- Dynamik, dem zeitlichen Verhalten eines Systems und
damit die Veränderungen der Systemelemente im
Zeitablauf;
- semantische Konsistenz, dem Zusammenspiel und
den wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen zu
realisierenden Anwendungsfällen einerseits und
Authoring- und Datenmanagementsystemen anderer-
seits (Fischer et al. 2011).

Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit durch die informations-technische Beherrschung des Produktlebenszyklus sind arbeitsfähige Strukturen erforderlich, die einen multidisziplinären Entwicklungsprozess unterstützen. Um den vielfältigen Zielsetzungen aus allen Phasen des Produktlebens gerecht zu werden, insbesondere bei komplexen, variantenreichen Produkten mit einem langen Lebenszyklus, ist eine geeignete Strukturierung unumgänglich. An eine Struktur müssen daher allgemei gültige Anforderungen gestellt werden. So muss die Produktstruktur die Realisierung der fachlichen Anforderungen performant, stabil und in der Handhabung einfach über einen langen Zeitraum unterstützen. In diesem Zusammenhang kann man von der Arbeitsfähigkeit, also der Fähigkeit der Produktstruktur eine konkrete Aufgabe unter bestimmten Ausführungsbedingungen zu bewältigen, verstehen. Die Arbeitsfähigkeit kann auch als Effizienz übersetzt werden, mit der die o. g. Punkte auf der Struktur umgesetzt werden. Die über die Arbeitsfähigkeit definierte Struktur wird im Folgenden Produktdatenstruktur genannt.

Die aktuell diskutierten Ansätze haben die Beherrschung der Komplexität im Rahmen der Produktstrukturierung zum Ziel. So liefert

die Methode von Zagel (2006) bereits eine Vorgehensweise zur iterativen Produktstruktur-Optimierung unter Berücksichtigung relevanter Einflussfaktoren, während bei Rapp (2010) auf eine Vorgehensweise zur Entwicklung von modularen Produktstrukturen als Erzeugnisgliederung für Entwicklung, Montage und Vertrieb eingegangen wird. Aspekte die bei den bestehenden Methoden zur Produktstrukturierung nicht ausreichend betrachtet werden sind:

- Identifikation und Analyse von strukturbeeinflussenden Faktoren über die Produktimmanenten hinaus sowie die
- Ableitung von Maßnahmen zur Beherrschung der Auswirkungen auf die Strukturierung durch die Einflussfaktoren.

Eine Weiterentwicklung der bestehenden Ansätze ist daher erforderlich. Der hier vorgestellte Ansatz beinhaltet Bausteine, die dem Systemgestalter der Produktdatenstruktur in deren Gestaltung unterstützen. Diese Bausteine werden im Folgenden Lösungselemente genannt und setzen sich aus Einflussfaktoren, Gestaltungsrichtlinien und Strukturbausteinen zusammen.

Lösungselemente der Produktstrukturierung

Die zentralen Fragestellungen bei der Entwicklung der Produktdatenstruktur sind technischer wie auch organisatorischer Natur und richten sich u.a. an den Aufbau oder die Herstellung des Produktes wie auch an die Zerlegung des Prozesses zur Leistungserstellung auf Aufgabenträger.

Der hier vorgestellte Ansatz zur Entwicklung einer arbeitsfähigen Produktdatenstruktur fokussiert auf die Lösungselemente, bestehend aus Strukturbausteinen, Einflussfaktoren und Gestaltungsrichtlinien. Eingebettet in eine Methode liefert das hier im Folgenden vorgestellte Vorgehen eine Möglichkeit zur Überwindung der Probleme der Produktstrukturierung, indem die einzelnen Problemfelder durch Lösungselemente adressiert werden.

Die in diesem Beitrag skizzierte Methode definiert ein prinzipielles Vorgehen zur Entwicklung einer arbeitsfähigen Produktstruktur. Das

Ziel der Methode mit den einzelnen Lösungselementen ist eine auf die identifizierten Einflussfaktoren, Gestaltungsrichtlinien und Anforderungen abgestimmte Produktstruktur. Mittels dieser Methode werden Rahmenbedingungen für die zu entwickelnde Struktur festgelegt. Die Zieldefinition in Form der Festlegung des Geschäftsziels steht hier an oberster Stelle. Daraus werden auf der operativen Ebene die einzelnen zu erfüllenden Anwendungsfälle abgeleitet und u.a. Festlegungen für die einzusetzenden Systeme und einzubindenden Organisationseinheiten getroffen. Aus dem daraus adressierten Lösungsraum können anschließend die relevanten Einflussfaktoren identifiziert werden.

Einflussfaktoren haben Auswirkung auf die Komplexität der Produktdatenstruktur (Zagel 2006) und deren Arbeitsfähigkeit. Die Analyse der Einflussfaktoren bezogen auf die Komplexität und Arbeitsfähigkeit der Produktdatenstruktur ermöglicht die Festlegung der Auswirkung und unterstützt damit die Entscheidungsfindung. Sie erzwingen zu ihrer Beherrschung eine Analyse in einer frühen Phase der Produktentwicklung.

Zu den relevanten Einflussfaktoren gehören :

- Einflussfaktoren aus Sicht des zu erstellenden Produktes und damit der Funktionen die die einzelnen Elemente realisieren und aus dem Verständnis der Verbindung der Einzelteile und Baugruppen untereinander;
- Einflussfaktoren aus der zugrundeliegenden Organisation;
- Einflussfaktoren aus dem Prozess zur Leistungserstellung;
- Einflussfaktoren aus der zugrundeliegenden IT-Technologie und den Abbildungsunterschieden in diesen Systemen sowie
- Externe Einflussfaktoren, beispielsweise aus der Notwendigkeit der Rückverfolgbarkeit einzelner Bauteile und Baugruppen sowie der Ersatzteilproblematik.

Den zweiten Lösungsbaustein stellen die Gestaltungsrichtlinien. Sie bilden Richtlinien für die Entwicklung einer arbeitsfähigen

Produktdatenstruktur und resultieren zum einen aus den Anforderungen und dem Problemfeld der Produktstrukturierung und zum anderen aus den Einflussfaktoren. Zu den allgemeingültigen Gestaltungsrichtlinien gehören nach Reinecke (2010) u. a.:

- die Angleichung der externen Varianz an die vom Markt geforderte sowie
- die Reduzierung der internen Varianz unter Berücksichtigung der Externen.

Eine weitere Bestimmungsgröße für Gestaltungsrichtlinien sind die Einflussfaktoren. So erfordert beispielsweise die Wiederverwendung von Konstruktionsergebnissen die Trennung von Geometrie und Lage und liefert damit eine Gestaltungsrichtlinie. Die konkrete Ausgestaltung innerhalb einer Struktur lassen Gestaltungsrichtlinien offen. Sie bilden vielmehr eine Richtlinie für die zu entwickelnde Struktur. Für die konkrete Ausgestaltung innerhalb der Struktur dienen Strukturbausteine. Sie ergeben sich aus den Einflussfaktoren und den Gestaltungsrichtlinie und beschreiben den grundlegenden Aufbau eines bestimmten Ausschnitts der Struktur. So erfordert beispielsweise die Trennung von Geometrie und Lage eine bestimmte Ausgestaltung der Struktur, die in einem Strukturbaustein als Template beschrieben wird. Mithilfe der Strukturbausteine wird dem Gestalter der Produktstruktur ein Mittel an die Hand gegeben, dass ihn in die Lage versetzt, Strukturen auf Basis von erprobten Bausteinen zu entwickeln.

Aufgrund der Komplexität bei der Entwicklung von Produktdatenstrukturen ist deren Bewertung in einer frühen Phase von entscheidender Bedeutung. Für die Bewertung eignen sich Kennzahlen zur Operationalisierung der an die Struktur gestellten Anforderungen, sowie Testfälle zur Prüfung der fachlichen Anforderungen. An dieser Stelle sei auf die Arbeiten von Reinecke (2010) und Bles (2011) verwiesen.

Szenario Offshore Windkraft

Unabhängig von der Anwendung im Onshore- oder Offshore-Bereich, der Bauform oder dem konstruktivem Aufbau ist allen Wind-

energieanlagen die Wandlung der kinetischen Energie der bewegten Luftmasse in mechanische Rotationsenergie gemeinsam. Eine in der See aufgestellte Windenergieanlage muss dabei den schwierigen Betriebsbedingungen auf dem Meer gerecht werden, die in der Planung und Konstruktion sowohl der Anlage und Infrastruktur als auch bei der Planung des Transportes, der Montage und insbesondere der Instandhaltung einbezogen werden müssen. Im Offshore-Einsatz gilt es, die nachfolgenden, spezifischen produktstrukturbeeinflussenden Gestaltungskriterien zu berücksichtigen (Hau 2008, S. 681ff):

Die Turbulenzintensität über der offenen See ist geringer, allerdings muss je nach gewähltem Anlagenabstand mit einer höheren induzierten Turbulenz im Feld, bedingt durch den Strömungsnachlauf der Nachbaranlagen, gerechnet werden,

- Der Welleneinfluss des Wassers auf die Belastung der gesamten Anlage inklusive der Extremlast durch eine sog. »Jahrhundertwelle«.
- Es kommt zu hohen Extremlasten durch Eisgang im Meer, insbesondere der Ostsee, und Eisansatz an der Anlage
- Der Einfluss auf das Belastungsspektrum durch die Veränderung der Meeresspiegelhöhe aufgrund der Gezeiten
- Berücksichtigung der Meeresströmungen sowie die dadurch verbundene »Auskolkung« des Seebodens auf das Lastspektrum, insbesondere auf die Fundamentstrukturen
- Der Einfluss des Meerwassers und des Salzgehaltes sowie der hohen Luftfeuchtigkeit in Bezug auf Korrosion und Dauerfestigkeit

Prinzipiell fördert und begünstigt das hohe Windaufkommen und die geringere Oberflächenrauheit auf See den Betrieb von Windenergieanlagen im Offshore-Bereich. Gleichzeitig muss man sich hier der problematischen und sensiblen Umweltbedingungen bewusst sein, die große Herausforderungen an eine technische Umsetzung mit sich bringen. Die wichtige Forderung, dass alle wesentlichen

Komponenten einer Windkraftanlage eine wirtschaftlich kalkulierbare Lebensdauer von mindestens zwanzig Jahren erreichen müssen, ist Offshore noch unverzichtbarer als Onshore. Ohne eine entsprechende Einrichtungs-, Wartungs-, und Instandhaltungsstrategie ist die Aufstellung von Windkraftanlagen in großem Stil hier wirtschaftlich nicht zu vertreten.

Die Erarbeitung einer Methodik zur Ermittlung der Auswirkungen von Einflussfaktoren auf die Strukturierung, und damit die Ausprägung einer Produktstruktur sowohl für die einzelnen Offshore-Windkraftanlagen als auch für das Gesamtprodukt Windpark ist hier deshalb so wichtig, da die aufzuwendenden Mittel stetig ansteigen und somit schnell über Erfolgsaussichten und damit über das eingebrachte Geld sowie die zu verantwortende Zeit entschieden werden muss. Die Art und der Grad der Beeinflussung legen bereits zu Beginn unterscheidbare Vorgaben für das Projekt fest, auf denen aufbauend Struktur-Gestaltungsrichtlinien ableitbar sind. Einflussfaktoren und Gestaltungsrichtlinien bestimmen so Grenzen, Umfang und Bestandteile des Projektablaufs auch in Hinblick auf die im Folgenden fokussierte Wartungs- und Instandhaltungsstrategie.

Im Offshore-Bereich erhält die Fehlerfrüherkennung und Zustandsüberwachung der Windenergieanlagen aufgrund ihres großen Einflusses auf die Wirtschaftlichkeit eine steigende Bedeutung. Der Zugang zu Offshore-Windparks ist durch die Wetter- und Seebedingungen erheblich eingeschränkt. Wartungsintervalle müssen somit frühzeitig geplant werden. Zur Ermittlung wichtiger Kostenindikatoren lassen sich, basierend auf der spezifischen WEA-Charakteristik, unterschiedliche Instandhaltungsstrategien für unterschiedlich gefährdete Komponenten ableiten. So lassen sich bei präventiver Instandhaltung die ‚normalen‘ Stillstandszeiten während Flautephasen besser nutzen, um ohnehin fällige Instandhaltungstätigkeiten an den Anlagen auszuführen. Die ereignisbasierte Instandhaltung kann dagegen Kosten sparen, sofern die Möglichkeit schneller Reaktionen auf den Schadenszustand bestehen.

Der optimale Einsatz dieser Strategien wird durch die Klassifikation der Komponenten nach dem Gefährdungsgrad erleichtert

(Orosa et al. 2010). Um Kosten und Aufwand gering zu halten, müssen Wartungsintervalle aufbauend auf diesen Gefährdungsklassen und unter Berücksichtigung der begrenzten Zugangsmöglichkeiten der Anlagen frühzeitig geplant werden. Teile, die sehr wichtig für den störungsfreien Betrieb der Anlage sind und die Produktivität bestimmen, dürfen keinesfalls ausfallen (Krüder 2006). Hier müssen die Instandhaltungsmaßnahmen eine möglichst hohe Verfügbarkeit der Bauteile sicherstellen. Komponenten dieser Gefährdungsklasse werden daher in der Regel eine vorbeugende Strategie fahren. Mit weniger kritischen Bauteilen kann man dagegen eine kostengünstigere Crash-Instandhaltung betreiben.

Zur Senkung der Betriebs- und Instandhaltungskosten von Offshore-Windkraftanlagen ist einer der wichtigsten Schritte die Schaffung und Verwaltung einer hinreichenden Datenbasis. Die Anforderungen an die Instandhaltung liegen nach Jung (2009) in:

- der Erhöhung der Prozesstransparenz,
- dem effizienten Management,
- einer abgesicherten Kostenplanung sowie der
- Nutzungsdaueroptimierung durch Baugruppentausch.

Der frühzeitigen Festlegung geeigneter Instandhaltungsstrategien und dem Management dieser Instandhaltungsprozesse kommt somit in Hinblick auf Ausfall und Rentabilität der Offshore-Windkraftanlagen eine gesonderte Bedeutung zu.

Wie oben beschrieben sind die relevanten Einflussfaktoren für die Abbildung der Instandhaltungsstrategie demnach

- der Aufwand der Wartung,
- ökonomische Faktoren sowie
- der Grad der Wiederverwendung von Konstruktionsergebnissen und Prozessen.

Aus den Anforderungen und den Einflussfaktoren der Instandhaltung für Offshore Anlagen können damit zwei Gestaltungsrichtlinien abgeleitet werden. Erstens sind vor dem Hintergrund ökonomischer Faktoren eine Erhöhung der Wiederverwendung von Konstruktionsergebnissen und Prozessen sowie die Schaffung

von Transparenz anzustreben. Zweitens erfordern ökonomische Faktoren sowie die Komplexität der Wartung die Abbildung der Wartungsstrategie in einer frühen Phase des Projektes Windpark. Für die Produktdatenstruktur leiten sich damit folgende Gestaltungsrichtlinien ab:

- Trennung von Geometrie und Lage zur Erhöhung der Wiederverwendung von Konstruktionsergebnissen
- Entkopplung von Zugriffsrechten und Lebenszyklus zwischen Konstruktionsergebnissen und Wartungsstrategie.

Die Abbildung der Instandhaltungsstrategie erfordert Elemente, auf denen vor dem Hintergrund der Wiederverwendung von Konstruktionsergebnissen, der Reifegrad und Lebenszyklus der Instandhaltung abgebildet werden kann. Die Trennung von Wartungsstrategie und Bauteilen erleichtert zudem eine getrennte Abbildung von Berechtigungsräumen und Lebenszyklen. Damit können Wartungsstrategien einmal definiert und beschreiben und für beliebig viele Bauteile einer Offshore Anlage verwendet werden. Der Unterschied zur reinen Attributierung und Klassifizierung liegt in der feineren Granularität und besseren Steuerbarkeit der Abbildung. Definierte Verantwortungsbereiche und Berechtigungsräume sind den einzelnen Ebenen und Ausschnitten der Produktdatenstruktur direkt zuordbar. Die Vorteile dieser Art der Abbildung sind:

- eindeutige Zuordnung von Verantwortungsbereichen,
- Erhöhung des Grads der Wiederverwendung durch die Entkopplung von Produkt- und Bauteillebenszyklus mit Wartungsstrategie und damit die Wiederverwendung von Konstruktionsergebnissen und Prozessen,
- Kostenersparnis durch Wiederverwendung von Konstruktionsergebnissen und Prozessen sowie
- frühzeitige Planungsmöglichkeit der Wartungsstrategie auf Basis des Gefährdungsgrades.

Durch die Einführung eines eigenen Wartungselementes in die Produktdatenstruktur ist die persistente Speicherung, die Wiederverwendung sowie Entkopplung von Zugriffsrechten und Lebenszyklus zwischen Bauteil und Wartungsstrategie möglich (siehe

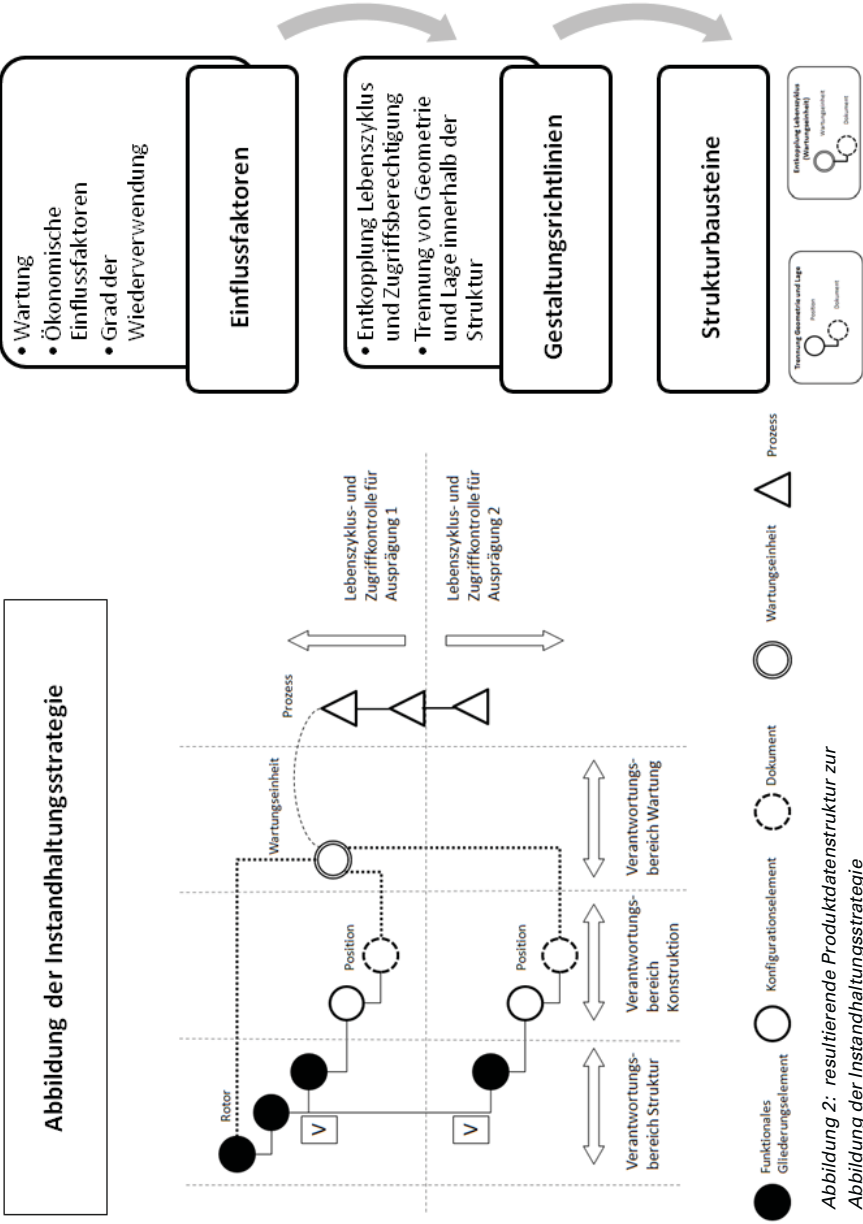


Abbildung 2: resultierende Produktdatenstruktur zur Abbildung der Instandhaltungsstrategie

Abbildung 2). Dieser Aufbau erhöht die Prozesstransparenz durch eine eindeutige Zuordnung von Instandhaltungsprozess zu Bauteil/Baugruppe und ermöglicht die Sichtenbildung nach Instandhaltungsstrategie und betroffenen Bauteilen und Baugruppen.

Für die Umsetzung der Gestaltungsrichtlinien stehen Strukturbausteine zur Verfügung (siehe Abbildung 2). Sie liefern ein Template für den benötigten Ausschnitt der Struktur. Das sinnvolle Zusammenführen dieser Bausteine bildet dann das resultierende Template der Produktdatenstruktur, das als Basis für die Evaluierung der benötigten Funktionalitäten und Anwendungsfälle dient.

Das in Abbildung 2 vorgestellte Strukturtemplate enthält vier Elementtypen und lässt sich in drei Ebenen unterteilen. Auf der obersten Ebene befinden sich die funktionalen Gliederungselemente. Sie resultieren aus der Komplexität des Produktes, dessen funktionaler Untergliederung sowie der verfolgten Unternehmensstrategie, die sich in dieser Struktur wiederfindet. Die sich anschließende Konfigurationsebene dient der Konfiguration des Produktes sowie der Abbildung des Reifegrads und des Lebenszyklus. Unterste Ebene bildet die Komponentenschicht, in der sich die direkt das Produkt beschreibenden Daten befinden. Diese Teilung in drei Ebenen, sowie die Einführung von 4 Elementen ermöglicht die Definition von Verantwortungsbereichen, Berechtigungsräumen und Lebenszyklusräumen innerhalb der Struktur. Damit liefert die in diesem Beitrag vorgestellte Produktdatenstruktur eine Lösung für die Umsetzung der Anforderungen an die Abbildung der Instandhaltungsstrategie. Kernelemente der Lösung sind:

- die Wartungseinheit zur Erfüllung der Forderung nach der Erhöhung der Prozesstransparenz sowie dem effizienten Management durch die Wiederverwendbarkeit von Prozessen und der direkten Zuordnung von Bauteilen / Baugruppen zur Instandhaltungsstrategie
- die Trennung von Geometrie und Lage zur Erhöhung der Wiederverwendung und der frühzeitigen Planbarkeit des Baugruppentauschs.

Der hier vorgestellte Ansatz erweitert den Blick auf das Problemfeld der Produktstrukturierung über die produktimmanenten Fak-

toren hinaus. Er berücksichtigt zudem subjektive Probleme wie das Fehlen von Wissen des Systemgestalters, technische Restriktionen durch zugrundeliegende Systeme sowie Änderungen im Zeitablauf. Damit ist die Entwicklung und Erprobung der Produktdatenstruktur in einer frühen Phase möglich.

Zusammenfassung

Die Standortanpassungen und Leistungsoptimierungen sind eine heute unverzichtbare Aufgabe während der Betriebsdauer von Offshore-Windkraftanlagen. Dabei steht nicht nur das Ziel der Ertragssteigerung im Vordergrund. Zunehmend erlangen auch Maßnahmen an Bedeutung, die die Standdauer einzelner Bauteile erhöhen und somit die Verfügbarkeit der Anlage optimieren. Weitere Kosten können durch die Reparatur von defekten, kostenmäßig signifikanten Komponenten, erzielt werden. Diese können dem Markt mit erneuerter Garantie und entsprechenden Kostenvorteilen wieder zugeführt werden, oder zur schnellen Überbrückung einer Betriebsunterbrechung bei Ausfall teurer Komponenten dienen, die nicht standardmäßig vorgehalten werden können. Zur effizienten Planung dieser Maßnahmen bereits in den frühen Lebenszyklusphasen ist die Berücksichtigung der Einflussfaktoren und Gestaltungsrichtlinien eine zukünftig unverzichtbare Voraussetzung.

Literaturverzeichnis

- Blees, Christoph (2011): Eine Methode zur Entwicklung modularer Produktfamilien. Dissertation. Betreut von Prof. Dr.-Ing Dieter Krause. Hamburg. Technische Universität Hamburg-Harburg.
- Fischer, Jörg W. ; Lammel, Bernhard ; Hosenfeld, Dirk ; Brinkmeier, Bernd ; Glauche, Marc: Implementierung domänenintegrierender PLM-Lösungen: Do(PLM)Con – Ein Ansatz zur Konzeption und Realisierung domänenintegrierender PLM-Lösungen. In: Industrie Management Bd. 5/2011, S. 17–21
- Mehdi Ghoffrani (2007): Entwicklung und Einführung eines flexiblen Softwaresystems zur Konfigurierung virtueller Produkte. Dissertation. Bochum: Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Maschinenbau
- Göpfert, Jan; Steinbrecher, Michael (2000): Modulare Produktentwicklung leistet mehr: Warum Produktarchitektur und Projektorganisation gemeinsam gestaltet

- werden müssen. In: Harvard Business Manager Bd. Heft 3/2000. 2000, S. 1 – 17
- Göpfert, Jan (2009): *Modulare Produktentwicklung: Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation ; Theorie, Methodik, Praxis*. 2. Au. Norderstedt: Books on Demand, 2009.
- Hau, Erich (2008): *Windkraftanlagen – Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit*. 4. vollständig neu bearbeitete Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Höring, Bernd (2011): *Condition Monitoring für Offshore Windparks – Ein Baustein zur Sicherstellung der Anlagenverfügbarkeit und zur Risikominimierung*. In Deutsche Montan Technologie GmbH, Februar 2011, www.conditioncontrol.de
- Jania, Thilo (2004): *Änderungsmanagement auf Basis eines integrierten Prozess- und Produktdatenmodells mit dem Ziel einer durchgängigen Komplexitätsbewertung*. Dissertation. Paderborn: Universität Paderborn.
- Jung, Harald (2009): *Verbundprojekt: Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen. Entwicklung von zuverlässigkeitsbezogenen Betriebs- und Instandhaltungsstrategien für Windenergieanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Offshore-Bedingungen*. Herausgegeben von IZP Dresden.
- Krüder, Klaus (2006): *Moderne Instandhaltungskonzepte für Windenergie*. In: www.voithindustrialservices.de/media/vi_de_viivs_overmoehle_dt.pdf
- LOG-OWEA 2010: *Abschlussbericht AiF Otto von Guericke (2010): Verbesserung der Planungsgrundlagen für kampagnengeprägte Supply Chains (SC) am Beispiel von Offshore- Windenergieanlagen (OWEA)*. AiF-Vorhaben-Nr. GAG: 16053 BG
- Orosa 2010: Orosa, Jose Antonio; Oliveira, Armando C.; Costa, Angel Martin (2010): *New procedure for wind farm maintenance*. In: *Industrial Management & Data Systems*, Nr. 110(6), 2010
- Pulm, Udo (2004): *Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung*. Dissertation. München. Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen.
- Rapp, Thomas (2010): *Produktstrukturierung. Komplexitätsmanagement durch modulare Produktstrukturen und -plattformen*. München: Books on Demand
- Reinecke, Max (2010): *Internationalisierungsgerechte Strukturierung variantenreicher Serienprodukte*. Dissertation. Hannover: Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover, Fakultät für Maschinenbau.
- Schuh, G.; Arnoscht, J.; Nußbaum, C. (2007): *Produktarchitekturen richtig gestalten. Ein Weg zum variantenoptimierten Produktprogramm*. In: *Industrie Management*, 2007 (23), S. 29–32.
- Schuh, Günther ; Schwenk, Urs (2001): *Produktkomplexität managen: Strategien – Methoden – Tools*. München : Hanser, 2001.

- Wüpping, Josef (2003): Praxiserfahrungen – Variantenmanagement und Produktkonfiguration. In: Industrie Management, 19 (2003), S. 49–52.
- Zagel, Mathias 2006: Übergreifendes Konzept zur Strukturierung variantenreicher Produkte und Vorgehensweise zur iterativen Produktstruktur-Optimierung. Dissertation. Kaiserslautern: technische Universität Kaiserslautern

Kontakt

Dipl.-Ing. Marc Glauche
Siemens PLM
Nonnendammallee 101
13629 Berlin
marc.glauche@siemens.com

Dipl.-Ing Ute Dietrich
Siemens PLM
Nonnendammallee 101
13629 Berlin
udietrich@web.de

Prof. Dr. Jörg P. Müller
Direktor
Institut für Informatik
Technische Universität Clausthal
Julius-Albert-Str. 4
38678 Clausthal-Zellerfeld