



Risikointegriertes Prozess Engineering am Beispiel Offshore Windpark

Dissertation zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Ingenieurwissenschaften

vorgelegt von

Saskia Greiner M.Sc.

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Jorge Marx Gómez

Prof. Dr.-Ing. Henning Albers

Prof. Dr.-Ing. Jens Pöppelbuß

Tag der Disputation: 10.05.2017

Oldenburger Schriften zur Wirtschaftsinformatik

Band 21

Saskia Greiner

**Risikointegriertes Prozess Engineering
am Beispiel Offshore Windpark**

Shaker Verlag
Aachen 2017

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.: Oldenburg, Univ., Diss., 2017

Copyright Shaker Verlag 2017

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5358-6

ISSN 1863-8627

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

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Jorge Marx Gómez der Universität Oldenburg. Er gab mir die Möglichkeit als externe Doktorandin an der Universität Oldenburg zu promovieren. Er stand mit Rat und Tat bei der Durchführung und Fertigstellung zur Seite.

Mein ganz besonderer Dank geht auch an Herrn Prof. Dr.-Ing. Henning Albers der Hochschule Bremen. Er hat mich in unserer langjährigen Zusammenarbeit immer gefördert und mit Rat und Tat unterstützt. Danke für die fachliche und emotionale Unterstützung und die Freiheit mich in dem Forschungsgebiet Windenergie an der Hochschule Bremen austoben zu dürfen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Jens Pöppelbuß danke ich für seine kritischen Anmerkungen und konstruktiven Ratschläge sowie für die Tätigkeit als Gutachter.

Der Hochschule Bremen möchte ich für die Unterstützung zur Durchführung meines Promotionsvorhabens und meiner Forschungstätigkeiten danken. Dies geht insbesondere an Frau Prof. Dr.-Ing. Silke Eckardt und meine Kolleginnen Vanessa Spielmann, Mandy Ebojie und Susanne Meyer. Angelika Finkenzeller danke ich für die fleißige Korrektur meiner Arbeit.

Ein weiterer Dank gebührt Herrn Dr. rer. nat. Philip Joschko für die unermüdlichen fachlichen Diskussionen und seine Unterstützung im Umgang mit dem Modellierungstool IYOPRO der Intellivate GmbH.

Bei der Intellivate GmbH bedanke ich mich für die Nutzung des Modellierungstools IYOPRO und die interessanten und aufschlussreichen Diskussionen.

Ein weiterer Dank geht an die vielen Gesprächspartner aus der Offshore Windenergie. Sie standen, trotz großem Arbeitspensums, für Gespräche und Diskussionen rund um das Thema Instandhaltung von Offshore Windparks zur Verfügung.

Mein größter Dank aber gilt meiner Familie. Mein Mann Volker und meine Tochter Alea haben die arbeitsintensiven Phasen und die Höhen und Tiefen, die mit der Dissertation einhergingen nun überstanden. Meine Eltern haben mich immer auf allen Wegen und Entscheidungen unterstützt. Sie alle haben an mich und meinen Erfolg geglaubt. Danke.

Saskia Greiner

Oldenburg, Juni 2017

Zusammenfassung

Der Betrieb von Offshore Windparks ist risikoreich, nicht nur aufgrund der eingesetzten Technik und des wechselhaften Wetters. Auch die Vielzahl der unterschiedlichen am Betrieb beteiligten Akteure birgt Risiken, denn ihre Kooperation ist für einen reibungslosen Ablauf auf dem Meer unerlässlich. Zur Verfügung stehende Informationen und Daten über die Prozesse reichen für eine datengestützte Optimierung nicht aus, sodass Experten der verschiedenen Fachdisziplinen hinzugezogen werden müssen. Es sind geeignete Vorgehensweisen zur Optimierung dieser Prozesse gefordert. Mit der Betrachtung von Risiken in Prozessen werden in ihnen Schwachstellen und Störungen identifiziert und bewertet, darauf aufbauend können geeignete Maßnahmen ausgewählt werden, um sie zu beseitigen, rechtzeitig zu entdecken oder zu verhindern.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel der Arbeit die Entwicklung aufeinander abgestimmter Methoden mit denen Prozesse auf Basis von Risiken untersucht und gestaltet werden können.

Kern dieses Methodenbaukastens ist die Integration von Prozessrisiken in Prozessmodelle, die das wichtigste Kommunikationsmittel über Prozesse zwischen den verschiedenen Akteuren sind. Die Darstellung von Risiken in Prozessmodellen unterstützt das Auffinden von Schwachstellen und deren Folgeabschätzung sowie die Risikodokumentation. Basis ist die Charakterisierung von Prozessrisiken, die neben dem klassischen Risikomerkmals Ursache-Ereignis-Folge-Verknüpfung auch Einflussfaktoren und Risikobeziehungen umfasst. Hierfür werden unter anderem risikospezifische Datenobjekte und angeheftete Zwischenereignisse als neue Risiko-Modellierungselemente für die *Business Process Model and Notation (BPMN 2.0)* vorgeschlagen. Sie gehen über die reine Dokumentation von Risiken hinaus und können durch die Visualisierung von Risikoereignissen und Risikobeziehungen das Gesamtrisikosystem transparent abbilden. Des Weiteren stellen sie die Grundlage für die Simulation von Prozessen unter Risikoeinfluss dar.

Um die Risikomodellierung möglichst auf Basis praxistauglicher Risikoparameter zu entwickeln, werden Verfahren zur Identifikation und Bewertung von Prozessrisiken, Einflussfaktoren und Risikobeziehungen vorgeschlagen. Es kommen die *Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse*, die *Bow-Tie-Analyse* und die *Cross-Impact-Analyse* zur Anwendung.

Über die Einbindung der Risikoerhebung und -bewertung, sowie der risikointegrierten Prozessmodellierung in die Abläufe des Prozessmanagements wird das Vorgehensmodell zum risikointegrierten Prozess Engineering entworfen.

Der Methodenbaukasten wird am Beispiel ausgesuchter Prozesse des Offshore Windpark-Betriebs demonstriert und seine Funktionalität bestätigt. Anhand von Interviews mit Experten der Prozessmodellierung, des Prozessmanagements und Prozessexperten des Offshore Windpark-Betriebs werden der Nutzen und die Anwendbarkeit des

Methodenbaukastens gezeigt. Das risikointegrierte Prozess Engineering kann vielfältig in Unternehmen eingesetzt werden. Es hilft Prozesse zu verbessern und transparent zu dokumentieren.

Abstract

The operation of offshore windfarms is risky, not only due to the technique applied and due to changing weather conditions. The multiplicity of the actors involved is risky too, as their cooperation is indispensable for a trouble-free process at sea. Information and data available about processes of the different enterprises involved are not sufficient for a data-supported optimization. Experts of the different subject areas have to be called in. Suitable procedures for the optimization of these processes are required. Considering risks in processes will help to identify and evaluate weaknesses and interferences and to select appropriate measures in order to eliminate, to discover in time or to prevent them.

Against this background, the objective of the work is to develop coordinated methods for the investigation and engineering of processes based on risks.

The core of this methodology toolbox is the integration of process risks in process models, which are the most important communication tools about processes between the different actors involved. Depicting risks in process models supports the identification of weaknesses and their impact assessment as well as the risk documentation. The scientific foundation of this is characterizing process risks, including – apart from the typical risk feature cause-event-effect-interconnection - also influencing factors and risk relationships. For this purpose new risk modelling elements for the Business Process Model and Notation (BPMN 2.0) are proposed such as risk specific data objects and intermediate events attached to an activity. They go beyond mere risk documentation and depict the overall risk system transparently by visualizing risk events and risk relationships. Furthermore these risk elements are the basis for a simulation of processes influenced by risks.

In order to develop risk modelling preferably based on practicable risk parameters, methods for the identification and evaluation of process risks, their factors of influence and risk relationships are proposed. The failure mode and effect analysis, the bow-tie-analysis and the cross-impact-analysis are applied.

A procedure model for risk integrated process engineering is designed by the integration of risk surveys and risk evaluation as well as the risk integrated process modeling in the process management.

The methodology toolbox will be demonstrated on selected processes of offshore windfarm operation and its functionality will be confirmed. The benefit and applicability of the toolbox are demonstrated through interviews with experts of process modelling and process management as well as process experts of offshore windfarm operation. The risk integrated process engineering can be applied in enterprises in various contexts. It supports the improvement of processes and documents processes transparently.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XIII
Symbolverzeichnis.....	XV
1 Einführung	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung.....	1
1.2 Offene Punkte bisheriger Lösungen	3
1.3 Ziel und Lösungsansatz	4
1.4 Forschungsmethodik.....	5
1.5 Aufbau der Arbeit.....	7
2 Unternehmensübergreifende Prozesse und ihre Modellierung.....	10
2.1 Charakterisierung unternehmensübergreifender Prozesse.....	10
2.1.1 Allgemeine Definition und Beschreibung.....	10
2.1.2 Strukturierung und Klassifikation von Prozessen	13
2.2 Auswahl einer Prozessmodellierungssprache.....	17
2.2.1 Anforderungen an die Prozessmodellierungssprache	17
2.2.2 Auswahl der Prozessmodellierungssprache	19
2.3 Beschreibung des Modellierungsstandards BPMN 2.0	23
2.3.1 Entwicklungsziel und Historie	24
2.3.2 Modellierungselemente der BPMN 2.0.....	25
2.3.3 Modellierung von Ausnahmesituationen	26
2.3.4 BPMN-Metamodell.....	28
2.4 Zwischenfazit.....	29
3 Beschreibung und Analyse von Prozessrisiken	31
3.1 Charakterisierung von Prozessrisiken.....	31
3.1.1 Von Schwachstellen in Prozessen zu Prozessrisiken	31
3.1.2 Definition von Prozessrisiken	32
3.1.3 Merkmale von Prozessrisiken	33
3.1.3.1 Prozessziele	33
3.1.3.2 Risikoereignis	34
3.1.3.3 Risikoursache	36
3.1.3.4 Risikofaktoren	36
3.1.3.5 Auswirkung	38
3.1.3.6 Maßnahmen zur Entdeckung der Ursache.....	38
3.1.3.7 Maßnahmen zur Verhinderung des Ereignisses	39
3.1.3.8 Maßnahmen zur Verminderung der Auswirkung.....	39
3.1.3.9 Risikomaß.....	39
3.1.4 Hemmende und verstärkende Einflussfaktoren auf Prozessrisiken	40
3.1.5 Abhängigkeiten und Interdependenzen von Prozessrisiken	41
3.1.6 Taxonomie der Prozessrisiken	43
3.1.7 Aggregation von Prozessrisiken.....	46
3.2 Zusammenhänge zwischen Prozessrisiken und Prozessmerkmalen.....	46
3.3 Methoden zur Analyse der Prozessrisikoinformationen.....	49
3.3.1 Identifikation und Bewertung von Prozessrisiken	49
3.3.1.1 Ermittlung der Prozessziele und -kennwerte.....	49

3.3.1.2 Ermittlung der Risikoursache, Risikofolge und Wahrscheinlichkeiten	50
3.3.1.3 Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse in Prozessen	54
3.3.2 Identifikation und Bewertung von Einflussfaktoren	58
3.3.2.1 Auswahl geeigneter Methoden	58
3.3.2.2 Bow-Tie-basierte Methode zur Analyse von Einflussfaktoren	61
3.3.3 Identifikation und Bewertung von Risikobeziehungen	64
3.3.3.1 Auswahl geeigneter Methoden	64
3.3.3.2 Erweiterte Cross-Impact-Methode zur Analyse von Risikobeziehungen	67
3.4 Entwicklung des Methodenportfolios	75
3.5 Zwischenfazit	76
4 Integration von Prozessrisiken in BPMN 2.0 - Prozessmodelle	78
4.1 Bestehende Ansätze risikointegrierter Geschäftsprozessmodelle in BPMN	78
4.1.1 Integration von Risiken in BPMN-Prozessmodelle nach COPE et al.	78
4.1.2 Integration von Risiken in BPMN-Prozessmodelle nach DE QUEIROZ ..	80
4.1.3 Integration von Risiken in BPMN-Prozessmodelle nach HELLINGSWORTH	81
4.1.4 Integration von Risikominderungsmaßnahmen nach BHUIYAN et al.	81
4.1.5 Sonstige Erweiterungsansätze der BPMN-Prozessmodelle	82
4.1.6 Bewertung der Erweiterungsansätze	83
4.2 Modellierungsanforderungen zur Risikointegration	84
4.3 Risikointegrierte BPMN 2.0 – Prozessmodelle	85
4.3.1 Prozessziele und Prozesskennwerte	85
4.3.1.1 Modellierung	85
4.3.1.2 Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung	88
4.3.2 Risikoursache, Auftrittswahrscheinlichkeit und Entdeckungswahrscheinlichkeit	90
4.3.2.1 Modellierung	90
4.3.2.2 Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung	93
4.3.3 Risikoereignis	94
4.3.3.1 Modellierung	94
4.3.3.2 Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung	100
4.3.4 Risikofolge, Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß	101
4.3.4.1 Modellierung	101
4.3.4.2 Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung	103
4.3.5 Hemmende und verstärkende Einflussfaktoren	104
4.3.5.1 Modellierung	104
4.3.5.2 Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung	105
4.3.6 Beziehungen zwischen Prozessrisiken	106
4.3.6.1 Modellierung	106
4.3.6.2 Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung	107
4.3.7 Gegenmaßnahmen	109
4.3.7.1 Modellierung	109
4.3.7.2 Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung	111
4.3.8 Zusammenfassung	112
4.4 Anforderungen an die risikointegrierte Modellierung von Prozessen	113
4.5 Informationstechnische Umsetzung von Prozessrisiken	113
4.6 Zwischenfazit	114

5	Vorgehensmodell zum risikointegrierten Prozess Engineering.....	115
5.1	Einführung	115
5.2	Einordnung in den Problemlösungskreislauf des Prozessmanagements	116
5.3	Vorgehensweise zum risikointegrierten Prozess Engineering.....	117
5.3.1	Prozessrisiken erheben und bewerten	118
5.3.2	Einflussfaktoren bestimmen und bewerten	122
5.3.3	Risikobeziehungen bestimmen und bewerten	122
5.3.4	Risiken in Prozessmodelle integrieren	123
5.3.5	Gegenmaßnahmen entwickeln und bewerten.....	124
5.3.6	Prozesse gestalten und umsetzen.....	124
5.4	Zwischenfazit.....	125
6	Anwendung am Praxisbeispiel Offshore Windpark	126
6.1	Allgemeine Vorgehensweise	126
6.2	Risikointegriertes Prozess Engineering am Beispiel der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer Offshore Windenergieanlage.....	126
6.2.1	Prozessziele und Prozessleistungsparameter.....	126
6.2.2	Prozessdokumentation.....	127
6.2.2.1	Akteure, Infrastruktur und logistische Ressourcen	127
6.2.2.2	Prozessstrukturen.....	128
6.2.2.3	Prozessbedingungen	132
6.2.3	Analyse instandhaltungsspezifischer Prozessrisiken	134
6.2.3.1	Auswahl risikorelevanter Prozesse.....	134
6.2.3.2	Auswahl risikorelevanter Aktivitäten.....	135
6.2.3.3	Erstellen der Zustandsänderungsmatrix	136
6.2.3.4	Methodisches Vorgehen der Prozessrisikoanalyse.....	137
6.2.3.5	Ergebnisse der Prozessrisikoanalyse	139
6.2.4	Analyse der Einflussfaktoren	140
6.2.4.1	Methodisches Vorgehen	140
6.2.4.2	Ergebnisse der Analyse der Einflussfaktoren.....	143
6.2.5	Analyse der Risikobeziehungen	144
6.2.5.1	Methodisches Vorgehen	144
6.2.5.2	Ergebnisse der Analyse der Risikobeziehungen.....	147
6.2.6	Risikointegrierte Prozessmodelle des Instandsetzungsprozesses an einer Offshore Windenergieanlage.....	148
6.2.6.1	Erstellen der Risikomatrix	148
6.2.6.2	Erstellen der Einflussfaktorenmatrix	150
6.2.6.3	Erstellen der Risikobeziehungsmatrix	150
6.2.6.4	Risikointegrierte BPMN-Prozessmodelle	151
6.2.7	Auswahl relevanter Risiken	152
6.2.8	Entwicklung von Gegenmaßnahmen und Gestaltung von Prozessen	153
6.3	Evaluation	154
6.3.1	Ziele und Vorgehensweise	154
6.3.2	Auswertung der Interviewergebnisse.....	157
6.3.2.1	Risikoanalyseverfahren	158
6.3.2.2	Risikointegrierte Prozessmodellierung.....	159
6.3.2.3	Vorgehensmodell des risikointegrierten Prozess Engineering	160
6.3.2.4	Zukunftsperspektive	161
6.4	Zwischenfazit.....	161

7	Schlussbetrachtung	163
7.1	Bewertung und Grenzen der Arbeit	163
7.2	Beitrag der Arbeit	166
7.3	Anwendungsszenarien	167
7.4	Ausblick	170
	Literaturverzeichnis	172
	Anhang	187
A	Gegenüberstellung der BPMN- und eEPK-Prozessmodelle am Beispiel der Freigabe des Antrags auf Arbeitserlaubnis („work permit“) aus der Instandhaltung eines Offshore Windparks	188
B	Beschreibung der BPMN – Elemente	190
C	Beziehungen zwischen Prozessrisiko und Prozess	193
D	Vergleich der Modellierungsansätze	196
E	Auswahl risikorelevanter Instandhaltungsprozesse im Offshore Windpark ...	197
F	Zustandsänderungsmatrizen der Aktivität „Durchführung der Instandsetzungstätigkeiten“ des Teilprozesses „Durchführung“	198
G	Auszug aus der Risikoanalyse der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA	199
H	Berechnung der Schadensausmaße bei Einwirkung von Einflussfaktoren an einem Beispiel aus der Einsatzplanung von Kleinkomponenten an einer OWEA	201
I	Risikointegriertes Prozessmodell „Hinfahrt mit Personnel Transfer Vessel“ ..	203
J	Auswahl relevanter Risiken zur Entwicklung von Gegenmaßnahmen	205
K	Entwicklung von Gegenmaßnahmen	206
L	Abhängigkeitsmatrizen der Evaluationskriterien	207
M	Methodenbezogene Zielkataloge der Evaluationskriterien	209
N	Beispiel für expertenbezogene Fragenkataloge	211
O	Auswertung der Evaluationsgespräche zu den Risikoanalyseverfahren aus fachlicher Sicht	216
P	Auswertung der Evaluationsgespräche mit OWP-Experten zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus fachlicher Sicht	218
Q	Auswertung der Evaluationsgespräche mit Prozessmanagern zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus fachlicher Sicht	219
R	Auswertung der Evaluationsgespräche mit OWP-Experten zum Vorgehensmodell aus fachlicher Sicht	221
S	Auswertung der Evaluationsgespräche mit Prozessmanagern zum Vorgehensmodell aus fachlicher Sicht	223

T	Auswertung der Evaluationsgespräche zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus technischer Sicht	225
U	Auswertung der Evaluationsgespräche zur Zukunftsperspektive	227

Abkürzungsverzeichnis

ARIS	Architecture of Integrated Information Systems
BPEL	Business Process Executive Language
BPMN 1.0	Business Process Model Notation
BPMN 2.0	Business Process Model and Notation
BUIS	Betriebliche Umweltinformationssysteme
CBRM	Change Based Risk Management
CI-Analyse	Cross-Impact-Analyse
CIRS	Critical-Incidents-Reporting System
CRM	Customer-Relationship-Management
DMN	Decision Management Notation
EPK	Ereignisgesteuerte Prozessketten
eEPK	erweiterte Ereignisgesteuerte Prozessketten
ERP	Enterprise Resource Planning
ETA	Ereignisbaumanalyse (engl. Event-Tree-Analysis)
FMEA	Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse bzw. Fehlerzustandsart- und Auswirkungsanalyse
FMECA	Fehlermöglichkeits-, Einfluss- und Kritizitätsanalyse bzw. Fehlerzustandsart-, Auswirkungs- und Kritizitätsanalyse
FTA	Fehlerbaumanalyse (engl. Fault-Tree-Analysis)
GP-FMEA	Geschäftsprozess-Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
IDW	Institut der Deutschen Wirtschaftsprüfer
IMO	International Maritime Organization
ISM-Code	International Safety Management-Code
IT	Informationstechnik
KontraG	Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
MTTR	Mean Time to Repair
O&M	Betrieb und Instandhaltung
OMG	Object Management Group
OWEA	Offshore Windenergieanlage
OWP	Offshore Windpark
PI	Prozesskennzahlen
PM-Datenbank	Prozessmanagement-Datenbanksystem

PTV	Personnel Transfer Vessel
SRML	Simple Rule Markup Language
SWOT	Strength, Weakness, Opportunities, Threats
TCT	Total Cycle Time
UML	Unified Modeling Language
UP	Unterprozess
WKD	Wertschöpfungskettendiagramm

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Übergeordneter Forschungsprozess der Arbeit	7
Abb. 1.2:	Aufbau der Arbeit	9
Abb. 2.1:	Wesentliche Elemente von Prozessen	13
Abb. 2.2:	Auswahlkriterien für die Modellierungssprache	19
Abb. 2.3:	Kommunikation Unterprozess – übergeordneter Prozess über Blanko- Endereignis	27
Abb. 2.4:	Kommunikation Unterprozess – übergeordneter Prozess über Eskalations-Endereignis	28
Abb. 2.5:	Kommunikation Unterprozess – übergeordneter Prozess über Prozessvariable	28
Abb. 3.1:	Wirkung von externen und prozessinternen Einflüssen auf den Prozessablauf	32
Abb. 3.2:	Wirkzusammenhänge von Ursache, Ereignis und Auswirkung in Prozessen	36
Abb. 3.3:	Zusammenspiel zwischen Risikoursache und -ereignis und Prozessablauf	37
Abb. 3.4:	Wirkungsmechanismen von Risikobeziehungen	42
Abb. 3.5:	Zusammenhänge der Prozessrisikomerkmale	43
Abb. 3.6:	Taxonomie der Prozessrisiken	45
Abb. 3.7:	Schritte der FMEA-Bearbeitung	56
Abb. 3.8:	Darstellung der Bow-Tie-Methode	62
Abb. 3.9:	Risikoportfolio zur Darstellung der Wirkweisen der Einflussfaktoren	64
Abb. 3.10:	Beispielmatrix einer Cross-Impact-Analyse von Prozessrisiken	69
Abb. 3.11:	Portfolioanalyse der klassischen Cross-Impact-Analyse am Beispiel der Prozessrisiken	70
Abb. 3.12:	Erweiterte Beispielmatrix einer Cross-Impact-Analyse von Prozessrisiken	71
Abb. 3.13:	Interpretation der Portfolioanalyse nach dem Sensitivitätsmodell von VESTER	72
Abb. 3.14:	Beispielhafte Darstellung des Wirkungsgefüges von Prozessrisiken aus Abb. 3.10	73
Abb. 4.1:	Forschungs- und Entwicklungsstand relevanter Erweiterungen zur Integration von Risikoinformationen in den BPMN 2.0-Standard	83
Abb. 4.2:	Modellierungsbeispiel für Prozessziele und Prozesskennwerte	89
Abb. 4.3:	Modellierungsbeispiel für Bedingungen und deren Zustandsänderungen am Beispiel einer Aktivität	93
Abb. 4.4:	Modellierungsbeispiel für Risikoereignisse	100
Abb. 4.5:	Modellierungsbeispiel für Risikofolgen	103
Abb. 4.6:	Modellierungsbeispiel für Einflussfaktoren an Risikoereignissen	105
Abb. 4.7:	Modellierungsbeispiel für Risikobeziehungen	108
Abb. 4.8:	Modellierungsbeispiel für Gegenmaßnahmen	111
Abb. 5.1:	Risikointegriertes Prozess Engineering im Prozessmanagementkreislauf	117
Abb. 5.2:	Vorgehen zum risikointegrierten Prozess Engineering	119
Abb. 5.3:	Vorgehen zur Erhebung und Bewertung von Prozessrisiken	122
Abb. 5.4:	Vorgehen zur Bestimmung und Bewertung von Einflussfaktoren	122
Abb. 5.5:	Vorgehen zur Modellierung von risikointegrierten Prozessmodellen	123
Abb. 5.6:	Vorgehen zur Entwicklung von Gegenmaßnahmen	124
Abb. 5.7:	Vorgehen zum Gestalten und Umsetzen von Prozessen	125

Abb. 6.1:	Auszug aus dem Leistungssystem Offshore Windpark für die Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA.....	128
Abb. 6.2:	Auszug aus Prozesslandkarte der Instandhaltung eines Offshore Windparks für die „Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA“.....	129
Abb. 6.3:	Prozessmodell „Hinfahrt mit dem Personnel Transfer Vessel bei der Instandsetzung von Kleinkomponenten“.....	131
Abb. 6.4:	Auszug aus der Analyse von Einflussfaktoren auf Prozessrisiken bei der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA.....	141
Abb. 6.5:	Portfolioanalyse der Einflussfaktoren.....	143
Abb. 6.6:	Auszug aus Portfolio-Analyse zur Analyse der Risikobeziehungen am Beispiel der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA.....	146
Abb. 6.7:	Risikointegriertes Prozessmodell am Beispiel der Aktivität „Zeitfenster für Einsatz festlegen“ in der Einsatzplanung.....	152
Abb. 6.8:	Methodenbaukasten im Kontext der Softwareentwicklung und des risikointegrierten Prozess Engineerings	154
Abb. 6.9:	Beispiel für ein Netzdiagramm zur Auswertung der Expertenbefragungen	157
Abb. A.1:	BPMN-Prozessmodell für die Freigabe des Antrags auf Arbeitserlaubnis („work permit“) in der Instandsetzung eines Offshore Windparks.....	188
Abb. A.2:	eEPK-Prozessmodell für die Freigabe des Antrags auf Arbeitserlaubnis („work permit“) in der Instandsetzung eines Offshore Windparks	189
Abb. B.1:	Ablaufelemente der BPMN	190
Abb. B.2:	Verbindungselemente der BPMN.....	190
Abb. B.3:	Swimlaneelemente der BPMN	191
Abb. B.4:	Artefaktelemente der BPMN	191
Abb. B.5:	Angeheftete Zwischenereignisse	192
Abb. C.1:	Wirkung allgemeiner Prozessrisikoinformationen auf den Prozess (Teil 1)	193
Abb. C.2:	Wirkung allgemeiner Prozessrisikoinformationen auf den Prozess (Teil 2)	194
Abb. C.3:	Wirkung hemmender und verstärkender Einflussfaktoren auf den Prozess	194
Abb. C.4:	Wirkung von Abhängigkeiten und Interdependenzen auf den Prozess	195
Abb. D.1:	Vergleich der Modellierungsansätze (Auszug)	196
Abb. E.1:	Auswahl risikorelevanter Teilprozesse der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA	197
Abb. F.1:	Zustandsänderungsmatrix des 6M-Faktors „Mensch“.....	198
Abb. F.2:	Zustandsänderungsmatrix des 6M-Faktors „Material“.....	198
Abb. F.3:	Zustandsänderungsmatrix des 6M-Faktors „Methode“.....	198
Abb. F.4:	Zustandsänderungsmatrix des 6M-Faktors „Mitwelt“.....	198
Abb. G.1:	Auszug aus der Risikoanalyse der Einsatzplanung der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA	199
Abb. G.2:	Auszug aus der Risikoanalyse der Durchführung der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA	200
Abb. H.1:	Eintrittswahrscheinlichkeiten von Verzögerungs-Zusatzkosten-Kombinationen zur Berechnung des Schadensausmaßes ohne Einflussfaktoren am Beispiel des Risikoereignisses „Zeitfenster wird zu gering festgelegt“.....	201

Abb. H.2:	Eintrittswahrscheinlichkeiten von Verzögerungs-Zusatzkosten-Kombinationen zur Berechnung des Schadensausmaßes unter Berücksichtigung des Inhibitors „schnelle Unterstützung im Windpark“ am Beispiel des Risikoereignisses „Zeitfenster wird zu gering festgelegt“	201
Abb. H.3:	Eintrittswahrscheinlichkeiten von Verzögerungs-Zusatzkosten-Kombinationen zur Berechnung des Schadensausmaßes mit dem Promotor „schlechte Wetterbedingungen über längeren Zeitraum“ am Beispiel des Risikoereignisses „Zeitfenster wird zu gering festgelegt“	202
Abb. I.1:	Auszug aus Prozessmodell der Hinfahrt mit PTV ohne Risiken	203
Abb. I.2:	Auszug aus Prozessmodell der Hinfahrt mit PTV mit Risiken	204
Abb. J.1:	Tabelle zur Auswahl relevanter Risiken	205
Abb. K.1:	Beispiele für Gegenmaßnahmen	206
Abb. L.1:	Abhängigkeitsmatrix der Evaluationskriterien aus fachlicher Sicht	207
Abb. L.2:	Abhängigkeitsmatrix der Evaluationskriterien aus technischer Sicht	208
Abb. M.1:	Zielkatalog der Evaluationskriterien für die Verfahren der Risikoanalyse	209
Abb. M.2:	Zielkatalog der Evaluationskriterien für den Integrationsansatz zur risikointegrierten Prozessmodellierung aus fachlicher Sicht	209
Abb. M.3:	Zielkatalog der Evaluationskriterien für Vorgehensmodell zum risikointegrierten Prozess Engineering	210
Abb. M.4:	Zielkatalog der Evaluationskriterien für die risikointegrierte Prozessmodellierung aus technischer Sicht	210
Abb. O.1:	Auswertung der Evaluationsgespräche zu den Risikoanalyseverfahren aus fachlicher Sicht (Teil 1)	216
Abb. O.2:	Auswertung der Evaluationsgespräche zu den Risikoanalyseverfahren aus fachlicher Sicht (Teil 2)	217
Abb. P. 1:	Auswertung der Evaluationsgespräche mit OWP-Experten zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus fachlicher Sicht	218
Abb. Q.1:	Auswertung der Evaluationsgespräche mit Prozessmanagern zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus fachlicher Sicht (Teil 1)	219
Abb. Q.2:	Auswertung der Evaluationsgespräche mit Prozessmanagern zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus fachlicher Sicht (Teil 2)	220
Abb. R.1:	Auswertung der Evaluationsgespräche mit OWP-Experten zum Vorgehensmodell aus fachlicher Sicht (Teil 1)	221
Abb. R.2:	Auswertung der Evaluationsgespräche mit OWP-Experten zum Vorgehensmodell aus fachlicher Sicht (Teil 2)	222
Abb. S.1:	Auswertung der Evaluationsgespräche mit Prozessmanagern zum Vorgehensmodell aus fachlicher Sicht (Teil 1)	223
Abb. S.2:	Auswertung der Evaluationsgespräche zum Vorgehensmodell aus fachlicher Sicht (Teil 2)	224
Abb. T.1:	Auswertung der Evaluationsgespräche zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus technischer Sicht (Teil 1) ..	225
Abb. T.2:	Auswertung der Evaluationsgespräche zum Integrationsansatz von Prozessrisiken in BPMN-Prozessmodelle aus technischer Sicht (Teil 2) ..	226
Abb. U.1:	Auswertung der Evaluationsgespräche zur Zukunftsperspektive des Methodenbaukastens	227

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Gegenüberstellung der BPMN- und eEPK-Prozessmodellierungs- sprachen zur Auswahl der geeigneten Prozessnotation	24
Tab. 3.1:	Standardleistungsparameter von Prozessen und ihre Kennwerte	34
Tab. 3.2:	Gegenüberstellung von Prozessrisikoinformationen und Prozessmerkmalen	48
Tab. 3.3:	Methodenübersicht zur Ermittlung von Prozessrisikoinformationen	51
Tab. 3.4:	Methodenübersicht zur Ermittlung von Informationen über Einflussfaktoren	59
Tab. 3.5:	Beurteilung der Wirkung der Einflussfaktoren	62
Tab. 3.6:	Methodenübersicht zur Ermittlung von Informationen über Risikobeziehungen	66
Tab. 3.7:	Bewertungsskala für Cross-Impact-Analyse von Prozessrisiken	68
Tab. 3.8:	Beispielzuordnung relativer Wirkstärken zu absoluten Änderungen aggregierter Auftretswahrscheinlichkeiten von Prozessrisiken	75
Tab. 3.9:	Übersicht der Prozessrisikomerkmale, Ausprägungen und Analysemethoden	77
Tab. 4.1:	Erweiterung für Prozessziele und Prozesskennwerte	87
Tab. 4.2:	Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung der Prozessziele und -kennwerte	88
Tab. 4.3:	Erweiterung für Risikoursache	92
Tab. 4.4:	Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung der Risikoursache	94
Tab. 4.5:	Erweiterung für Risikoereignisse an Aktivitäten und Unterprozessen	97
Tab. 4.6:	Erweiterung für Risikoereignisse an Nachrichtenergebnissen	98
Tab. 4.7:	Erweiterung für Risikoereignisse am Input des Prozesses	99
Tab. 4.8:	Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung von Risikoereignissen	101
Tab. 4.9:	Erweiterung für Risikofolgen	102
Tab. 4.10:	Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung der Risikofolge	103
Tab. 4.11:	Erweiterung für hemmende und verstärkende Einflussfaktoren	104
Tab. 4.12:	Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung der Einflussfaktoren ..	106
Tab. 4.13:	Erweiterung für Risikobeziehungen	107
Tab. 4.14:	Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung der Risikobeziehungen	108
Tab. 4.15:	Erweiterung für Gegenmaßnahmen	110
Tab. 4.16:	Überprüfung der BPMN-konformen Modellierung der Gegenmaßnahmen	112
Tab. 5.1:	Zusammenhang zwischen Prozessklassifikation und Prozessrisikopotenzial	121
Tab. 6.1:	Prozessziele und Prozessleistungsparameter für die Instandhaltungsprozesse von Offshore Windparks	127
Tab. 6.2:	Prozessbedingungen am Beispiel des Teilprozesses „Hinfahrt mit PTV“ ..	132
Tab. 6.3:	Bedingungen für Aktivitäten am Beispiel „Hinfahrt“ im Teilprozess „Hinfahrt mit PTV“	133
Tab. 6.4:	Bedingungen für Aktivitäten am Beispiel „Zugangssystem verbinden, Überstieg sichern“ im Teilprozess „Hinfahrt“	133
Tab. 6.5:	Zusammenhang zwischen OWP spezifischer Prozessklassifikation und Prozessrisikopotenzial	134

Tab. 6.6:	Beispielbedingungen der Aktivität „Verrichtung der Instandsetzungs- tätigkeiten“ im Teilprozess „Durchführung“.....	136
Tab. 6.7:	Beispiel einer Zustandsänderungsmatrix für den Faktor „Maschine“ der Aktivität „Verrichtung der Instandsetzungstätigkeiten“.....	137
Tab. 6.8:	Ermittlung der Risikoereignisse, -ursachen und -folgen am Beispiel der Aktivität „Zeitfenster für Einsatz festlegen“ im Teilprozess Einsatzplanung.....	138
Tab. 6.9:	Bewertungsmatrix zur Risikoabschätzung am Beispiel der Aktivität „Zeitfenster für Einsatz festlegen“ im Teilprozess Einsatzplanung	138
Tab. 6.10:	Beispiel für qualitative Risikobereiche für die Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer Offshore Windenergieanlage.....	138
Tab. 6.11:	Erhobene Risikoparameter für den Beispielprozess „Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer Offshore Windenergieanlage“	139
Tab. 6.12:	Beispiele für relevante Prozessrisiken	140
Tab. 6.13:	Beispiel zur Kalkulation einer neuen Auftrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß des Risikoereignisses „Zeitfenster zu gering festgelegt“ unter Berücksichtigung von Einflussfaktoren	142
Tab. 6.14:	Beispiele für Einflussfaktoren der 6M-Risikofaktoren.....	144
Tab. 6.15:	Auszug aus Cross-Impact-Analyse zur Analyse der Risikobeziehungen am Beispiel der Einsatzplanung in der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA.....	145
Tab. 6.16:	Beispiele für die Änderung der Auftrittswahrscheinlichkeiten von Prozessrisiken durch Risikobeziehungen	147
Tab. 6.17:	Risikomatrizen am Beispiel der Aktivität „Durchführung der Instandsetzung“ des Teilprozesses „Durchführung“ (Ausschnitt)	149
Tab. 6.18:	Einflussfaktormatrix am Beispiel des Ereignisses „Zeitfenster zu gering festgelegt“ der Aktivität „Zeitfenster für Einsatz festlegen“ im Teilprozess „Einsatzplanung“.....	150
Tab. 6.19:	Beispiel für Risikobeziehungsmatrizen.....	151
Tab. 6.20:	Kriterien zur Auswahl relevanter Prozessrisiken des Praxisbeispiels	153
Tab. 6.21:	Beispiele für relevante Risiken der Instandsetzung von Kleinkomponenten an einer OWEA	153
Tab. 6.22:	Zielkatalog der Evaluationskriterien aus fachlicher und technischer Sicht.....	155
Tab. 6.23:	Übersicht der durchzuführenden Experteninterviews	156
Tab. 6.24:	Beispiel für die Quantifizierung der Antwortskalen.....	157
Tab. 6.25:	Übersicht der durchgeführten Experteninterviews	158
Tab. 7.1:	Erweiterung der BUIS durch Systeme zum umweltrisikointegrierten Management von Prozessen	170

Symbolverzeichnis

AS	Aktivsumme
ΔP_{AW}	Differenz der Auftretswahrscheinlichkeit der Risikoursache
ΔP_{EW}	Differenz der Entdeckungswahrscheinlichkeit der Risikoursache
ΔS	Differenz des Schadensausmaßes der Risikofolge
ΔP_F	Differenz der Eintrittswahrscheinlichkeit der Risikofolge
h	Stunde
P	Prozessrisiko
P_{AW}	Auftretswahrscheinlichkeit der Risikoursache
P_{AW}^*	Auftretswahrscheinlichkeit der Risikoursache unter Berücksichtigung des Einflussfaktors
P_{AW}^{**}	Auftretswahrscheinlichkeit der Risikoursache unter Berücksichtigung der Risikobeziehung
$P_{AW(Ef)}$	Auftretswahrscheinlichkeit des Einflussfaktors
P_{EW}	Entdeckungswahrscheinlichkeit der Risikoursache
P_F	Eintrittswahrscheinlichkeit der Risikofolge
PS	Passivsumme
S	Schadensausmaß der Risikofolge
T€	Tausend Euro