Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

UNTERNEHMEN:

OWP Gennaker GmbH

GENNAKER

DOKUMENTENTYP:

Erläuterungsdokument

DOKUMENTENTITEL:

Ersatzdokument

für

Vorentwurf Genehmigungsentwurf - 15MW-Turbine

Work Package:	CRT	**Vertraulichkeit Dokument:**	Level 1 : Uneingeschränkt

Allgemeiner Hinweis

© Dies ist ein vertrauliches Dokument. Die Urheberrechte liegen bei der OWP Gennaker GmbH; das Dokument darf nicht ohne schriftliche Genehmigung verwendet oder vervielfältigt werden.
Sollten Ihnen Unstimmigkeiten zwischen den von Gennaker bereitgestellten Dokumenten / Informationen und projektspezifischen Normen, Richtlinien und Regeln (z.B. in der Design Basis) oder Dokumenten / Informationen, die von anderen Vertragspartnern oder Dritten bereitgestellt werden, auffallen oder Sie Unstimmigkeiten innerhalb der Dokumente von Gennaker bemerken, informieren Sie Gennaker bitte unverzüglich.

Rev.	**Rev. Datum**	**Rev. Beschreibung (Dokumentenstatus)**
00	16.01.2025	Ausgestellt zur Genehmigung
Erstellt von	**Überprüft von**	**Genehmigt von**
Christian Bühring	Jan Meding	DocuSigned by: A6C9A289C96942B... Andree Iffländer
16.01.2025	16.01.2025	16.01.2025

Gedruckte Ausfertigungen unterliegen keiner Dokumentenkontrolle.

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

Revisionshistorie

Revision	Abschnitt	Änderung	von
00	Alles	Erstellung Ersatzdokument	CBU

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

Inhalt

Abkürzungen und Definitionen 4
Abbildungsverzeichnis 4
Tabellenverzeichnis 4
1 Veranlassung 5
2 Zweck des Ersatzdokuments 6
3 Vorentwurf Genehmigungsentwurf - 15MW-Turbine 8
3.1 Angewandte Regelwerke, Normen und Standards 8
3.2 Kurzbeschreibung 9
3.3 Inhalt 9
3.4 Ergebnis 10
4 Inhaltsverzeichnis des Originals 11

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

Abkürzungen und Definitionen

Abkürzung	Beschreibung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
GBG	Geschäfts- und Betriebsgeheimnis
LEP M-V	Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern
MSL	Mean Sea Level, mittlerer Meeresspiegel
MW	Megawatt
OWEA	Offshore-Windenergieanlage
OWP	Offshore-Windpark
StALU VP	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern
TdV	Träger des Vorhabens
USP	Umspannplattform

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Inhaltsverzeichnis Teil 1 des Originals 11
Abbildung 2: Inhaltsverzeichnis Teil 2 des Originals 12
Abbildung 3: Inhaltsverzeichnis Teil 3 des Originals 13

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der technischen Richtlinien und Normen, Teil 1 8
Tabelle 2: Liste der technischen Richtlinien und Normen, Teil 2 9

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

1 Veranlassung

Der OWP Gennaker GmbH wurde am 15.05.2019 die immissionsschutzrechtliche Genehmigung (Nr. 1.6.1G-60.090/13-50) gemäß § 4 BImSchG für die Errichtung und den Betrieb von 103 OWEA der 8 MW-Leistungsklasse mit einer Gesamthöhe von max. 175 m über MSL sowie zwei baugleichen Umspannplattformen und interner Parkverkabelung erteilt. Am 05.03.2024 wurde eine Änderungsgenehmigung (Nr. 1.6.1G-60.034/22-50) gem. § 16 BImSchG erteilt, mit welcher 103 OWEA der 9MW-Leistungsklasse mit einer neuen Gesamtbauhöhe von max. 190 m über MSL zugelassen wurden.

Im Verlaufe sich zuspitzender multipler Krisen im Winter 2022 / 2023 nahmen generelle, d.h. auch internationale Marktverwerfungen, Inflation und krisenbedingte Engpässe stark zu. Die Folge war ein signifikanter Kosten- und Zinsanstieg, der sich entsprechend negativ auf die globalen Erzeugungs- und Lieferketten auswirkte, darunter auch auf die Offshore-Windindustrie und das Projekt Gennaker. Da sich bei hohen Vorverpflichtungen parallel die Inbetriebnahme durch eine sich abzeichnende Verzögerung des Netzanschlusses erneut um ein weiteres Jahr verzögern sollte, musste der Wechsel auf eine verfügbare, jedoch größere Turbinenklasse geprüft werden. Nach Herstellerangaben sollte der Typenwechsel von 9 MW auf 15 MW etwa ab Q1 2026 erfolgen. Mit der Verschiebung der Inbetriebnahme von 2026 auf 2027 aufgrund der Netzplanung ging unabhängig davon ein weiterer Kostenanstieg einher. Infolge dieser Entwicklungen erfolgte erneut die Umplanung des Vorhabens, die eine zeitliche Verschiebung der Inbetriebnahme auf das Jahr 2028 vorsieht. Aufgrund der Systematik im BImSchG ist ein erneutes Genehmigungsverfahren unvermeidbar.

Die aktualisierte Planung des Vorhabens „OWP Gennaker“ umfasst nun die Errichtung und den Betrieb von 63 WEA der 15MW-Leistungsklasse sowie der windparkinternen Verkabelung. Die Errichtung und der Betrieb der beiden bereits genehmigten Umspannplattformen an der östlichen und westlichen Peripherie des Vorhabengebietes ist nicht Gegenstand dieses Genehmigungsantrags. Sie werden im Antrag als planungsrechtlich verfestigte und bestehende Vorbelastung entsprechend berücksichtigt. Die Umspannplattformen (USP) werden in den Antragsdokumenten rein informativ mit erwähnt, da sie die Schnittstelle zwischen OWP und Netzanbindung bilden.

Antragsgegenstand sind vorliegend die Errichtung und der Betrieb von 63 OWEA der 15MW-Leistungsklasse mit einer Nabenhöhe von max. 143 m, einem Rotordurchmesser von 236 m, einer Gesamthöhe von max. 261 m sowie einer Leistung von je 15 MW sowie die interne Parkverkabelung, die zusammen mit den beiden bereits genehmigten Umspannplattformen den OWP „Gennaker“ bilden. Die installierte Gesamtleistung des OWP beträgt 945 MW.

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

Unverändert befindet sich das Vorhabengebiet des OWP Gennaker vollständig innerhalb des im Juni 2016 von der Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern im LEP M-V ausgewiesenen Vorranggebietes für Windenergie auf See „Darß“. Das Gebiet liegt in der südlichen Ostsee vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns innerhalb der 12-Seemeilenzone ca. 15 km nördlich der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst und ca. 24 km westlich der Inseln Hiddensee und Rügen.

Für die Genehmigung des Vorhabens ist ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren mit obligatorischer Umweltverträglichkeitsuntersuchung durchzuführen. Im Zuge des Genehmigungsverfahrens werden entsprechend der Regelungsbereiche verschiedener Fachgesetze und untergesetzlicher Regelwerke die jeweils betroffenen Fachbehörden am Verfahren beteiligt. Entsprechend § 13 BImSchG schließt die Genehmigung die Entscheidungen und Prüfungen der beteiligten Behörden mit konzentrierender Wirkung mit ein.

Bestandteil des Genehmigungsantrags sind u. a. die baulichen Unterlagen und damit in Verbindung stehende Studien und Fachgutachten. Diese Dokumente sind überwiegend rein technischer Natur oder, wie z. B. im Falle der Geotechnik, enthalten Informationen, die als Grundlage für die technische Planung und Dimensionierung erforderlich sind.

Der TdV hat speziell Antragsdokumente dieser Kategorie nach § 10 Abs. 2 BImSchG als Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse (GBG) gekennzeichnet und getrennt eingereicht. Damit werden sie als vertraulich eingestuft und nur den zuständigen Fachbehörden bekannt gemacht.

2 Zweck des Ersatzdokuments

Die im Antrag als GBG vertraulich eingestuften Dokumente für die Öffentlichkeitsbeteiligung werden nicht ersatzlos gestrichen. Vielmehr tritt an diese Stelle ein Ersatzdokument, in dem der wesentliche Inhalt des Originals zusammengefasst wird. Der Inhalt der Ersatzdokumente ist so dargestellt, dass es Dritten möglich ist, zu beurteilen, ob und in welchem Umfang sie von den Auswirkungen der Anlage betroffen sein können.

Nachfolgend wird der Inhalt des als GBG gekennzeichneten Dokuments

22A548-JBO-DRMPPD-DE-1007, Vorentwurf Genehmigungsentwurf - 15MW-Turbine , rev 00, JBO, 13.05.2024

Sowie der zugehörigen Anlagen

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

- 22A548-JBO-DRMPPD-DE-1007-01_Genehmigungsentwurf_MP-TP_15MW - Anhang A1, 22A548-JBO-DRMPPD-EN-1006-01, Geotechnische Bemessung, JBO, 10.04.2024
- 22A548-JBO-DRMPPD-DE-1007-01_Genehmigungsentwurf_MP-TP_15MW - Anhang A2, 22A548-JBO-DRMPPD-EN-1006-01, Pfahlinstallationsanalyse, JBO, 10.04.2024
- 22A548-JBO-DRMPPD-DE-1007-01_Genehmigungsentwurf_MP-TP_15MW - Anhang B1, 22A548-JBO-DRMPPD-DE-1007, Strukturauslegung, JBO, 02.05.2024
- 22A548-JBO-DRMPPD-DE-1007-01_Genehmigungsentwurf_MP-TP_15MW - Anhang C1, ULS Check, Eurocode 3 Class 4 Circular Hollow Section ULS Check, Exemplarily for DP-C (WTG1, deep) - Can 8 bottom, JBO, 10.04.2024
- 22A548-JBO-DWMPCD-EN-4020 Permit Design - General Arrangement Deep position rev. 00, JBO, 13.05.2024

zusammenfassend dargestellt.

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

3 Vorentwurf Genehmigungsentwurf - 15MW-Turbine

3.1 Angewandte Regelwerke, Normen und Standards

Tabelle 1: Liste der technischen Richtlinien und Normen, Teil 1

[N1] BSH: "Standard Konstruktion – Mindestanforderungen an die konstruktive Ausführung von Offshore-Bauwerken in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ)", BSH Nr. 7005; 1. Fortschreibung: 28 Juli 2015 – Berichtigung vom 1 Dezember 2015; Aktualisiert vom 01.06.2021

[N2] DIN EN 1090-2: 2018-09 "Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken - Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2018"

[N3] DIN EN 1990:2010-12: „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 "

[N4] DIN 18088-1:2019-01: „Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 1: Grundlagen und Einwirkungen"

[N5] DIN 18088-2:2019-01: „Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 2: Stahlbeton- und Spannbetontragwerke"

[N6] DIN 18088-3:2019-01: "Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 3: Stahlbauten"

[N7] DIN 18088-4:2019-01: "Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 4: Baugrund und Gründungselemente"

[N8] DIN 18088-5:2020-10: „Tragstrukturen für Windenergieanlagen und Plattformen – Teil 5: Verbindungen zwischen Stahlbauten und Stahlbeton- und Spannbetontragwerken"

[N9] DIN EN 1993-1-1:2010-12: „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009"

[N10] DIN EN 1993-1-6:2010-12: „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009"

[N11] DIN EN 1993-1-6:2017-07: „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009 + A1:2017"

[N12] DIN EN 1993-1-9:2010-12: „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009"

[N13] DIN EN 10025-3:2019-10: "Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-3:2019"

[N14] DIN EN 10025-4:2019-10: "Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen - Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Deutsche Fassung EN 10025-4:2019"

[N15] DIN EN IEC 61400-1:2019-12: „Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019); Deutsche Fassung EN IEC 61400-1:2019 "

[N16] DIN EN IEC 61400-3-1:2020-11: „Windenergieanlagen - Teil 3-1: Auslegungsanforderungen für gegründete Offshore-Windenergieanlagen (IEC 61400-3-1:2019); Deutsche Fassung EN IEC 61400-3-1:2019 "

[N17] DNV-ST-0126: "Support structures for wind turbines", standard Edition December 2021

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

Tabelle 2: Liste der technischen Richtlinien und Normen, Teil 2

[N18] DNV-ST-0437: "Loads and site conditions for wind turbines", Standard, Edition November 2016, amended November 2021
[N19] DNV-RP-C203: "Fatigue design of offshore steel structures", Recommended Practice, September 2019, amended September 2021
[N20] DNV-RP-C205: "Environmental conditions and environmental loads", Recommended Practice, Edition September 2019, amended September 2021
[N21] American Petroleum Institute (API), Recommended Practice 2GEO, Geotechnical and Foundation Design Considerations, 1st Edition, April 2011 and Addendum 1 October 2014.
[N22] EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle", Verlag Ernst & Sohn, 2014.

3.2 Kurzbeschreibung

Bereits in der Vergangenheit wurden detaillierte Auslegungen von Gründungsstrukturen am Standort Gennaker durchgeführt. Zuletzt wurde in 2023 eine Detailplanung für eine Windturbine der 9MW-Klasse erstellt.

Dieses Dokument beinhaltet und beschreibt die Ergebnisse der Strukturauslegung von Fundament und Substruktur, welche auf der integrierten Lastanalyse von JBO für eine OWEA mit einer Nennleistung von 15 MW basieren. Die Nachweise sind auf Grundlage der in [J1] beschriebenen Methoden und der in Abschnitt 2.2 aufgeführten maßgeblichen Richtlinien und Normen durchgeführt worden.

3.3 Inhalt

Das Layout der Monopile-Struktur basiert auf folgenden Informationen:

- Gesetzliche und behördliche Anforderungen, wie z.B. geltende Auslegungsnormen und lokale Anforderungen
- Anforderungen des Auftraggebers,
- Umwelteinflüsse, wie Wind, Welle, Strömung und Boden im Projektgebiet,
- Spezifikationen der WEA, wie z.B. die Länge des Turmes und dessen Durchmesser an der Schnittstelle zur Gründungstruktur,
- Praktische Anforderungen aus der Fertigung, Installation und andere.

Der Entwurfsprozess folgt generell den Entwurfs- und Nachweiskonzepten des Eurocodes.

Die Monopile-Struktur (MP) ist ein traditioneller Monopfahl, der aus Schüssen zusammengeschweißt ist. Diese erstreckt sich von ihrer Schnittstelle zum Transition Piece und setzt sich bis zur Einbindetiefe unter

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

dem Meeresboden fort. Sie umfasst einen konischen Abschnitt, um den Durchmesser der Gesamtstruktur stetig zum Meeresboden hin zu vergrößern. Der MP setzt sich dann aus zylindrischen Schüssen weiter fort, die in den Meeresboden eindringen und darin eingebettet sind.
Ein Transition Piece (TP) wird vorgesehen, um den MP mit der Turmbasis zu verbinden. Das Transition Piece ist als zylindrische Struktur ausgeführt (deren horizontale Erweiterung der Turmbasisdurchmesser ist) und trägt das Zugangssystem, Plattformen und andere Ausrüstung.
Der Genehmigungsentwurf wird mit einer OWEA mit einer Nennleistung von 15 MW durchgeführt. Die Eigenschaften der Rotor-Gondel-Baugruppe (RGB) und des zur OWEA zugehörigen Turms sind aus Unterlagen des Turbinenherstellers entnommen.

3.4 Ergebnis

Der Genehmigungsentwurf für die Gründungsstruktur wurde für den ungünstigsten Bemessungsstandort im Offshore-Windpark Gennaker für eine OWEA mit einer Nennleistung von 15 MW erstellt. Die Umweltbedingungen (Wind, Welle, See-Eis, Boden), die für Erstellung des Vorentwurfes herangezogen wurden, basieren auf den in der Design Basis und zugehörigen Gutachten dokumentierten Werten und Annahmen.
Alle Nachweise für den Genehmigungsentwurf-Vorentwurf wurden erbracht.

Das nachfolgende Inhaltsverzeichnis spiegelt die einzelnen Bemessungsschritte wider.

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

4 Inhaltsverzeichnis des Originals

JBO	Vorentwurf *Genehmigungsentwurf - 15MW-Turbine*	Kunde OWP Gennaker GmbH	Bereitgestellt am 13.05.2024	
		Referenznummer 22A548-JBO-DRMPPD-DE-1007	Revision	
		Status FIN	JBO 00	Kunde 00

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung ... 6
1.1 Allgemein ... 6
1.2 Zweck des Dokuments ... 6
1.3 Projekthistorie ... 6
1.4 Bezugsdokumente ... 7
1.5 Abkürzungen und Definitionen ... 8
2 Referenzen ... 9
2.1 Anhänge ... 9
2.2 Technische Richtlinien und Normen ... 9
2.3 Projekt-spezifische Dokumente ... 10
2.4 Literatur ... 10
3 Entwurfsmethode ... 11
3.1 Allgemeine Annahmen und Anforderungen ... 12
3.1.1 Geometrische Randbedingungen ... 12
3.2 Entwurfsprozess ... 12
3.3 Monopile-Struktur ... 12
3.4 Boden-Bauwerks-Interaktion ... 12
4 Umweltbedingungen und Windturbinenannahmen ... 13
4.1 Auslegungsstandort ... 13
4.2 Umweltbedingungen ... 13
4.2.1 Windbedingungen ... 13
4.2.2 Ozeanografische Bedingungen ... 15
4.2.3 See-Eis ... 18
4.2.4 Mariner Bewuchs ... 18
4.3 Bodenbedingungen ... 19
4.4 Eigenschaften der OWEA ... 19
4.5 Arbeits- und Zugangsplattform und Luftspalt ... 20
4.6 Schnittstellenhöhe Turm-Fundament ... 20
4.7 Anbauten / Sekundärstahl ... 20
5 Verwendete Lasten für den Genehmigungsentwurf ... 22
5.1 Zusammenfassung der Auslegungslasten ... 22
5.1.1 Lasten für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) ... 22
5.1.2 Lasten für Nachweise im Grenzzustand der Ermüdung (FLS) ... 23
5.2 Lasten für Nachweise im Grenzzustand der außergewöhnlichen Beanspruchung (ALS) ... 24
6 Grundlagen des Designs ... 25
6.1 Spannungskonzentrationsfaktoren (SCFs) ... 25
6.2 Nachweiskonzept der Struktur ... 26

Abbildung 1: Inhaltsverzeichnis Teil 1 des Originals

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

6.3 Zusammenfassung der allgemeinen Betrachtungen und Design Annahmen ... 27
6.4 Korrosionsschutzstrategie ... 29
7 Strukturauslegung ... 30
7.1 Design-Software ... 30
7.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) ... 30
7.2.1 Zusätzliche Biegemomente infolge Schiefstellung der Struktur ... 30
7.2.2 Last-Sicherheitszuschläge ... 30
7.2.3 Design-Nachweise ... 30
7.2.4 Nachweis der geschraubten Flanschverbindung zwischen MP und TP ... 31
7.3 Grenzzustand der Ermüdung (FLS) ... 33
8 Geotechnisches Design ... 35
8.1 Grundannahmen und Anforderungen ... 35
8.1.1 Allgemeine Bodenbedingungen ... 35
8.1.2 Bodenparameter und Bemessungsbodenprofile ... 35
8.1.3 Anwendung der Bemessungsparameter ... 35
8.1.4 Wassertiefen und Auskolkung ... 36
8.1.5 Monopile-Geometrie ... 36
8.1.6 Extremlasten ... 36
8.1.7 Zyklische Belastung ... 36
8.1.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 36
8.1.9 Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 36
8.1.10 Materialfaktoren ... 36
8.1.11 Software ... 37
8.2 Entwurfsgrundlagen ... 37
8.2.1 Allgemeines ... 37
8.2.2 Axiale Pfahl-Boden-Interaktion ... 37
8.2.3 Laterale Pfahl-Boden-Interaktion ... 37
8.2.4 Geotechnischer Nachweis für axiale Belastungen ... 37
8.2.5 Geotechnische Nachweise für laterale Belastung ... 38
8.2.6 Fundamentsteifigkeit und Verformungen ... 38
8.2.7 Sekantensteifigkeitsmatrizen ... 39
8.2.8 Pfahlbiegelinien und Querkräfte ... 39
8.2.9 Rammbarkeitsanalysen ... 39
8.2.10 Ermüdungsbeanspruchung bei der Rammung ... 40
8.3 Ergebnisse des Genehmigungsentwurfs ... 40
8.3.1 Allgemeines ... 40
8.3.2 Axialer ULS-Nachweis ... 41
8.3.3 Lateraler ULS-Nachweis ... 41
8.3.4 Pfahllängenkriterium ... 41

Abbildung 2: Inhaltsverzeichnis Teil 2 des Originals

Docusign Envelope ID: 2B671891-CC47-4DB2-A0E0-2A9DB93A478D

8.3.5 Lateraler SLS-Nachweis 41
8.3.6 Fundamentverformungen und Steifigkeiten 41
8.3.7 Rammbarkeitsanalyse 41
8.3.8 Ermüdungsbelastung bei der Rammung 41
9 Zusammenfassung der ermittelten Monopile-Struktur 42
9.1 Überblick über die Dimensionen und Masse des Monopiles 42
9.2 Modalanalyse 42
9.3 Ergebnisse der Modalanalyse, fore-aft-Bewegung 42
10 Weitere Empfehlungen 44
10.1 Sicherheitszuschläge für den Entwurf 44
Abbildungsverzeichnis 45

Abbildung 3: Inhaltsverzeichnis Teil 3 des Originals