

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung .....	1
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung und Gang der Arbeit .....	3
2. Wettbewerbssituation der deutschen Stahl- und Metallindustrie.....	7
2.1 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Stahl- und Metallindustrie in der Bundesrepublik Deutschland.....	7
2.2 Herausforderungen innerhalb der deutschen Stahl- und Metallindustrie .....	12
2.3 Lösungsansätze für die deutsche Stahl- und Metallindustrie .....	15
3. Hybride Leistungsbündel in der Offshore-Windenergie-Branche.....	21
3.1 Entwicklung des Konzepts der hybriden Leistungsbündel .....	21
3.1.1 Begriff der Dienstleistung .....	22
3.1.2 Industrielle Dienstleistungen .....	25
3.1.3 Leistungsbündel .....	26
3.1.4 Hybride Leistungsbündel .....	33
3.2 Offshore-Windenergie-Branche in der Bundesrepublik Deutschland.....	41
3.2.1 Klimawandel und fossile Energien .....	41
3.2.2 Erneuerbare Energien in der Bundesrepublik Deutschland .....	43
3.2.3 Status quo der Offshore-Windenergie in der Bundesrepublik Deutschland.....	46
3.3 Stahlindustrieunternehmen als HLB-Anbieter am Beispiel der deutschen Offshore-Windenergie-Branche .....	55
3.3.1 Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen .....	55
3.3.2 Fertigung und Installation innerhalb von Offshore-Windenergie- projekten.....	60
3.3.3 Kostensituation des konzipierten HLB .....	65

4. Methodische Grundlagen der system-dynamischen Modellierung .....	69
4.1 Grundlagen von system-dynamischen Simulationsmodellen.....	69
4.1.1 Systeme .....	69
4.1.2 Modelle.....	72
4.1.3 Simulationen.....	74
4.2 System Dynamics als Methode der system-dynamischen Simulation .....	78
4.2.1 Grundlagen des System Dynamics-Ansatzes.....	78
4.2.2 Kausaldiagramme.....	80
4.2.3 Bestands- und Flussgrößendiagramme .....	84
4.2.4 Mathematisch-formale Gleichungen.....	89
4.2.5 Vorgehensweise des System Dynamics-Ansatzes .....	94
5. Entwicklung eines generischen Simulationsmodells .....	101
5.1 Problembeschreibung .....	101
5.1.1 Strukturebene des Leistungsumfangs.....	102
5.1.2 Prozessebene des Leistungsumfangs.....	105
5.2 Entwicklung des Systemkonzepts .....	107
5.2.1 Subsystem Montageprozess .....	108
5.2.2 Subsystem Qualitätskontrollprozess .....	113
5.2.3 Subsystem Hafenlogistikprozess.....	118
5.2.4 Subsystem maritimer Transport- und Verankerungsprozess .....	121
5.2.5 Gesamtsystem.....	127
5.3 Aufstellung des Simulationskonzepts.....	137
5.3.1 Anwendungsorientierte Grundlagen des Simulationskonzepts.....	137
5.3.1.1 Serielle und parallele Bestands- und Flussgrößenketten .....	137
5.3.1.2 Formulierung von Sach- und Dienstleistungsprozessen.....	140
5.3.1.3 Formulierung von Nichtlinearitäten.....	141
5.3.1.4 Technisch orientierte Aspekte des Simulationskonzepts.....	145
5.3.2 Bestands- und Flussgrößenketten des Simulationskonzepts.....	147

5.3.2.1 Simulationskonzept der landseitigen Subsysteme .....	149
5.3.2.1.1 Erläuterungen zur Montagerate .....	151
5.3.2.1.2 Erläuterungen zur Fertigstellungsrate.....	162
5.3.2.1.3 Erläuterungen zur Landtransportrate .....	169
5.3.2.2 Simulationskonzept des maritimen Subsystems.....	172
5.3.2.2.1 Erläuterungen zur Startrate.....	176
5.3.2.2.2 Erläuterungen zur Seetransportrate .....	181
5.3.2.2.3 Erläuterungen zur Verankerungsrate und zur Abschluss- rate .....	184
5.3.2.2.4 Erläuterungen zur Hinfahrtrate und zur Rückfahrtrate.....	187
5.3.2.3 Kostenbezogene Größen des Simulationskonzepts .....	190
<b>5.4 Evaluation .....</b>	<b>197</b>
5.4.1 Einheitentest .....	198
5.4.2 Extrembedingungstest .....	200
5.4.3 Parametertest .....	201
5.4.4 Generalisierungstest .....	202
5.4.5 Wirkungstest.....	203
5.4.5.1 Aufstellung des Versuchsplans .....	205
5.4.5.2 Simulationsergebnisse Szenario I .....	211
5.4.5.3 Simulationsergebnisse Szenario II .....	219
5.4.5.4 Simulationsergebnisse Szenario III .....	224
5.4.5.5 Diskussion der Simulationsergebnisse des Wirkungstests .....	230
5.4.6 Zusammenfassende Beurteilung des generischen Simulations- modells .....	234
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>239</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>247</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>255</b>