

# Inhaltsverzeichnis

---

Autorenverzeichnis .....	XXII
--------------------------	------

## I Bau, Betrieb, Messtechnik, Koordination

<b>1</b>	<b>Metamorphosen eines Meeres-Windparks .....</b>	<b>3</b>
	<i>Björn Johnsen</i>	
1.1	Aller Anfang ist Meer .....	4
1.2	Voraussetzungen und Vorerfahrungen .....	5
1.3	Gründungskonzepte: Neues auf dem Meeresboden .....	5
1.4	Verzögerte Fertigstellung .....	6
1.5	Montage, Logistik und Verkabelung .....	7
1.6	Betrieb, Wartung & Parkleittechnik .....	7
1.7	Das liebe Geld und der Nutzen .....	8
1.8	Quellen .....	9
<b>2</b>	<b>Wer, was, wann, warum und vor allem – wohin? .....</b>	<b>11</b>
	<i>Björn Johnsen</i>	
2.1	Quellen .....	13
<b>3</b>	<b>Tausend Sensoren von der Blattspitze bis in den Meeresboden .....</b>	<b>17</b>
	<i>Kai Herklotz, Thomas Neumann, Wilhelm Heckmann, Hans-Peter Link, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
3.1	Messservice: Einer für alle .....	18
3.2	Koordinieren, Organisieren, Instrumentalisieren .....	18
3.3	Tripod auch an Land schwer erreichbar .....	19
3.4	Hindernislauf vor und auf See .....	20
3.5	Ebbe, Flut und malträtierte Messbojen .....	22
3.6	Mit dem Schiff im Winter nur zu 30 % erreichbar .....	22
3.7	„Festgemauert in der Erden“ auch bei Kolkiefen .....	24
3.8	Logistik: (K)ein Schiff wird kommen .....	26
3.9	Immer weiter gehen .....	27
3.10	Quellen .....	27

## II Gründungs- und Tragstrukturen

<b>4</b>	<b>Ein fester Halt in rauer See .....</b>	<b>31</b>
	<i>Raimund Rolfes, Moritz Häckell, Tanja Griebmann, Text verfasst von Björn Johnsen</i>	
4.1	Einleitung .....	32
4.2	Das Dreibein als „Wellenbrecher“ .....	32
4.3	Stahlstruktur mit Idealfigur .....	33
4.4	Hohlraum und Mörtel .....	33
4.5	Rost am Rohr .....	34

4.6	Tauchbad fürs „Problembloch“	35
4.7	Überwachung ist alles	36
4.8	Kolk, das (un)bekannte Wesen	37
4.9	Betonketten als Kolkgeschütz	37
4.10	Wie viel (er)trägt ein Pfahl?	39
4.11	Nah an der Realität	41
4.12	Ein Software-Puzzle setzt sich zusammen	42
4.13	Quellen	44
<b>5</b>	<b>Leben geht weiter</b>	<b>45</b>
	<i>Raimund Rolfes, Tanja Griesmann, Text verfasst von Björn Johnsen</i>	
5.1	Der Weg ist das Ziel	46
5.2	Effizientes Datenmanagement	46
5.3	Von der Forschung in die Praxis „überführt“	47
5.4	Trotz Rost & Co: Geht da noch was nach dem Ende der Betriebszeit?	48
5.5	Modellversuche sind gut, Berechnungsmodelle sind besser?	50
5.6	Der gordische Rohrknoten	50
5.7	Wo soll das alles enden – die automatische Lebensdauerbestimmung	51
5.8	Quellen	52
<b>6</b>	<b>Schieflagen bitte vermeiden</b>	<b>53</b>
	<i>Werner Rücker, Pablo Cuéllar, Steven Georgi, Krassimire Karabeliov, Matthias Baeßler, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
6.1	Am Pfahl hängt alles	54
6.2	Porenwasserdruck: Auch ein Tropfen wiegt schwer	54
6.3	Messen und Dehnen	55
6.4	Zwischen Bodenabsenkung und Porenwasserdruck	57
6.5	Extreme Stürme lockern auf	57
6.6	Die Last mit der Last danach	58
6.7	Quellen	59
<b>7</b>	<b>„Neuland“ auf dem Meeresboden</b>	<b>61</b>
	<i>Matthias Baeßler, Pablo Cuéllar, Steven Georgi, Krassimire Karabeliov, Werner Rücker, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
7.1	Das richtige Maß finden	62
7.2	Beobachten und überwachen	62
7.3	Aller Anfang: Der PC und ein Systemidentifikationsverfahren	63
7.4	Feldversuch auf dem Boden des Berliner Urstromtals	64
7.5	Die jungen Pfähle: Noch nicht sehr belastbar	64
7.6	Kein Signal im Normalbetrieb	65
7.7	Erprobung im Meer noch nicht abgeschlossen	66
7.8	Ausblick: Bitte noch Gegenmaßnahmen entwickeln	67
7.9	Quellen	68

III     **Anlagentechnik und Monitoring**

<b>8</b>	<b>Langlebig trotz rauer Winde</b> .....	71
	<i>Jan Kruse, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
8.1	<b>Das Getriebe – hoch beansprucht</b> .....	72
8.1.1	Kleiner Kran an Bord statt großer Hubinsel auf See .....	72
8.1.2	Genügend Kapazität für lange Lebensdauer .....	73
8.1.3	Online-Öltests gegen Salz im Getriebe .....	74
8.2	<b>Scada, Schnittstellen &amp; Co</b> .....	75
8.2.1	Einheitliche Kommunikationsschnittstelle .....	75
8.2.2	Eng vernetzt: Datenfluss und Kommunikationstechnik .....	76
8.3	<b>Die Netzintegration der 5M</b> .....	76
8.3.1	Kraftwerkseigenschaften .....	76
8.3.2	Systemdienstleistungen – Die Windenergieanlage am Netz .....	77
8.3.3	Erfolgreich simulieren: Der Netzsimulator .....	77
8.4	<b>Intelligente Steuerung</b> .....	77
8.4.1	Neulich im Turm: Da wackelt nichts .....	77
8.4.2	Das Ende der „Hand-Steuerung“ .....	78
8.5	<b>Quellen</b> .....	79
<b>9</b>	<b>Wind in den Flügeln</b> .....	81
	<i>Jan Kruse, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
9.1	<b>Der Anspruch an Rotorblätter</b> .....	82
9.2	<b>Die Arbeitspakete für das neue Blatt</b> .....	82
9.2.1	In Hülle und Fülle .....	82
9.2.2	Prozessentwicklung und Formenbau .....	83
9.2.3	Stapelbare Transportgestelle und Prototypenblattsatz .....	84
9.2.4	Blatttest und Vermessung „im Feld“ .....	84
9.3	<b>Fortschritte bei den anderen</b> .....	85
9.4	<b>Ausblick: Was hat’s gebracht, was wird’s noch bringen?</b> .....	85
9.5	<b>Quellen</b> .....	86
<b>10</b>	<b>Das klügere Blatt gibt nach</b> .....	87
	<i>Björn Johnsen</i>	
10.1	<b>100 Millionen Windstöße aushalten – und ausnutzen!</b> .....	88
10.2	<b>Turbulenzen von vorn</b> .....	88
10.3	<b>Früh agieren statt spät reagieren</b> .....	89
10.4	<b>Alles verdrehen statt verstellen?</b> .....	89
10.5	<b>Auf Biegen und Verdrehen</b> .....	90
10.6	<b>Je größer die Klappe, umso leichter die Beeinflussbarkeit</b> .....	91
10.7	<b>Nicht nur nach hinten, sondern auch mal nach vorne arbeiten</b> .....	92
10.8	<b>Quellen</b> .....	92

<b>11</b>	<b>Die ausschließliche Offshore-Windenergieanlage</b>	95
	<i>Gerrit Haake, Annette Hofmann, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
11.1	Projektziele	96
11.2	Vorbiegung statt Verbeugung	96
11.3	Lernziel Unempfindlichkeit	97
11.4	Vorm Rausfahren: Testen	99
11.5	Noch nicht wie im Wohnzimmer: Turminnenklimatisierung	100
11.6	Nicht auf Wartung warten	101
11.7	In Verbindung bleiben	102
11.8	Bei Starkwind weiterlaufen lassen	102
11.9	Helikopterabsetzplattform: Abseilen!	102
11.10	Triebstrang im Langzeittest	103
11.11	Quellen	104
<b>12</b>	<b>Mit Laserstrahlen in den Wind schießen</b>	105
	<i>Björn Johnsen</i>	
12.1	So funktioniert's	106
12.2	Keine Forschung für die Katz' oder Kunst	106
12.3	Lidar-Technologie	107
12.3.1	Schneefalltest im Schwabenland	107
12.3.2	Scannersystem und Spezifikation Offshore	108
12.3.3	Windmess-Boje auf dem Wellenkamm?	109
12.4	Die Last mit der Leistungskurve	109
12.4.1	Von Omo zu Demo	109
12.4.2	Lidar auf der Gondel	110
12.5	Turbulente Windfelder vorne und hinten	111
12.5.1	Einströmung von vorn, erste Untersuchungen zur Anlagenregelung	111
12.5.2	Zum Testen gehört das Simulieren	112
12.5.3	Wie eine Rauchfahne – die Windbelastungen hinter der Anlage	112
12.6	Wohin damit? Neue Offshore-Messverfahren und FGW-Richtlinien	114
12.7	Wenn die Gondeln Lidar haben	114
12.7.1	Heutige Regelungssysteme reagieren erst beim „Windaufprall“	114
12.7.2	Robust & industrietauglich	114
12.7.3	Kollektive „Blatt-Vorsteuerung“ bevor der Wind aufprallt?	115
12.8	Quellen	115
<b>13</b>	<b>„Geh mir aus dem Wind“</b>	117
	<i>Björn Johnsen</i>	
13.1	Mehr messen mit Multi-Lidar	118
13.2	Ein Defizit ist unübersehbar – beim Wind	119
13.3	Satelliten, Lidargeräte und ein Quellcode	121
13.4	Ohne Großrechner zu mehr Genauigkeit	121
13.5	Quellen	122

<b>14</b>	<b>Erster „Wahrheitstest für Offshore-Anlagen“</b>	123
	<i>Björn Johnsen</i>	
14.1	Wunsch, Wille und Leistung	124
14.2	Luft und Leistungskurve: Bei stabiler Atmosphäre die größte Abweichung	124
14.3	Messung auf Nabenhöhe: Der Standard ist zu wenig	124
14.4	Was ist eigentlich hinter der Turbine los?	126
14.5	Zu wenig Chaos im Simulationsmodell	127
14.6	Wenn Großrechner zu rauchen beginnen – Teil I: In der Anlage, um die Anlage und um die Anlagen herum	127
14.7	Wenn Großrechner zu rauchen beginnen – Teil II: Von der Anströmung zum fernen Nachlauf und zum Nachlauf des gesamten Windparks	129
14.8	Verifikation der Anlagendynamik: Erste Schritte	130
14.9	Integration und Identifikation	130
14.10	Trotz aller Mühe: Noch wenig „Dehnungsverschleiß“	132
14.11	Lastüberwachung nur aus Standarddaten?	134
14.12	Quellen	135
<b>15</b>	<b>Last, Lastmonitoring, Lastreduktion</b>	137
	<i>Björn Johnsen</i>	
15.1	Korrekturen erwünscht	138
15.2	Interaktion einmal anders – der Turm schwingt mit	139
15.3	Lastreduzierende Regelung und Lastmonitoring	140
15.4	Lasten entlang der Rotorblätter	140
15.5	Immer weiter, immer höher?	140
15.6	Unbemanntes Kleinflugzeug: Ohne Dädalus in neue Höhen	141
15.7	... und mit Eis an den Rotorblattspitzen	141
15.8	Hat der Sturm gegen das Regelwerk verstoßen?	141
15.9	Quellen	142
<b>16</b>	<b>Anders als bisher gedacht</b>	143
	<i>Stefan Emeis, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
16.1	Niemand ist perfekt – auch Fino nicht	144
16.2	Von wegen „nur Luft“: Grenzschichten in der Atmosphäre	144
16.3	Von jungen und alten Wellen	146
16.4	Das Meer beschreiben ohne Wellendaten	147
16.5	Ausblick	148
16.6	Quellen	149
<b>17</b>	<b>Manchmal brodeln's fast wie im Spaghetti-Kochtopf</b>	151
	<i>Stefan Emeis, Thomas Neumann, Richard Foreman, Beatriz Cañadillas, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
17.1	Montieren geht über studieren	152
17.2	Über dem Meer geht's grundsätzlich aufwärts	153
17.3	Wie in einer Schulklasse: Hinter der ersten Reihe wird's turbulenter	153
17.4	Ausblick: Weiter (be)schreiben!	157
17.5	Quellen	157

**18 Künstliche Intelligenz und automatische Selbstorganisation** ..... 159

*Stephan Oelker, Marco Lewandowski, Klaus-Dieter Thoben,  
Dirk Reinhold, Ingo Schlalos, Text bearbeitet von Björn Johnsen*

18.1	Windparks ein halbes Jahr nicht erreichbar?	160
18.2	Der alte Gebrauchtwagen steht Pate	160
18.3	Erst der „Störfall“ stößt den Instandhaltungsprozess an	161
18.4	Von der friedlichen Koexistenz der Systeme	161
18.5	Daten sammeln: Vom Getriebeöl bis zum „Kammerton A“ der Flügeldrehung	162
18.6	Die Prozessmaschine läuft	162
18.7	Auswahl einmal anders: Bitte ein breites Ausfallspektrum präsentieren	163
18.8	Wenn die Offshore-Maschinen miteinander über die Instandhaltung verhandeln	164
18.9	Quellen	164

**19 Ja, wie laufen sie denn nun?** ..... 165

*Berthold Hahn, Stefan Faulstich, Volker Berkhout, Text bearbeitet von Björn Johnsen*

19.1	Vom Land aufs Meer gehen	166
19.2	Mehr als nur Kilowattstunden-Zählerei	166
19.3	Auf ein Wort: Vertraulichkeit und Einzelauswertungen	167
19.4	Einbindung der Akteure: Überzeugungsarbeit	168
19.5	Ereignisse, Ergebnisse – und eine Bibliothek!	168
19.6	Zeus macht's möglich	171
19.7	Mehr als nur eine Talkrunde: Der „IEA Wind Task“	171
19.8	Über 200 Offshore-Anlagen sind dabei	172
19.9	Quellen	174

**IV Netzintegration****20 Wind, der „wilde Geselle“ im Kraftwerksverbund** ..... 177

*Arne Wessel, Sebastian Stock, Lüder von Bremen, Text bearbeitet von Björn Johnsen*

20.1	Das Netz und das Nichts	178
20.2	Spannung und Frequenz (er)halten	178
20.3	Gemeinsam ist man stärker – auf zum „Clustern“!	179
20.4	„Entscheidend ist, was hinten rauskommt“	179
20.5	Am häufigsten auf Nennleistung: Energieerträge und Leistungsfluktuation in alpha ventus	180
20.5.1	Fluktuationen: Der Windpark gleicht die Einzelanlage aus	181
20.5.2	Ab der zweiten Reihe wird's schattig	181
20.5.3	Im Westen stets Neues	183
20.5.4	Flaute ist, wenn's trotzdem weht: 16 Stunden mau, 20 lau	184
20.6	Alles fließt? Vom Beginn aller Windleistungsprognosen hin zu „Totalfluc“	186
20.6.1	Im Dutzend präziser? Ein Wetterprognosen-Ensemble	186
20.6.2	Fluktuation vor allem bei Nordwestströmen	188
20.7	Vom „Wilden Haufen“ zum Kraftwerksverbund	189
20.7.1	Trans-Europa-Express: Wie ein zukünftiges Offshore-Netz aussehen kann	189
20.7.2	Geordnete Haufenbildung	190
20.7.3	Offshore clustert sich's leichter und schwieriger zugleich	191

20.7.4 Über 70 Netzberechnungen für eine 4-Stunden-Prognose .....191

20.7.5 Betriebsführungsstrategien .....192

20.7.6 Nicht Ende, sondern neuer Anfang: Der Windparksimulator.....192

20.8 Ausblick: Kontrollsystem und letzte Instanz .....193

20.9 Quellen .....193

**V Umwelt und Ökologie**

**21 Das bedeutendste Umweltprojekt in einem deutschen Offshore-Windpark ..197**

*Anika Beiersdorf, Maria Boethling, Axel Binder, Kristin Blasche,  
Nico Nolte, Christian Dahlke, Text bearbeitet von Björn Johnsen*

21.1 Wie alles anfang .....198

21.2 Startschuss für Erkenntnis .....199

21.3 Wenn man noch nicht weiter weiß, gründet sich ein – Workshop .....200

21.4 Die Ergebnisse der Umweltforschung .....200

21.4.1 Auswirkungen auf pelagische Fische .....200

21.4.2 Auswirkungen auf demersale Fische und Krebse .....202

21.4.3 Resultat: Zusammengeführte, einheitliche Umweltdatenbank .....202

21.4.4 Der Greifer, das Schleppnetz und der Meeresboden .....202

21.4.5 Basstölpel & Co: Die Auswirkungen auf See- und Zugvögel .....203

21.4.6 Sichtung und Datenauswertung von Seevögeln.....205

21.4.7 Schweinswal & Co: Auswirkungen auf marine Säugetiere .....206

21.4.8 Gemeinsame Datenauswertung zu marinen Säugetieren .....206

21.4.9 Marine Säuger und ökologische Habitatmodellierung .....207

21.4.10 Ramm- und Betriebsschall .....207

21.4.11 Unterwasserschall: Neue Messvorschrift .....207

21.4.12 Internationale Veröffentlichung .....208

21.4.13 Standarduntersuchungskonzept: So geht's weiter.....208

21.5 Die wesentlichen Neuerungen im StUK.....208

21.6 Quellen .....209

**22 Viel „Bubbel“ um Nichts?.....211**

*Raimund Rolfes, Jörg Rustemeier, Tanja Griefßmann, Text verfasst von Björn Johnsen*

22.1 Schweinswal-Vergrämung und „Soft Start“ .....212

22.2 Kleine Luftblase, große Wirkung.....213

22.3 Drei Pegel und ein Schleier.....214

22.4 Die Strömung macht's.....215

22.5 Es herrscht Optimierungsbedarf .....216

22.6 Quellen .....218

**23 Lärm wie in einer Uni-Mensa .....219**

*Michael Benesch, Hermann van Radecke, Text bearbeitet von Björn Johnsen*

23.1 Bisher fast nur in der Ostsee gemessen.....220

23.2 Taucher im Einsatz .....220

23.3 Wind & Wellen machen's möglich: Je mehr Leistung, desto weniger Lärm.....222

23.4 Im Hintergrund entfernter Schiffsverkehr .....222

23.5	Aus 50 Kilometern dringen Offshore-Rammschläge herüber .....	222
23.6	Hörschäden unwahrscheinlich .....	223
23.7	Quellen .....	223
<b>24</b>	<b>Aus den Augen, aus dem Sinn?</b> .....	225
	<i>Gundula Hübner, Johannes Pohl, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
24.1	Einleitung .....	226
24.2	Intensive Befragungen .....	226
24.3	2+2-Vergleiche an Nord- und Ostsee .....	227
24.4	Es gibt Zustimmung, wenn ... ..	227
24.5	Sicherheit des Schiffsverkehrs gewünscht .....	228
24.6	Sorgtiere: Meeressäuger und Vögel .....	228
24.7	Landschaft, Heimatgefühl, Lebensqualität .....	228
24.8	„Beruhigende Erfahrungen“ nach der Inbetriebnahme .....	230
24.9	Fehlende Beteiligungsmöglichkeiten .....	231
24.10	Welt und Werte nach Fukushima ... ..	232
24.11	Konfliktvermeidung und Akzeptanzsteigerung .....	233
24.12	Geld ist nicht alles .....	233
24.13	Was tun in der Bau- und Betriebsphase? .....	234
24.14	Fazit: Beteiligungsprozesse in Infrastruktur-Großprojekten .....	234
24.15	Quellen .....	234

## VI Sicherheit

<b>25</b>	<b>Wenn U-995 auf Tauchfahrt taumelt</b> .....	237
	<i>Raimund Rolfes, Moritz Fricke, Tanja Gießmann, Text verfasst von Björn Johnsen</i>	
25.1	Lösungssuche für zwei völlig gegensätzliche Ziele .....	238
25.2	Ein Transponder kommt selten allein .....	238
25.3	Zwischen Meer und PC: Schallschlucker und Simulationen .....	239
25.4	Gutes Wetter geht anders – Messung bei Seegang 4 .....	240
25.5	Gretchen-Frage auf alpha ventus: Wie hältst Du's mit der Öko-Bewertung? .....	241
25.6	Die „Seehund-Glocke“ läutet zum „Dinner“ am Fischnetz .....	242
25.7	Kurzfristige Gefahr an der Gründung .....	242
25.8	Ganz normales Verhalten: Abhauen, Stress, Vermeidung .....	242
25.9	Empfehlungen, auch für andere .....	243
25.10	Quellen .....	243
<b>26</b>	<b>Zuviel vom Salz der Erde</b> .....	245
	<i>Heiko Hinrichs, Thole Horstmann, Uta Kühne, Monika Mazur, Henry Seifert, Text bearbeitet von Björn Johnsen</i>	
26.1	Nur anschauen, nicht anfassen .....	246
26.2	Metallplatten wie Handtücher aufgehängt – zum Rosten .....	246
26.3	Das Bremerhavener Salzkammergut .....	248
26.4	Abtupfproben: Bitte die Mikroben nicht wegwischen .....	248
26.5	Temperatur & Feuchtigkeit im Rotorblatt .....	249

26.6 Temperatur & Feuchtigkeit in der Gondel .....250

26.7 Dem Salz auf der Spur: Der Detektiv, der niemals schlief .....250

26.8 Salzablagerungen automatisch messen .....251

26.9 Labor-Aufzucht von Salzkristallen .....252

26.10 Treffpunkt alte Ölbrücke .....252

26.11 Ausblick .....254

26.12 Quellen .....254

  

**27 SOS auf Offshore-Plattform Sieben .....255**

*Christine Carius, Christoph Jacob, Martin Schultz,*  
*Text bearbeitet von Björn Johnsen*

27.1 Was bisher geschah .....256

27.2 Im Notfall: Ohne Kommunikation geht nichts .....256

27.3 ... und ohne WLAN geht auch nichts! .....257

27.4 Audio/Video-System: Der Verletzte fühlt sich sicherer .....258

27.5 Prototyp zum Mitnehmen: Die TMBox .....259

27.6 In der Zukunft eine App statt eines Applikator? .....260

27.7 Quellen .....260

Meer – Wind – Strom

Forschung am ersten deutschen Offshore-Windpark

alpha ventus

Durstewitz, M.; Lange, B. (Hrsg.)

2016, XXV, 260 S. 170 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-658-09782-0