

Die Entwicklung der Windenergie: Onshore versus Offshore

Industrieräumlicher Wandel in Europa
zwischen
inkrementeller und radikaler Innovation

Pascal Sommer

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	XVI
Danksagung	XXI
1. Einleitung	1
1.1 Problemaufriss	4
1.2 Thesen, Ziele und theoretischer Unterbau der Arbeit	7
1.3 Aufbau der Arbeit	9
1.4 Energie im geographischen Kontext	10
1.4.1 Windenergie im geographischen Kontext	12
2. Windenergie - Begriffe und Motivationen	15
2.1 Onshore und Offshore - Eine Definitionsangelegenheit	15
2.1.1 Die Dimension Küstenentfernung	15
2.1.2 Die Dimension Wassertiefe	16
2.1.3 Zusammenführung der Dimensionen	17
2.2 Warum Offshore-Wind?	20
2.2.1 Die Flächenproblematik	21
2.2.2 Die Akzeptanzproblematik	23
2.2.3 Der Klimawandel	25
2.2.4 Ressourcenknappheit und Ressourcenabhängigkeit	26
2.2.5 Das Windpotential	27
2.2.6 Politische Einflussnahme	31
3. Theoretischer Hintergrund	41
3.1 Zur räumlichen Entwicklung neuer Industrien und Industriezweige	41
3.2 Innovation in der (Wirtschafts-) Geographie	44
3.2.1 Die Geographie von Innovation und Wissen	44
3.2.2 Systemische Innovationsansätze	45
3.2.3 Kritische Betrachtung der Komplexität systemischer Ansätze	45
3.2.4 Technologieevolution und Geographie	46

3.3	Die Schaffung von Neuem	48
3.3.1	Invention	48
3.3.2	Innovation	51
3.3.3	Produktinnovation / Technologische Innovation	51
3.3.4	Inkrementelle und Radikale Innovation	52
3.3.5	Unzureichender Erklärungsgehalt der Dichotomie radikal vs. inkrementell	54
3.3.6	Modular Innovation	55
3.3.7	Architectural Innovation	56
3.3.8	Systemischer / hierarchischer Aufbau technologischer Artefakte	62
3.4	Technologischer Wandel	63
3.4.1	Das zyklische Modell technologischen Wandels	64
3.4.2	Kritik und Erweiterung des zyklischen Modells technologischen Wandels	66
3.4.3	Dominant Design	68
3.4.4	Technologische Brüche	69
3.4.5	Die organisatorische Dimension technologischen Wandels	70
3.4.6	Die industrieräumliche Bedeutung technologischer Brüche	72
4.	Methodisches Vorgehen und Datengrundlage	76
4.1	Empirische Aufarbeitung	76
4.1.1	Empirische Aufarbeitung und Operationalisierung der technologischen und organisatorischen Evolution	76
4.1.2	Empirische Aufarbeitung und Operationalisierung der räumlichen Dimension	79
4.1.3	Kritische Reflektion des erstellten Datencorpus	80
4.2	Methodische Aufarbeitung und Anwendung der theoretischen Grundlagen	82
4.2.1	Identifikation von Produktklassen	83
4.2.2	Identifikation der Kernkomponenten	84
4.2.3	Identifikation des Dominant Designs	89
4.3	Operationalisierung und Identifikation der Innovationsdimensionen	92
4.3.1	Inkrementelle Innovation	93

4.3.2	Radikale Innovation	94
4.3.3	Modular Innovation	94
4.3.4	Architectural Innovation	95
4.4	Innovationstheoretische Identifikation des technologischen Wandels Onshore/Offshore	98
4.4.1	Subsystem WEA	98
4.4.2	Gesamtsystem Windpark	103
4.5	Zwischenfazit Innovation, technologische Entwicklung - AI	110
5.	Die Evolution der Windenergietechnologie	117
5.1	Die Technologie - Kontrastiver Vergleich der Kernkomponenten	117
5.1.1	Die Kernkomponenten einer Onshore-Erzeugungsanlage	117
5.1.2	Die Kernkomponenten einer Offshore-Erzeugungsanlage	122
5.2	Der technologische Entwicklungszyklus Onshore	135
5.2.1	Historische Windenergienutzung und erste Konzepte zur Stromerzeugung	135
5.2.2	Era of Ferment 1970er Jahre bis ca. 1990	140
5.2.3	1990 finale Ausbildung eines Dominant Designs	145
5.2.4	Anfang der 1990er Jahre bis heute: Era of incremental change	145
5.3	Der technologische Entwicklungszyklus Offshore	148
5.3.1	Offshore-Wind. Überlegungen und Anfänge	149
5.3.2	Technologischer Bruch - Multi-Megawatt-Anlagen und großflächige Parks	156
5.3.3	Era of Ferment - Aktuelle Entwicklungen	161
5.3.4	Era of Ferment - Die Entwicklung radikaler Konzepte	165
5.4	Zusammenfassung der Evolution der Windenergietechnologie	167
6.	Die organisatorische Evolution der Windenergieindustrie	168
6.1	Die Wertkette der Windenergieindustrie	168
6.1.1	Onshore	169
6.1.2	Offshore	172
6.2	Die organisatorische Evolution des Onshore-Zyklus	175
6.2.1	Das Entstehen einer Industrie - Era of Ferment	175

6.2.2	Dominant Design und Inkrementelle Innovation	176
6.3	Die organisatorische Evolution des Offshore-Zyklus	178
6.3.1	Era of Ferment-Aktuelle Entwicklungen	178
6.3.2	Industrieorganisatorische Aspekte radikaler Offshore-Konzepte	189
6.4	Zusammenfassung der organisatorischen Evolution der Windenergieindustrie	192
7.	Die räumliche Evolution der Windenergieindustrie	193
7.1	Onshore - Era of Ferment 1970er Jahre bis 1990	193
7.2	Onshore - Dominant Design und erste Schritte Offshore	196
7.2.1	1990-2000	196
7.3	Inkrementelle Evolution Onshore und Abspaltung Offshore	206
7.3.1	2001 -2007	206
7.3.2	2008 -2013	214
7.4	Offshore - Investitionsvolumina und Regionalentwicklungen	226
7.4.1	Deutschland	228
7.4.2	Dänemark	240
7.4.3	Großbritannien	244
7.4.4	Frankreich	248
7.5	Zusammenfassung der räumlichen Evolution der Windenergieindustrie	251
8.	Schlussfolgerungen	253
8.1	Genutzte Theorien und Methoden	253
8.1.1	Verwendung des Innovationsmodells nach HENDERSON & CLARK	253
8.1.2	Verwendung des Technologiezyklus nach ANDERSON & TUSHMAN	254
8.2	Die technologische, organisatorische und räumliche Evolution der Windenergieindustrie	256
8.2.1	Die technologische Dimension	256
8.2.2	Die organisatorische Dimension	257
8.2.3	Die räumliche Dimension	258
8.3	Weiterer Forschungsbedarf	260

9.	Literatur- und Quellenverzeichnis	263
9.1	Literatur	263
9.2	Eigenpublikationen von Unternehmen und Institutionen	283
9.3	Internetquellen	287
9.4	Sonstige Presse	298
9.5	Gesetzestexte	299
10.	Anhang	301
10.1	Karten	301
10.2	Übersicht Experteninterviews	304
10.3	Identifikationsmatrizen	306
10.4	Die Evolution ausgewählter Offshore-WEA-Hersteller	307
10.5	Europäische Offshore-Windparks (Errichtet)	308
10.6	Europäische Offshore-Windparks (Im Bau/In Planung)*	310
10.7	Schadensfälle in europäischen OWP	312