

# 1 Einführung

## Inhalt

1.1. Motivation . . . . .	6
1.2. Methodik . . . . .	8
1.3. Aufbau der Arbeit . . . . .	9

Die deutsche Energieerzeugung wird zukünftig einem tiefgreifenden Wandel gegenübergestellt sein [Arn10]. Dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus dem Jahr 2010 folgend ist der Anteil erneuerbarer Energieträger an der Energieerzeugung bis zum Jahr 2020 auf 30 % zu erhöhen. Diese Steigerung entspricht einer Verdreifachung des Anteils aus dem Jahr 2009 ([Bun10a], [BMJ10]). Die Windenergie machte im Jahr 2009 15,6 % der erneuerbaren Energien aus ([Bun10b]).

Den aus dem EEG resultierenden Anforderungen an den Ausbau der Windenergieerzeugung kann durch drei Strategien begegnet werden: Dem Bau neuer Windenergieanlagen (WEA) auf dem Land (Onshore), der technischen Aufrüstung bestehender Onshore-WEA mittels Repowering-Maßnahmen und dem Bau neuer WEA auf dem Meer (Offshore), wo wesentlich größere und leistungsfähigere Anlagen errichtet werden können. Aufgrund des Flächenmangels ist der erstgenannten Strategie eine natürliche Grenze gesetzt. Die dritte Strategie stellt die weitreichendste Maßnahme dar. Offshore können zudem wesentlich höhere Windstärken zur Energiegewinnung genutzt werden.

Deutsche Hersteller und Errichter von Offshore-Windenergieanlagen konnten anhand der Testanlagen „Dollard Emden“ und „Hooksiel“ sowie dem aus 12 Anlagen bestehenden Test- und Erprobungspark „Alpha Ventus“ Erfahrungen in dem neuen Umfeld sammeln ([Deu12]). Zukünftig ist die Serienfertigung und -errichtung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) mit einer Gesamtleistung von 10.000 MW bis zum Jahr 2020 geplant ([Bun11a], [Alb09]<sup>1</sup>). Die beteiligten Akteure müssen Herausforderungen in den Bereichen Speicher und Netze, Produktion sowie Transport und Handling der Anlagenkomponenten begegnen.

---

<sup>1</sup>Derzeit sind 29 deutsche Offshore-Windparkprojekte sind genehmigt. Siehe URL: <http://www.dena.de> (Stand 23.07.12)

Die Errichtung und Installation von Windenergieanlagen auf der Offshore-Baustelle ist von den auf See herrschenden Wetterverhältnissen abhängig, jedoch gilt Wetter nur in begrenztem Maße als vorhersagbar. Die Zeitfenster der Vorhersagen liegen im mittel- bis langfristigen Bereich von 30 Stunden bei einer Genauigkeit von rund 85 % ([Mal07]). Wellenhöhe und Windstärke stellen die limitierenden Faktoren der Errichtungs- und Installationsprozesse dar, weil diese nur bis zu einer bestimmten Wellenhöhe und Windstärke durchgeführt werden können. Wenn Errichtung und Installation nicht planmäßig durchgeführt werden können, sind daraus resultierende Auswirkungen im gesamten Logistiknetzwerk spürbar, insbesondere im Umschlagshafen und im Materialzulauf zum Hafen. Es ist davon auszugehen, dass der Umgang mit der Störgröße „Wetter“ den zukünftigen Erfolg aller an der Realisierung eines Windparks beteiligten Akteure positiv beeinflussen wird ([Sch10d], [Sch11b], [Sch11c]).

## 1.1. Motivation

Das Logistiknetzwerk der Offshore-Windindustrie wird maßgeblich von dem Status der Offshore-Baustelle geprägt. Nur etwa 60 % der Tage eines Jahres können für die Installation eines Offshore-Windparks, der von Deutschland aus errichtet wird, genutzt werden. Die Aktivitäten an diesen rund 220 Tagen sind so zu planen, dass alle Logistikkonzepte darauf hin ausgerichtet werden [Ger05a]. Wenn die Wetterverhältnisse Installationsarbeiten zulassen, ist ein durchgängiger Materialfluss vom Produzenten über den Umschlagshafen auf das Errichterschiff zu realisieren. Hierbei sind insbesondere die kostenintensiven und begrenzten Ressourcen wie Errichterschiffe, das Transport-, Umschlags- und Installationsgerät sowohl effizient einzusetzen als auch möglichst optimal auszunutzen. Ähnlich hoch sind auch die Anforderungen an die Produktions- und Lagerkapazitäten, die zudem noch die hohen Gewichte und Dimensionen der Komponenten von Offshore-Windenergieanlagen bewältigen müssen.

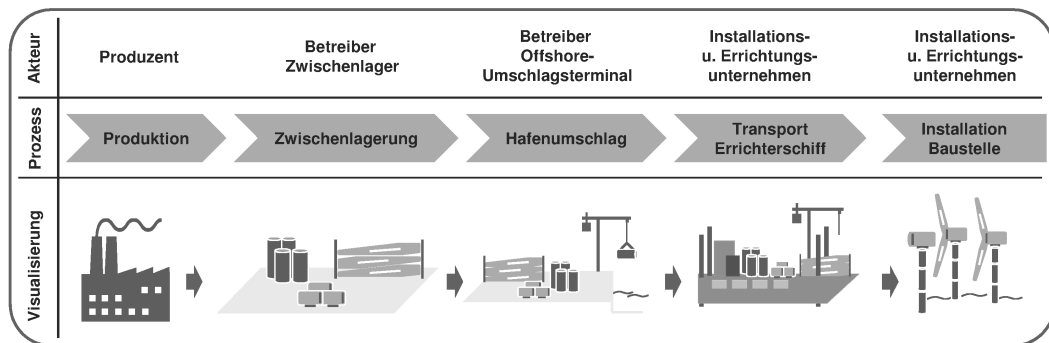


Abbildung 1.1.: Das Logistiknetzwerk der Offshore-Windenergie ([Sch11c])

Die zentralen Akteure des Logistiknetzwerks sind die Hersteller der Windenergieanlagenkomponenten, die Transport- und Logistikdienstleister, die Betreiber des Umschlagsterminals sowie die Betreiber des Errichterschiffs. Bevor eine Windenergieanlage auf der

Offshore-Baustelle installiert werden kann, sind die Akteure gefordert, auf logistische Herausforderungen zur Bewältigung von Störeinflüssen im Netzwerk zu reagieren. Hierzu werden Prozesse entwickelt, die auf Störeinflüsse bei der Planerfüllung adaptiv reagieren und daraufhin neue Steuerungsstrategien in das Logistiknetzwerk absetzen. Neben der Planung stellt auch die Kommunikation über diese dynamisch veränderlichen Prozesse im Netzwerk einen zentralen Aspekt dar. Abbildung 1.1 (Seite 6) zeigt das der Arbeit zugrunde liegende Logistiknetzwerk der Offshore-Windenergie sowie die Materialflüsse von der Herstellung der Komponenten bis zur Errichtung auf der Offshore-Baustelle.

Die Ausbauziele der deutschen Offshore-Windindustrie können nur mittels deutlicher Steigerungen von Produktion und Installation der Offshore-Windenergieanlagen erreicht werden. Das resultierende Branchenwachstum stellt alle Beteiligten vor die Bewältigung von Herausforderungen. Diese reichen von der Kabellegung über technische Aspekte bis zur Installation selbst. Im Kontext der vorliegenden Arbeit wird der Fokus auf Herausforderungen hinsichtlich der Logistik gelegt.

Als logistische Aspekte der Offshore-Windindustrie werden die effiziente Planung von Transportressourcen, Lagerflächen und Installationswerkzeug subsummiert. Die zu bewältigenden Aufgaben bestehen beispielsweise darin, hohe Kosten verursachende Ressourcen möglichst optimal zu nutzen ([Geo11]) und effizient in das Logistiknetzwerk einzubinden. Hier ist insbesondere dynamisch mit den erwartbaren Störungen auf die geplanten oder in operativer Durchführung befindlichen logistischen Prozesse umzugehen. Darüber hinaus sind im Logistiknetzwerk der Offshore-Industrie bislang kaum standardisierte Informationsflüsse etabliert, da sich die Branche aufgrund der Neuartigkeit der Technologie derzeit<sup>2</sup> im Aufbau befindet. Dabei ist die Branche noch während ihrer Entwicklung von der noch überwiegend manufakturhaft anmutenden Fertigung bis zur Serienfertigung hohen Ansprüchen hinsichtlich der Optimierung von Prozessen konfrontiert.

In der Offshore-Windenergiebranche arbeiten individuelle Unternehmen als Akteure eng zusammen und haben einen erhöhten Abstimmungsbedarf. Optimierungsbestrebungen sollten folglich immer im Kontext des gesamten Netzwerks, mindestens aber über die Grenzen eines Akteurs bis zum nächsten hinweg, entwickelt werden.

In der Konsequenz besteht das Forschungsziel des Promotionsvorhabens in der Entwicklung und Validierung von Logistikkonzepten und standardisierten Prozessen für Akteure des Offshore-Windenergie-Logistiknetzwerks. Um die Ergebnisse der Entwicklung bewerten und diskutieren zu können, ist es erforderlich, sie testen zu können. Hierzu wird die Entwicklung eines IT-Systems zur Simulation und Bewertung der Prozesskonzepte angestrebt.

Zur Erreichung des Forschungsziels sind geeignete Methoden und wissenschaftliche Grundlagen zu recherchieren und zu dokumentieren. Nachfolgend werden diese Handlungsfelder entwickelt.

---

<sup>2</sup>Die Arbeit entstand zwischen Sommer 2011 und Winter 2012 - die Aussage schließt somit diesen Zeitraum ein.

## 1.2. Methodik

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht in der Entwicklung und Bewertung standardisierter Logistikkonzepte für die Akteure von Offshore-Windenergie-Logistiknetzwerken. Neben den operativen Transport- und Installationsprozessen werden auch die Informationsflüsse und verschiedenen Status im Logistiknetzwerk im Fokus der Betrachtung stehen. Die Arbeit thematisiert die folgenden forschungsleitenden Fragen:

1. Welchen Anforderungen unterliegen logistische Prozesse im Netzwerk der Offshore-Windenergie und wie können diese Prozesse konzipiert werden?

Um Kosten gering zu halten, werden Transport- und Lagerprozesse möglichst optimal geplant ([For07]). Zur effizienten Organisation und Durchführung sind standardisierte Logistikprozesse erforderlich. Neben dem Materialfluss der realen logistischen Objekte findet auch auf der Ebene der Informationen ein Austausch statt, sodass parallel zum Material- auch ein Informationsfluss stattfindet. Ein Beispiel dafür, wie komplexe und dynamische Logistiknetzwerke erfolgreich organisiert werden können ist stellt die Automobilindustrie dar ([Str04]). Hier gelten Material- und Informationsfluss als nahezu integriert. In der resultierenden Konsequenz aus den dargestellten Spannungsfeldern ist die Entwicklung von Logistikkonzepten und Logistikprozessen erforderlich, die den besonderen Anforderungen der Branche begegnen. Dies wird innerhalb der Handlungsfelder *Logistik und Prozesse* betrachtet.

2. Welche Methoden können eingesetzt werden, um logistische Prozesse zu planen und zu steuern? Wie kann mittels Prozesssimulation der zukünftige Systemzustand in der Weise abgebildet werden, dass Rückschlüsse aktuelle Planungsaufgaben unterstützen?

Das der Arbeit zugrunde liegende Logistiknetzwerk und die darin befindlichen Prozesse weisen eine hohe Komplexität auf. Der Einsatz von IT-Systemen zur Planung und Steuerung der logistischen Prozesse ist erforderlich. Darüber hinaus können verschiedenste Logistik- und Prozesskonzepte mittels Simulation bewertet werden.

3. Wie können die im Rahmen der Arbeit konzipierten Prozesse umgesetzt und bewertet werden?

Die Umsetzung und Bewertung der Prozesse kann durch den Einsatz eines IT-Systems erfolgen. Ein entsprechendes System, in welchem Planungs-, Steuerungs- und Simulationsaufgaben für die Anforderungen der Offshore-Windindustrie abgebildet werden können, wurde bislang <sup>3</sup> nicht vorgestellt. Folglich werden die im Rahmen der Arbeit entwickelnden Prozesse und Konzepte für die Logistik der Offshore-Windenergie im Rahmen eines eigens zu konzipierenden und prototypisch zu entwickelnden IT-Systems umgesetzt.

---

<sup>3</sup>Stand: Winter 2012

4. Wie sind die Ergebnisse der Arbeit im Kontext des Themas einzuordnen und welche weiteren Arbeiten sind möglich?

Das prototypische IT-System dient der Bewertung der Logistikprozesse im Rahmen eines Proof of concept. Eine Weiterentwicklung des Systems bis hin zur Marktreife bzw. zum operativen Einsatz in der Branche wird prinzipiell als möglich erachtet, im Rahmen der Arbeit nicht weiter betrachtet.

### 1.3. Aufbau der Arbeit

Mit dem Einleitungsteil der Arbeit im vorliegenden Kapitel 1 wird der Kontext, das Problem und die resultierende Zielsetzung der Arbeit eingeführt.

Im Grundlagenteil 2 (ab Seite 11) der Dissertationsschrift wird zunächst auf die Vorgehensweise zur Entwicklung logistischer Prozesse sowie auf die Thematik der Logistiknetzwerke eingegangen. Der zweite Teil besteht aus einer Darstellung der Themenkomplexe Offshore-Windenergieerzeugung und Logistikkonzepte für die Offshore-Windenergie. Den dritten und abschließenden Teil des Grundlagenkapitels stellt die Auseinandersetzung mit den Aspekten Simulation, die Ermittlung von Anforderungen an IT-Systeme und die Entwicklung von IT-Systemen dar.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Grundlagenteils werden im anschließenden Kapitel 3, *Konzeption* (ab Seite 73) standardisierte Prozesse für Logistikkonzepte in Netzwerken der Offshore-Windenergie entwickelt. Dabei werden die Anforderungen aus der zugrundeliegenden Forschungsfrage berücksichtigt.

In Kapitel 4, *Anwendung und Einordnung der Konzeptionsergebnisse* (ab Seite 147) wird das zur Bewertung und Umsetzung der zuvor entwickelten Prozesse und Konzepte prototypisch implementierte JAVA-Planungs-, Steuerungs- und Simulationstool vorgestellt und die Bewertung durchgeführt.

Im Anschluss erfolgt die Diskussion der Ergebnisse in Kapitel 5 (ab Seite 167), welches mit einem Ausblick schließt.