

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences

Bachelorarbeit

im Studiengang Umwelttechnik

Aktueller Stand und Perspektiven der Windenergiebranche in China

verfasst von:

Wolfgang Schuster-Wessels

████████████████████

████████

██████████ der HAW Hamburg: Prof. Dr. Ing. Rainer Stank

Betreuer der 8.2 Consulting AG,
Geschäftsbereich Offshore: Dr. Frank Knappe

26.07.2012

Zusammenfassung

Die Analyse der chinesischen Windenergiebranche hat ergeben, dass China die weltweit höchste Windenergieanlagenleistung zur Verfügung stellt. Zudem befinden sich einige der weltweit größten Windenergieanlagenhersteller in China. Dieser Erfolg fußt größtenteils auf im eigenen Land umgesetzten Windparkprojekten.

Gegenwärtig versuchen chinesische Windenergieanlagenhersteller sich international zu etablieren. Dabei ergibt sich nach Betrachtung einiger Projekte und deren Kosten, dass chinesische Windenergieanlagen derzeit nur geringe Chancen auf dem deutschen Markt haben. Gleichzeitig sind die Bedingungen für ausländische Windenergieanlagenhersteller auf dem chinesischen Markt relativ schwerfällig. Dieser Umstand könnte sich in Zukunft unter bestimmten Bedingungen ändern: Die ambitionierten Ausbauziele sowie der Ruf der chinesischen Regierung nach höheren Qualitätsstandards bezüglich der Windenergieanlagenherstellung könnten dazu führen, dass internationale Windenergieanlagenhersteller von eben jener sich rasch entwickelnden chinesischen Windenergiebranche partizipieren könnten.

Vergleiche im Hinblick auf Probleme der deutschen Solarbranche mit chinesischen Solarzellen- und Modulherstellern können nur bedingt in Bezug auf die deutsche Windenergiebranche gezogen werden, da die Voraussetzungen sich in vielen Punkten stark unterscheiden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
1 Aufgabenstellung	1
2 Einleitung	2
3 Windenergie in China	3
3.1.1 Windparks in China	9
3.1.2 Bewertung	13
4 Basiswissen	15
4.1 Windklassen	15
4.2 Technische Verfügbarkeit	16
4.3 Kosten einer Windenergieanlage	17
4.4 Stromgestehungskosten	18
4.5 Berechnung der Stromgestehungskosten	19
4.6 Clean Development Mechanism	22
4.7 Geld- und Wirtschaftspolitik in China	22
5 Grundlagen der Marktanalyse	25
5.1 Mögliche Marktpräsenz in China	25
5.1.1 Allgemeines	25
5.1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen in China	26
5.2 Mögliche Marktpräsenz in Deutschland	27
5.2.1 Allgemeines	27
5.2.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen in Deutschland	28
6 Analyse	30
6.1 Marktanalyse	30
6.1.1 Chinesische Windenergieanlagenhersteller	30
6.1.1.1 Sinovel Wind Group Co., Ltd.	31
6.1.1.2 Goldwind Science & Technology Co., Ltd.	36

6.1.2	Internationale Windenergieanlagenhersteller in China	41
6.2	Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	45
6.2.1	Statische Berechnung der spezifischen Stromgestehungskosten	46
6.2.1.1	Vergleich einer chinesischen Windenergieanlage errichtet in China mit einer deutschen Windenergieanlage errichtet in Deutschland	46
6.2.1.2	Vergleich einer chinesischen Windenergieanlage errichtet in Deutschland mit einer deutschen Windenergieanlage errichtet in Deutschland.....	54
6.3	Einsatz und Kostenanalyse von Seltenen Erden.....	62
6.4	Bewertung der Solarbranche	65
7	Ergebnis.....	70
8	Literaturverzeichnis.....	75

Abkürzungen

Kurzform Bedeutung

AG.....	Aktiengesellschaft
AMSC.....	American Superconductor
BImSchG.....	Bundesimmissionsschutzgesetz
BIP.....	Bruttoinlandsprodukt
B _K	spezifische Betriebskosten
CCC.....	China Compulsory Certification
CDM.....	Clean Development Mechanism
CNY.....	Chinese Yuan Renminbi
CNCA.....	Certification and Accreditation Administration
CRESP.....	Chinese Renewable Energy Scale-up Program
DIN.....	Deutsches Institut für Normung
DNV.....	Det Norske Veritas
EEG.....	Erneuerbare Energien Gesetz
EK.....	Eigenkapital
FK.....	Fremdkapital
GE.....	General Electric
GL.....	Germanischer Lloyd
GmbH.....	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
IEC.....	International Electrotechnical Commission
IWF.....	Internationaler Währungsfond
ISSET.....	Institut für Solare Energieversorgungstechnik, Verein an der Universität Kassel e.V., Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
JV.....	Joint Venture

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Ltd. Co	Limited Company
MwSt	Mehrwertsteuer
NDRC	Nationale Entwicklungs- und Reformkommission
NEA	Nationale Energiebehörde
NEC	Nationale Energiekommission
PDRC.....	Provincial Development and Reform Commission
POE	privately owned enterprise
SMV	staatliche Meeresverwaltung
SOE	state owned enterprise
S _k	spezifische Stromgestehungskosten
TSMC.....	Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
TÜV Nord.....	Technischer Überwachungsverein Nord
USA	United States of America
WEA.....	Windenergieanlagen
WEAL.....	Windenergieanlagenleistung
WTO	World Trading Organisation

Danksagung

An dieser Stelle danke ich Allen, die mich bei der Fertigstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben. Ein besonderer Dank geht an meine Betreuer, Professor Dr. Ing. Rainer Stank und Dr. Frank Knappe, und an meine Frau Nicole.

1 Aufgabenstellung

Durch den weltweiten Wandel im Energiesektor von fossilen zu erneuerbaren Energien hin steigen nicht nur in Deutschland die Investitionen in Windenergieanlagen. Schon jetzt können chinesische Windenergieanlagenhersteller den größten Marktanteil für sich verzeichnen und stetig erweitern [1]. Aus diesem Grund ist eine nähere Betrachtung der Windenergiebranche in China von großem Interesse, da diese sowohl Chance als auch Risiko für die deutsche Windenergiebranche bedeuten kann.

Diese Untersuchung soll die aktuelle Situation, basierend auf den jüngsten Nachrichten über die chinesische Windenergiebranche, beschreiben. Die chinesischen Windenergieanlagenhersteller, deren Angebotspalette mit den jeweiligen technischen Spezifikationen, sowie deren Verbindungen zu europäischen Firmen werden ermittelt und analysiert. Auch internationale Windenergieanlagenhersteller, die in China tätig sind, werden in die Betrachtung mit einbezogen. Im nächsten Schritt werden errichtete und geplante On- und Offshore-Windparks von chinesischen Windenergieanlagenherstellern sowohl in China als auch international ermittelt und vor Ort herrschende Rahmenbedingungen angeführt. Kosten, Wettbewerbsfähigkeit und Zuverlässigkeit der gegenwärtig auf dem Markt verfügbaren chinesischen Windenergieanlagen, sowie die weitere Entwicklung werden in dieser Untersuchung zusätzlich betrachtet.

Ziel dieser Arbeit soll ein Überblick über die momentane und zukünftige Situation der Windenergiebranche in China sein, um die Einflüsse chinesischer Hersteller auf den deutschen Windenergiemarkt abschätzen zu können.

Daraus ergeben sich zwei Kernfragen:

Können chinesische Windenergieanlagenhersteller gegenwärtig und zukünftig in Deutschland Windenergieanlagen verkaufen und errichten?

Wie sieht die Wirtschaftlichkeit einer chinesischen Windenergieanlage im Vergleich zu einer deutschen Windenergieanlage aus?

2 Einleitung

In dieser Arbeit habe ich versucht aus diesem umfangreichen Thema wesentliche Punkte herauszuziehen, damit sich der Leser ein konkretes Bild über den Ist-Zustand und die mögliche Zukunft der Windenergiebranche machen kann. Ich gebe im ersten Teil einen Überblick über die aktuelle Situation und die Perspektiven der Windenergie in China. Danach werden im Kapitel *Basiswissen* allgemeine technische und wirtschaftliche Grundlagen, die für diese Arbeit notwendig sind, erläutert. Das Kapitel *Grundlagen der Marktanalyse* bietet konkrete Informationen über die mögliche Marktpräsenz der Windenergieanlagenhersteller in Deutschland und China, sodass darauf aufbauend im Analyseteil die zwei größten chinesischen Windenergieanlagenhersteller erläutert werden, sowie auch internationale Hersteller, die in China tätig sind. Im zweiten Teil der Analyse werden die Wirtschaftlichkeit der chinesischen und der deutschen Windenergieanlagen betrachtet und verglichen. Im dritten Teil wird eine Bewertung der Solarbranche in Bezug auf die Windenergiebranche durchgeführt, sodass schlussendlich eine umfassende Beurteilung möglich wird.

Diese Arbeit basiert auf vielen verschiedenen Internetquellen, bei denen ich auf Seriosität geachtet habe. Des Weiteren konnte ich bei den Grundlagen auf etablierte Quellen zurückgreifen. Ich nutzte zusätzlich die Möglichkeit Expertengespräche zu führen, um von deren persönlicher Erfahrung zu profitieren.

3 Windenergie in China

China, ein Land mit rund 1,35 Milliarden Einwohnern [2] und einem Wirtschaftswachstum von jährlich 9 bis 10 % (von 2008 bis 2011) [3], muss laufend seine Energieproduktion erhöhen, um den steigenden Energiebedarf zu decken. China verbrauchte im Jahre 2010 3,25 Milliarden Tonnen Kohleeinheiten, was ungefähr 26.500 TWh entspricht, und nimmt damit die führende Position als größter Energieverbraucher weltweit, noch vor den USA, ein. Umgerechnet bedeutet dies eine praktische durchschnittliche Leistung von 2,9 TW, die ständig vorgehalten werden muss. Gemessen am Wirtschaftswachstum ist mit steigendem Energieverbrauch zu rechnen, der im Jahr 2020 4,7 Milliarden Tonnen Kohleeinheiten (38.300 TWh) betragen könnte [4]. Der Gesamtenergieverbrauch steigt damit um weitere 47 % in zehn Jahren an. Betrachtet man hingegen den elektrischen Energiebedarf, so wurden 2009 rund 3.500 TWh benötigt [5]. 2020 könnten es bereits 8.000 TWh sein [4]. Dies würde ein Wachstum von rund 128 % in elf Jahren bedeuten.

Dieser hohe Energiebedarf muss durch neue Kraftwerke abgedeckt werden. Um alle Potentiale der Energiegewinnung auszuschöpfen, werden auch die erneuerbaren Energien stark gefördert. Zusätzlich wird dies nötig, weil in den letzten Jahren die Umwelt den Preis für schnelles Wirtschaftswachstum und somit den steigenden Energiebedarf zu zahlen hatte. China wurde zum größten Emittenten von Kohlendioxid und verschmutzte neben der Luft auch Boden und Gewässer soweit, dass im Jahr 2009 3,8 % seines Bruttoinlandsprodukts (BIP) in die Behebung von Umweltschäden investiert werden musste. Dies bedeutete eine Steigerung von rund 10 % zum Vorjahr. Dadurch ergeben sich neben dem Aspekt des Naturschutzes und der Gesundheit auch immer größere wirtschaftliche Belastungen, mit denen umgegangen werden muss [6].

Dies erkannte auch die chinesische Regierung und beschloss im 11. Fünfjahresplan, der im Jahr 2006 in Kraft getreten ist, und in weiterer Folge im 12. Fünfjahresplan, verschiedene Gesetze zur Stärkung der erneuerbaren Energien. Es wurde entschieden, dass der Anteil der Regenerativen Energien (nicht fossile Energien) an Primärenergieverbrauch von 8,3 % im Jahr 2010 bis zum Jahr 2020 auf 15 % gesteigert werden soll. Zusätzlich sollen 5 % der Stromerzeugung allein mit Windenergie abgedeckt werden. Dies kann erreicht werden, wenn bis zum Jahr 2020 200 GW an Windenergieleistung bereitgestellt werden. China würde damit ein Fünftel der weltweit installierten Leistung im Bereich der Windenergie bis zum Jahr 2020

erbringen. Durch finanzielle und legislative Maßnahmen wurde und wird die Windenergiebranche im eigenen Land durch die chinesische Regierung gefördert und gelenkt [7] [4].

In China verdoppelte sich seit dem Jahr 2005 die installierte Windenergieanlagenleistung (WEAL) jährlich, während in Deutschland lediglich ein linearer Anstieg der installierten Leistung vorherrscht.

Die folgende Grafik soll dies verdeutlichen:

MW

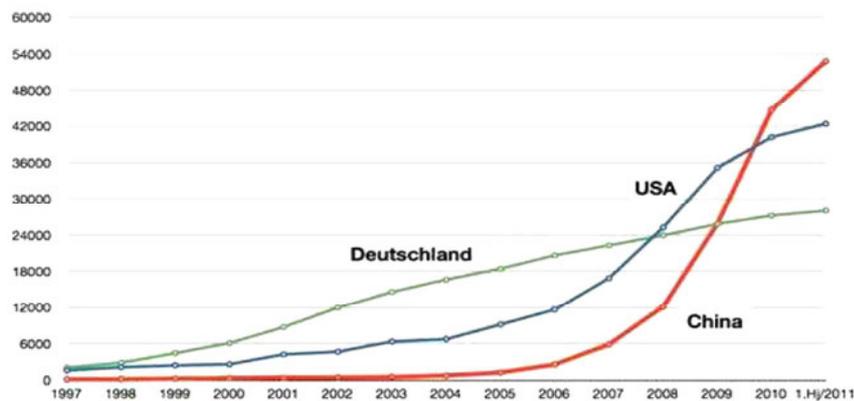
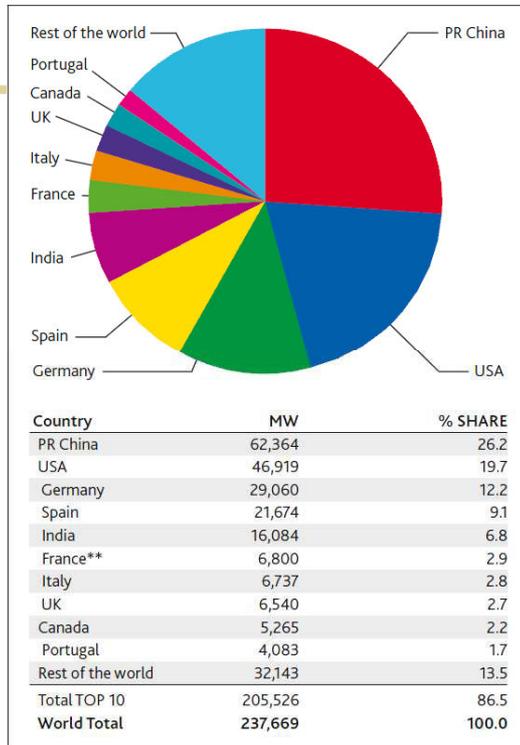


Abbildung 3.1: Entwicklung der installierten Windenergieleistungen im Ländervergleich [8]

Durch die hohen Steigerungsraten konnten in China bis zum Jahr 2011 insgesamt rund 62 GW an Windenergieleistung installiert werden. Allein im Jahr 2011 sind in China rund 17,5 GW neu hinzugekommen, wodurch China weltweit in den Kategorien *gesamt installierte Leistung* und *neu installierte Leistung* an der Spitze bleibt. In den folgenden Grafiken sind die Verteilungen auf einzelne Länder zu sehen.

Top 10 cumulative capacity Dec 2011



Top 10 new installed capacity Jan-Dec 2011

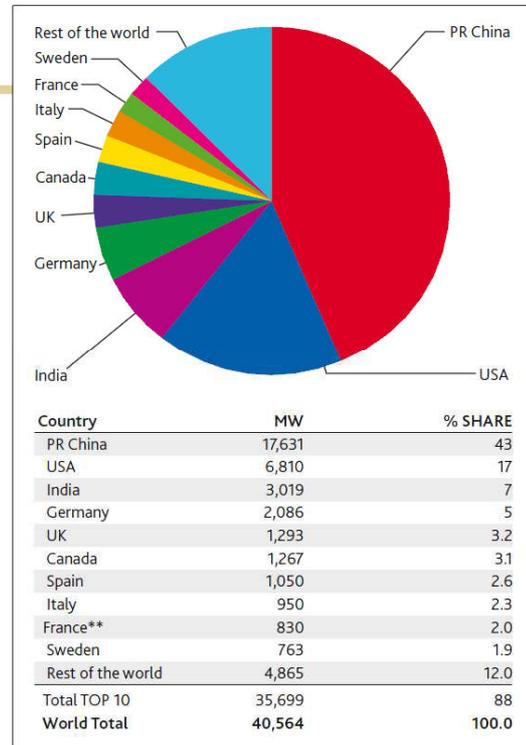


Abbildung 3.2: Marktanteile im Windenergiesektor [9]

Aufgrund des starken Wachstums der Windenergiebranche in China vergrößerten sich auch die Marktanteile chinesischer Windenergieanlagenhersteller auf dem Weltmarkt während der letzten Jahre. In nur drei Jahren haben sich die Marktverhältnisse komplett verändert. Insgesamt sind vier chinesische Windenergieanlagenhersteller im Jahr 2011 unter den weltweit zehn größten Windenergieanlagenherstellern zu finden [10] [11].

Firma	Markt- anteil 2011	Rang 2011	Markt- anteil 2010	Rang 2010	Markt- anteil 2008	Rang 2008
Vestas Denmark	12,9 %	1	12 %	1	19 %	1
Goldwind China	8,8 %	2	10 %	4	4 %	8
Enercon Germany	7,6 %	3	7 %	5	10 %	4
Suzlon India	7,6 %	3	6 %	8	7 %	5
Siemens Germany	7,6 %	3	5 %	9	5 %	6
GE United States	7,4 %	6	10 %	3	18 %	2
Sinovel China	7,2 %	7	11 %	2	5 %	7
United Power China	7,0 %	8	4 %	10	n.v.	n.v.
Gamesa Spain	6,4 %	9	7 %	6	11 %	3
Mingyang China	2,9 %	10	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.
Dongfang (DEC) China	n.v.	n.v.	7 %	7	n.v.	n.v.
REpower Germany	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	2,5 %	10
Nordex Germany	n.v.	n.v.	n.v.	n.v.	3,2 %	9
n.v.: nicht unter den größten 10 Firmen vorhanden						

Tabelle 3.1: Marktanteile der zehn größten Windenergieanlagenhersteller 2008, 2010 und 2011 basierend auf neu installierter Windenergieanlagenleistung [10] [11]

Da der Boom der chinesischen Windenergiebranche erst seit wenigen Jahren besteht und keine über die Jahrzehnte gewachsene Windindustrie wie in Europa vorhanden ist, musste der anfängliche technologische Rückstand durch Wissenstransfer von Europa und den USA nach China in Form von Beratung, Patentrechte, Produktlizenzen, usw. reduziert werden. Dies kostete China allein 2009 340 Millionen Euro [7]. Die Entwicklung in der chinesischen Windenergiebranche wurde beschleunigt durch eine Reihe von Projekten des Clean Development Mechanism (mehr dazu in Kapitel 4.6). Das Chinese Renewable Energy Scale-up Program (CRESP) unterstützte während der letzten Jahre ebenfalls große Windenergieanlagenhersteller wie Sinovel oder Goldwind finanziell bei der Entwicklung von Windenergieanlagen. Das Programm wurde 2010 beendet [12].

Des Weiteren wurde das starke Wachstum in der chinesischen Windenergiebranche durch optimale politische Rahmenbedingungen unterstützt, die in Kapitel 5.1.2 näher beschrieben werden. Um die energiepolitischen Entwicklungsziele im Bereich der Windenergie zu errei-

chen, legte die Nationale Energiekommission (NEC) sieben Onshore-Gebiete für Windenergieanlagen (WEA) und zusätzliche Offshore-Gebiete in Küstennähe fest, an denen bis zum Jahr 2020 die angestrebten 200 GW an Windenergieanlagenleistung installiert werden soll. Der Plan sieht vor, dass hauptsächlich im Norden des Landes die Onshore-WEA errichtet werden, da sich dort die windreichsten Gebiete befinden. Die Ballungszentren von China, die die großen Stromabnehmer des Landes darstellen, befinden sich hingegen an der Ostküste von China. Es müssen die bereits existierenden Stromnetze in den Provinzen Chinas ausgebaut und neue Querverbindungen zwischen ihnen geschaffen werden, um den im Norden produzierten Windstrom durch die verschiedenen Provinzen des Binnenlandes zur Küste zu liefern. Aufgrund der Größe des Landes bedarf es noch erheblicher Investitionen in das Stromnetz, um diese Stromverbindungen herzustellen [4].

Ein zusätzliches Ziel besteht auch darin, das enorme Windpotential an den Ostküsten von China zu nutzen. Aus diesem Grund wurden auch in Küstennähe Bereiche für die Offshore-Windenergienutzung ausgewiesen. Ihr Ausbau wird forciert, da sie nahe den Ballungszentren Chinas errichtet werden können und somit ein weiter und teurer Stromtransfer eingespart werden kann. So wurde im Jahr 2009 der erste Offshore-Windpark, der „Shanghai's Donghai Bridge“, mit 3-MW-WEA (Fa. Sinovel) und einer Gesamtkapazität von 102 MW an installierter Windenergieanlagenleistung (WEAL) errichtet. Die Projektkosten lagen bei 360 Millionen Euro, wodurch sich ein Investitionsschlüssel von rund 3,5 Millionen Euro pro installiertem MW an Offshore-WEAL ergab [7]. Im Gegensatz dazu ist die Errichtung einer Onshore-WEA weit günstiger (Näheres in Kapitel 6.2.1), da chinesische WEA Hersteller bereits auf mehr Erfahrung durch eigene umgesetzte Windparkprojekte zurückgreifen können. Auch bei Offshore-WEA werden große Anstrengungen betrieben um Kosten zu senken und Erfahrungen zu sammeln. Die Lage der geplanten Onshore- und Offshore-Projekte wird in Kapitel 3.1.1 näher dargestellt.

Im Moment sind alle großen chinesischen Windanlagenhersteller dabei Offshore-Anlagen zu entwickeln (siehe auch in Kapitel 6.1.1). Im Jahr 2010 wurde ein Gigawatt an Offshore-WEAL durch Konzessionen der staatliche Meeresverwaltung (SMV) vergeben, bis 2020 sind rund 30 GW an installierter WEAL geplant [7]. Bei all diesen Plänen des chinesischen Staates konnten internationale Windenergieanlagenhersteller nur wenig vom starken Wachstum in China profitieren.

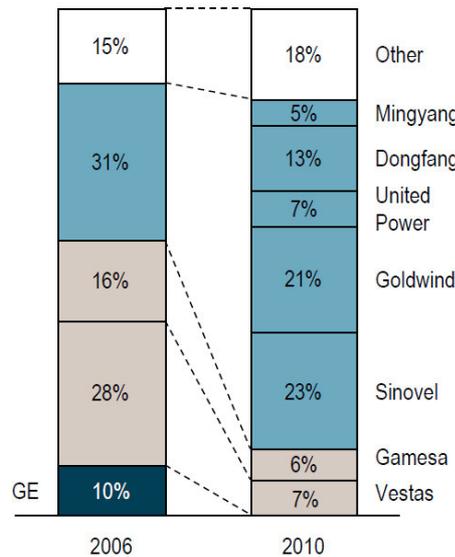


Abbildung 3.3: Marktanteile von Windenergieanlagenherstellern auf dem chinesischen Markt [13]

Im Jahr 2006 wurde der chinesische Windmarkt zu 70 % von ausländischen Windenergiefirmen dominiert. Wenige Jahre später spielen ausländische Windenergiefirmen hingegen nur noch eine untergeordnete Rolle. Eine ungünstige Gesetzgebung für internationale Firmen, die in China tätig waren, und die parallele Unterstützung heimischer Firmen durch den Staat führten zur oben beschriebenen Marktverschiebung. Zusätzlich können staatliche und firmeneigene Forschung und Entwicklung im Windenergiebereich und eine starke Erhöhung der Produktion von WEA für den chinesischen Markt für diese Tatsache verantwortlich gemacht werden. Die rund 62 GW an installierter WEAL wurden von chinesischen WEA-Herstellern fast ausschließlich in China und dort wiederum beinahe zur Gänze in Onshore-Windparks errichtet. In Zukunft gilt es als wahrscheinlich, dass sich die 82 heimischen Hersteller von Windenergieanlagen auf wenige reduzieren werden. Dies gilt nicht nur für die Hersteller, sondern auch für Betreiber und Zulieferer. Die Reduktion ergibt sich aus dem aktuellen Überangebot auf dem Windenergieanlagenmarkt und dem daraus resultierenden Preisverfall, sowie aus einer Erhöhung der Qualitätsstandards, bei denen nicht alle Hersteller mithalten können. Es wurden Standards für die Stützung des Netzes herausgegeben und von der NEA 18 neue Standards im November 2011 formuliert, die die Qualität und die Kosten steigern werden. Der chinesische Staat ist bestrebt die Anzahl der Hersteller zu verringern, um einen „nationalen Champion“ zu schaffen. Dieser wird dann nicht finanziell dafür aber politisch und technologisch vom chinesischen Staat unterstützt, um sich auf dem internationalen Markt zu etablieren [9] [13] [14] [15].

3.1.1 Windparks in China

In diesem Kapitel werden die bestehenden und geplanten On- und Offshore-Windparks in China dargestellt. Die noch geringe Anzahl an umgesetzten Offshore-Windparks wird im Folgenden ausgeführt. Im Gegensatz dazu werden die bereits bestehenden Onshore-Windparks und die geplanten Windparks aufgrund ihrer Anzahl nur im Überblick dargestellt.

In der nächsten Abbildung wird ein Ausblick über die Lage der Onshore Windparks (brauner Kreis) und der Offshore Windparks (blaues Dreieck) in China gegeben, die bereits bestehen oder innerhalb der nächsten Jahre errichtet werden sollen.

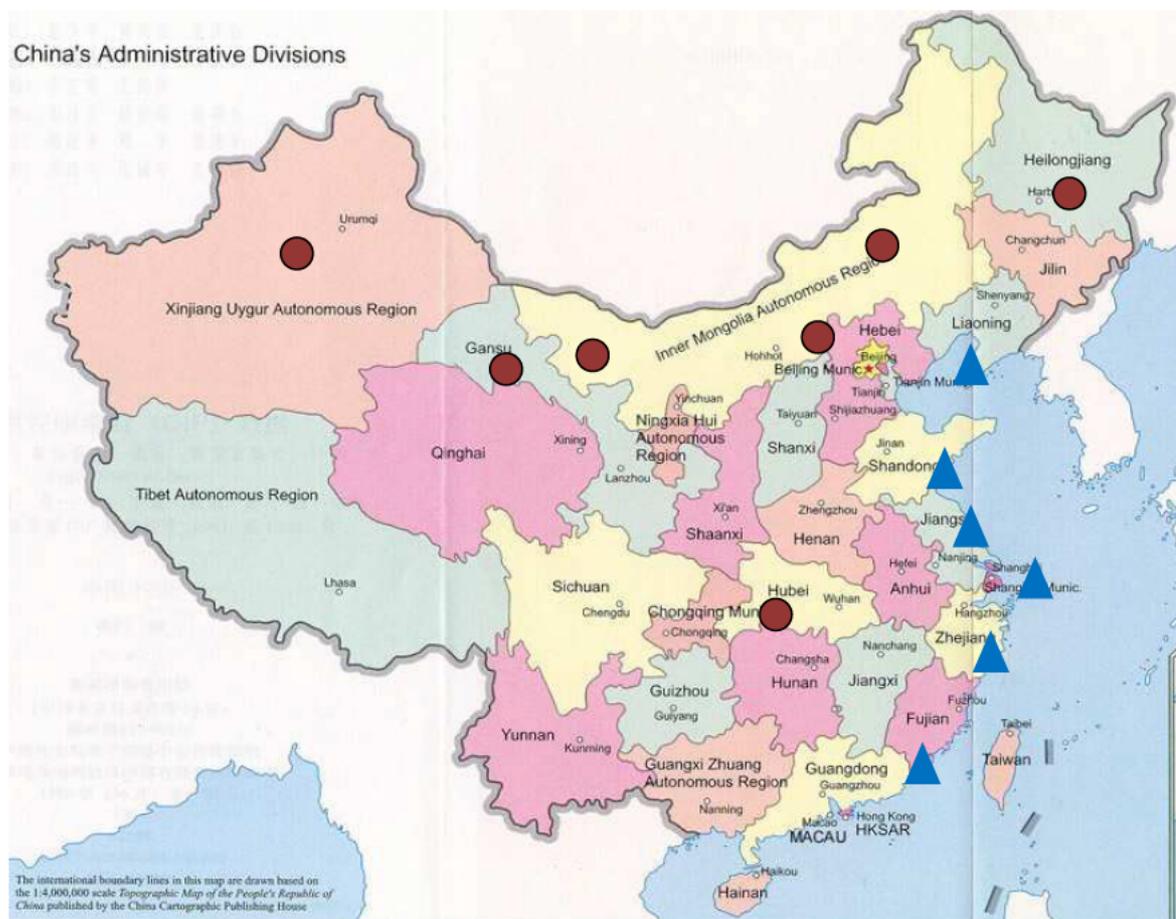


Abbildung 3.4: Windparks in China [16]

Es sind anhand dieser Abbildung die windreichsten Regionen von China zu erkennen. Diese decken sich mit den Regionen, in denen die bestehende und geplante Windparks projiziert bzw. umgesetzt worden sind. Diese liegen einerseits im Norden nahe der windreichen Mongolei und im Osten an der chinesischen Pazifikküste. Dort wird das Klima durch den Monsun und die Taifune im Sommer bestimmt [4]. Die Winde treffen vom Pazifik aus auf die Ostküste

von China und schwächen sich am Festland ab. Diese Windsituation bietet die Möglichkeit an der chinesischen Küstenlinie, die mehrere tausend Kilometer lang ist, im Offshore-Bereich die Windenergie zu nutzen. Momentan werden vor allem Bereiche in direkter Küstennähe genutzt, da es erst wenige Erfahrungen mit Offshore-Windparks gibt. Nach erfolgreicher Umsetzung der küstennahen Offshore-Windparks, sollen auch tiefere Gewässer erschlossen werden.

In folgender Tabelle sind die bereits errichteten und in Betrieb genommenen Offshore-WEA in China dargestellt. Als Offshore werden WEA bezeichnet, die sich in geringen Wassertiefen bis 32 Metern befinden.

Region/ Provinz	Name	Lage	Status	Gesamt- leistung [MW]	Turbinen- leistung [MW]	Anlagen- hersteller	Anlagen- typ
Liaoning	Liadong Bay/ Suizhong 36-1 Ölfeld	70 km von Küste entfernt, 32 m Wassertiefe	In Betrieb seit 2007	1,5	1,5	Goldwind	GW 70/1500
Shanghai	Donghai Bridge	10 km von Küste entfernt, 7 m Wassertiefe	In Betrieb seit 2010	102	3	Sinovel	SL 3000/90
Jiangsu	Chenjiagang Xiangshui Strandzone	Küstennähe, 1 m Wassertiefe	In Betrieb seit 2010	201	1,5	Dongfang Electric	FD77- 1500
Jiangsu	Dafeng Strand- zone (Versuchs- feld)	Küstennähe, Wassertiefe zwi- schen 0 und 5 m	In Betrieb	2	2	Shanghai Electric	SE 2.0
Shandong	Huaneng Rong- cheng Strand- zone	Küstennähe, Wassertiefe zwi- schen 0 und 5 m	In Betrieb seit 2011	99	3	Sinovel	SL 3000/105
Jiangsu	Xiangshui Strandzone (Versuchsfeld)	3,5 km von Küsten entfernt, Wasser- tiefe zwischen 0 und 4 m	In Betrieb seit 2010	4,5	2,5	Goldwind	GW 70/2500 bzw. GW 100/2500
					2	Shanghai Electric	SEWIND W2000M
Jiangsu	Rudong Strandzone (Versuchsfeld)	3,5 - 4,5 km von Küste entfernt, Wassertiefe zwi- schen 0 und 5 m	In Betrieb seit 2010	32	2	Shanghai Electric	SE 2.0 bzw. SEWIND W2000M
					2	Sany Electric Wind	SE9320III- S3
					1,5	Guodian United	UP82- 1500

Region/ Provinz	Name	Lage	Status	Gesamt- leistung [MW]	Turbinen- leistung [MW]	Anlagen- hersteller	Anlagen- typ
						Power	
					1,5	Mingyang Wind Power	MY 1.5s
					1,5	Envision Energy	E82
					2	CSIC Haiz- huang Wind- power	HZ82- 2000
					2	Wuxi Bao Nan Ma- chinery	BN82-2.0
					3	Sinovel	SL3000
Jiangsu	Rudong 1 Strandzonen Offshore- Windpark	3 bis 8 km von Küste entfernt, Wassertiefe zwi- schen 0 und 5 m	In Betrieb seit 2011	48,3	2,3	Siemens	SWT-2.3- 101

Tabelle 3.2: Liste der umgesetzten Offshore-Windparks in China [17] [18]

Anhand dieser Aufstellung ist zu erkennen, dass die in Betrieb genommenen Offshore-Windenergieanlagen vorrangig in direkter Küstennähe / Strandzone und in geringer Wassertiefe (0 bis 5 m Wassertiefe) errichtet wurden. Nur „Donghai Bridge“ und „Liadong Bay“ liegen in tieferem Gewässer (5 bis 32 m Wassertiefe). Bei „Rudong 1“ wurde erstmals die Lizenz an einen ausländischen Windenergieanlagenhersteller (Siemens) vergeben, der in einem Joint Venture mit einer chinesischen Firma als Bieter aufgetreten ist.

Addiert man die WEAL dieser Offshore-Projekte, wurden rund 500 MW an WEAL im Offshore-Bereich umgesetzt. Die restliche im Jahr 2011 vorhandene WEAL von rund 61,5 GW wurde somit im Onshore-Bereich errichtet [9]. In folgender Aufstellung wird die bis Mitte des Jahres 2010 installierte WEAL, aufgeteilt auf die jeweiligen Provinzen, angeführt. Da Daten für das Jahr 2011 nicht vorhanden sind, werden für das Jahr 2011 die Werte von 2010 extrapoliert.

Region / Provinz	installierte Onshore - Windenergieanlagenleistung in GW	
	bis Mitte 2010	bis 2011 (Hochrechnung)
westliche Innere Mongolei	6,5	12,9
östliche Innere Mongolei	3,6	7,1
nordöstliche Provinzen	7,3	14,4
Hebei	3,8	7,5
Gangsu	1,4	2,8
Xinjiang	1,1	2,2
Ost- und Zentralchina	7,4	14,6
Summe	31,1	61,5

Tabelle 3.3: Liste der errichteten Onshore- WEAL in China [4]

Es ist geplant rund 30 GW an WEAL im Offshore-Bereich und rund 170 GW an WEAL im Onshore-Bereich zu errichten. Im Onshore-Bereich sind Windparks von 10 GW an WEAL mit dazugehörigem Netzanschluss angedacht [4].

Region / Provinz	2020 geplante Offshore- Ausbaukapazität in GW
Shanghai	2
Jiangsu	10
Zhejiang	4
Shandong	7
Fujian	1
weitere	8
Summe	30

Tabelle 3.4: Liste der geplanten Offshore- WEAL in China [7] [4]

Region / Provinz	2020 geplante Onshore- Ausbaukapazitäten in GW
westliche Innere Mongolei	40
östliche Innere Mongolei	20
nordöstliche Provinzen	30
Hebei	15
Gangsu	20
Xinjiang	20
Ost- und Zentralchina	25
Summe	170

Tabelle 3.5: Liste der geplanten Onshore- WEAL in China [4]

3.1.2 Bewertung

Wenn man bedenkt, dass im Jahr 2011 bereits 62 GW [9] an WEAL installiert waren, so ist das Ziel 200 GW [4] an installierter WEAL im Jahr 2020 zu erreichen nicht unrealistisch. In den verbleibenden 9 Jahren müssten weitere 138 GW an WEAL errichtet werden, was einen jährlichen Zuwachs von 15,3 GW bedeuten würde. Da von 2010 bis 2011 bereits ein Zuwachs von rund 17,5 GW [9] an WEAL stattfand, könnte das Ziel früher erreicht werden. Doch sind in dieser Planung einige Unsicherheitsfaktoren enthalten.

Einer dieser Faktoren ist und wird die unsichere Situation des Netzanschlusses sein. Im Jahr 2010 konnten rund 26 % der errichteten WEA keinen Strom produzieren [4]. Ein fehlender Netzanschluss war hierfür ein Hauptgrund. Lange Stillstandzeiten führen nicht nur zu hohen Umsatzeinbußen beim betroffenen Windparkbetreiber, sondern bewirken auch mögliche Schäden an Getriebe und Lagern.

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor liegt in den Offshore-Plänen der chinesischen Regierung. Bis zum Jahr 2020 sollen rund 30 GW an WEAL im Offshore-Bereich entstehen, wobei bis heute erst rund 500 MW installiert wurden. Im Vergleich zu Onshore-WEA sind die Offshore-WEA technisch anspruchsvoller und müssen wartungsarm und zuverlässig konzipiert sein, da Reparaturen im Offshore-Bereich kostspieliger sind als im Onshore-Bereich. Gegenwärtig treiben einige chinesische WEA Hersteller die Entwicklung von Offshore-WEA voran, um den

für den internationalen Wettbewerb notwendigen technologischen und wirtschaftlichen Stand zu erreichen. Gleichzeitig will der chinesische Staat mithilfe neuer Qualitätsstandards für WEA dem Problem der mangelnden Zuverlässigkeit entgegenwirken. Es bleibt abzuwarten, ob und in welcher Zeit dies verwirklicht werden kann.

Ein weiteres Problem für Offshore-WEA liegt in Taifunen. Wenn in den nächsten Jahren Offshore-Windparkprojekte vom Strandbereich in die offene See verlagert werden steigen einerseits die Erträge durch höhere Windgeschwindigkeiten und einer höheren Häufigkeit dieser. Andererseits besteht die Gefahr, dass Windparks stärker von der Wucht eines Taifuns getroffen werden. Über die Sommermonate treffen der Monsun und Taifune verschiedener Stärke vom Pazifik aus auf Chinas Ostküste. Beim Offshorepark „Donghai Bridge“ wurden WEA vom Typ SL3000/90 installiert. Die Firma Sinovel gibt in ihren technischen Spezifikationen eine Überlebensgeschwindigkeit von 70 m/s bzw. 252 km/h und die Windklasse Ia an [19]. Theoretisch würde dies ausreichen, um gegen die meisten Stürme zu bestehen, doch gibt es nur wenige Erfahrungen mit Taifunen. Bei Chinas ambitionierten Plänen im Bereich der Offshore-Windenergie bedeutet das ein erhöhtes Risiko aufgrund der Menge an WEA, da bei einer geschätzten durchschnittlichen WEA Größe von 4 MW rund 7500 WEA Offshore entlang der chinesischen Ostküste errichtet werden müssten. Was beim Auftreffen eines Taifunauges auf einen Offshore-Windpark passieren wird ist allerdings unklar.

Durch die Entwicklung der letzten Jahre ist es wahrscheinlich, dass die großen Ausbauziele hauptsächlich von chinesischen Windenergieanlagenherstellern umgesetzt werden. Durch Überkapazität auf dem Markt für WEA und der daraus resultierenden Preissituation (siehe Kapitel 6.2), sowie weiterer ungünstiger Rahmenbedingungen, beispielsweise Bevorzugung heimischer Anbieter, bleibt die Lage für ausländische Unternehmen schwierig. Eine Verbesserung für ausländische Windenergieanlagenhersteller auf dem chinesischen Markt könnten die neuen strengeren Standards bewirken, wodurch ausländische Unternehmen mit höherer Qualität punkten können.

4 Basiswissen

4.1 Windklassen

WEA werden nach verschiedenen Wind- und Turbulenzklassen ausgelegt, da die Standortbedingungen am Errichtungsort der Anlagen variieren. Die unterschiedliche Auslegung der WEA erfolgt um einen optimalen Ertrag zu erzielen und einen möglichst unbeschädigten Betrieb zu gewährleisten. Aus diesem Grund wird vom Hersteller die jeweilige Wind- und Turbulenzklasse für ein WEA Modell angegeben. Ferner wird bei der Typenzertifizierung von WEA verlangt, dass auf die Windklasse abgestimmte Lastenberechnungen durchgeführt werden.

Die IEC 61400-1, die in die DIN EN 61400-1 überführt wurde, regelt diesen Aspekt. Die „International Electrotechnical Commission“ (IEC) ist ein Gremium, das internationale Standards für u.a. WEA erstellt. Diese Standards gingen auch in europäisches Recht und deutsches Recht über [20]. In dieser Norm wird zwischen vier Windklassen (I, II, III, IV) und drei Turbulenzklassen (A, B, C) unterschieden. Pro Windklasse werden wiederum die mittlere Windgeschwindigkeit und die maximale Geschwindigkeit, sowie eine der drei Turbulenzklassen angegeben. Die maximale Windgeschwindigkeit ist eine in 50 Jahren nur einmal auftretende extreme Geschwindigkeit bis zu der die Standfestigkeit sichergestellt werden muss. Hingegen muss bei der mittleren Windgeschwindigkeit die Betriebsfestigkeit gewährleistet sein. Die Turbulenzklasse berücksichtigt die Turbulenzintensität. In diesem System stellt Windklasse I bzw. Turbulenzklasse A die höchsten (extremen) Werte dar. Die Werte beziehen sich in dieser Norm auf die Nabenhöhe der WEA. Zusätzlich können in der Windklasse S (Sonderklassen) vom Hersteller definierte Klassen angegeben werden.

In Deutschland wird nach den Vorgaben des Deutschen Instituts für Bautechnik (Richtlinien für Windenergieanlagen) vorgegangen. Hier existieren Windzonen (I bis IV), die für 10, 50 und 100 m Höhe angegeben werden [21] [22].

4.2 Technische Verfügbarkeit

Die technische Verfügbarkeit stellt das Verhältnis zwischen der tatsächlich Verfügbarkeit und der theoretischen Verfügbarkeit einer WEA dar. In diesem Fall wird die Zeitverfügbarkeit betrachtet, wobei es noch andere Kategorien der Verfügbarkeit gibt (z.B. Leistungsverfügbarkeit). Die Zeitverfügbarkeit wird wie folgt definiert:

$$K_T = \frac{T_V}{T_N} \quad (4.1)$$

$$T_V = T_B + T_R \quad (4.2)$$

$$T_N = T_V + T_{NV} \quad (4.3)$$

Legende:

K_T	technische Verfügbarkeit
T_V	Verfügbare Zeit (Zeitraum in dem die WEA verfügbar ist und Strom produzieren kann)
T_B	Betriebszeit (laufende Stromproduktion)
T_R	Bereitschaftszeit (keine Stromproduktion, trotz Betriebsbereitschaft)
T_N	Nennzeit (8760 Stunden/Jahr)
T_{NV}	Nicht verfügbare Zeit

Stillstandzeiten bei Schadensfällen an der WEA werden in der „nicht verfügbaren Zeit“ berücksichtigt. Übliche Routinewartungen, Zugriffe von außen (z.B. durch die Behörde) oder Ursachen von außen (z.B. durch Netzausfälle) werden in dieser Position nicht berücksichtigt, da diese nicht auf einen Mangel an der WEA zurückzuführen ist.

Falls in einem Vertrag eine technische Verfügbarkeit zugesichert wird, müssen die Zustände „nicht verfügbar“ genau definiert werden. Außerdem müssen im laufenden Betrieb die Daten zuverlässig und nachvollziehbar erfasst werden, um die technische Verfügbarkeit zu berechnen. Ein wesentlicher Aspekt, der bei der technischen Verfügbarkeit mitberücksichtigt werden muss, sind die laufenden Betriebskosten. Sind hohe Betriebskosten notwendig um eine hohe technische Verfügbarkeit zu erlangen (z.B. ständige Erneuerung der Komponenten) kann das insgesamt zu einem schlechten betriebswirtschaftlichen Ergebnis führen [22].

Die technische Verfügbarkeit von WEA liegt nach Angaben des Instituts für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) bei rund 98-99%. Dabei wurden 1500 WEA in Deutschland mit einer durchschnittlichen Betriebsdauer von 4,5 Jahren betrachtet [23].

4.3 Kosten einer Windenergieanlage

Die Kosten einer WEA setzen sich aus verschiedenen Kostenkomponenten zusammen. Diese können auf unterschiedliche Weise ermittelt werden. Betrachtet man zuerst die Errichtungskosten, können diese nach der Nennleistung der WEA (€/MW) oder gesplittet über das Gewicht der Bauteile und die elektrische Leistung, abhängig von der WEA Komponente, angegeben werden (€/MW bzw. €/kg). Durch die Aufteilung der Kosten auf die jeweilige Komponente, die die Materialkosten, Kosten für die vom Personal benötigte Arbeitszeit und anteilige Allgemeinkosten beinhalten, können verschiedene WEA besser miteinander verglichen werden. Addiert man nun alle Kostenkomponenten erhält man die Herstellungskosten.

Danach wird auf diese Summe ein sogenannter Overhead aufgeschlagen, um Allgemeinkosten des Unternehmens, wie den Zusammenbau der Anlagen mit dem notwendigen Werkzeug und Material, Versicherungen, Rückstellungen für Gewährleistungsfälle, Verwaltungs- u. Vertriebskosten, Forschungs- und Entwicklungskosten, Transport, Montage und Inbetriebnahme, abzudecken. Dies ergibt dann den Verkaufspreis einer WEA, der auch Ab-Werk-Preis genannt wird.

Im nächsten Schritt werden die WEA in einem Windpark errichtet, wodurch es wiederum zu Kosten kommt. Diese zusätzlichen Kosten (Investitionsnebenkosten) setzen sich aus dem Fundament, Netzanschluss, Finanzierungskosten usw. zusammen. Die Kosten bis zu diesem Projektstand werden Investitionskosten genannt. Hiermit ist die WEA betriebsbereit und kann Strom erzeugen.

Ab diesem Zeitpunkt kommen laufende Kosten auf den Betreiber zu, die Betriebskosten. Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus Rücklagen für Reparaturen, die in den 20 Jahren der Lebensdauer einer WEA durchgeführt werden müssen, einer Reihe von Versicherungen, die abgeschlossen werden, um sich gegen Maschinenschäden, Betriebsunterbrechungen oder gegen Schäden abzusichern. Des Weiteren ergeben sich zusätzliche Kosten z.B. aus der Verwaltung.

Neben den Betriebskosten sind noch die jährlichen Kapitalkosten zu berücksichtigen. Abhängig von der Berechnungsmethode wird eine Annuität (gleichbleibende Belastung aus Zinsen und Tilgung über den gesamten Amortisationszeitraum) ermittelt. Es kann die volkswirtschaftliche Berechnungsmethode gewählt werden, bei der eine Kapitalrückführung an die Bank in einem Zeitraum von 20 Jahren geplant wird. Zum anderen gibt es die betriebswirtschaftliche Berechnungsmethode. In diesem Fall wird mit 10 Jahren gerechnet.

Annuitätenberechnung:

$$A = p + \frac{p}{(1+p)^{n-1}} \quad (4.4)$$

Legende:

A jährliche Kosten des geliehenen Kapitals (% - Anteil des Gesamtkapitals)

p Zinssatz des geliehen Kapitals in %

n Amortisationszeit in Jahren

[22] [24]

Zur Finanzierung einer WEA werden üblicherweise 25 % Eigenkapital und 75 % Fremdkapital benötigt [24]. Für das Eigenkapital wird eine übliche Rendite eingesetzt, die man auf dem Finanzmarkt erhalten würde. Das Fremdkapital wird über Banken bezogen, wobei in Deutschland die Möglichkeit besteht über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) Kredite zu erhalten, die üblicherweise 1,5-2% unter denen der normalen Geschäftsbanken liegen [22]. Möchte man verschiedene WEA einander gegenüberstellen, besteht die Möglichkeit diese entweder über die Gesamtinvestition pro installierter Leistung (€/MW) oder über die Gesamtinvestition pro Jahresenergieertrag (€/kWh_a) zu vergleichen [24].

4.4 Stromgestehungskosten

Im nächsten Schritt wird der jährliche Energieertrag ermittelt. Der Energieertrag hängt von verschiedenen Faktoren ab (z.B. mittlere Windgeschwindigkeit), die in weiterer Folge als Volllaststunden pro Jahr für die Nennleistung einer WEA angegeben werden können. Für jede eingespeiste Kilowattstunde (kWh) in das Stromnetz erhält der Betreiber einer WEA eine durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) festgesetzte Vergütung. Aus diesen Daten können nun die spezifischen Stromgestehungskosten ermitteln werden. Diese geben die Kosten in Euro für die Erzeugung pro kWh an. Anhand dieses Wertes können die tatsächlichen Kosten einer WEA berechnet werden, da diese die Kosten und Erträge von der Errichtung über den Betrieb der WEA berücksichtigen [25].

4.5 Berechnung der Stromgestehungskosten durch ein statisches Berechnungsverfahren

In diesem Berechnungsverfahren werden in vereinfachter Form die Kosten für die Erzeugung von Windstrom berechnet. Mit diesem Verfahren wird ein Überblick über die Verteilung der entstehenden Kosten, die anhand von Kennwerten ermittelt werden, vermittelt. Im Gegensatz zu einem dynamischen Verfahren verändern sich die Kennwerte in den Betriebsjahren der WEA nicht. In der Tabelle werden die einzelnen Positionen der Berechnung dargestellt, beschrieben und mit in Deutschland üblichen Kennwerten versehen. Dies bildet eine Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsanalyse in Kapitel 6.2.

Position	Beschreibung	Einheit	Kennwerte für Deutschland
Herstellungskosten		€	
Allgemeinkosten		€	rund 50 % [22]
Ab-Werk-Preis		€	
Investitionsnebenkosten Zusatzkosten	Abhängig von der Größe des Windparks und den örtlichen Begebenheiten [22]	€	16-52 % von Ab-Werk-Preis [25] Bis 40 % Ab-Werk-Preis [22]
Investitionskosten		€	1,05 M€/MW in Europa [13]
Eigenkapital (EK)	Selbst eingebrachtes Kapital: kalkulatorische Rendite	€	Rendite von 12 % pro Jahr [26] Anteil EK: 25 % [24]
Fremdkapital (FK)	Geliehenes Kapital: kalkulatorischer Kreditzins	€	Zinssatz von 5,5 % pro Jahr [26] Anteil FK: 75 % [24]
Summe Kapital		€	

Position	Beschreibung	Einheit	Kennwerte für Deutschland
<i>Jährliche Kosten</i>		€	
Betriebskosten	Diese Werte stellen Durchschnittswerte dar, die sich nicht auf chinesische WEA beziehen.	€	4-5,5 % vom Ab-Werk-Preis [22] 2,5 % vom Ab-Werk-Preis (1. Betriebsdekade) 4 % vom Ab-Werk-Preis (2. Betriebsdekade) [24] 2-4 % auf Investitionskosten [25]
Kapitalkosten für EK	Berechnung aus Annuität, EK-Anteil und gesamtem eingesetzten Kapital	€	
Kapitalkosten für FK	Berechnung aus Annuität, FK-Anteil und gesamtem eingesetzten Kapital	€	
Annuität EK	Siehe Formel 4.4	%	
Annuität FK	Siehe Formel 4.4	%	
Summe jährliche Kosten		€	
<i>Kennzahlen der WEA</i>			
Nennleistung	Abhängig vom WEA-Modell	MW	
Volllaststunden pro Jahr	Abhängig von Standortbedingungen und WEA-Modell	h/a	Bei Onshore-Standorten kann bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 6,5 m/s von rund 2200 Volllaststunden ausgegangen werden [24].
Energieertrag Brutto		MWh/a	
Technische Verfügbarkeit	Siehe Kapitel 4.2	%	Durchschnittliche Verfügbarkeit

Position	Beschreibung	Einheit	Kennwerte für Deutschland
			von 98,5 % für WEA in Deutschland [23].
Parkwirkungsgrad	Verluste, die aufgrund von Abschattungseffekten in einem Windpark entstehen.	%	90-98 % [25]
Sicherheitsabschlag		%	5 % für Unvorhergesehenes und Schwankungen der Windstärke bzw. Menge [22]
Energieertrag Netto		MWh/a	
spez. Stromgestehungskosten (S_K)	jährliche Gesamtkosten / jährlicher netto Energieertrag	€/kWh	Die Kosten belaufen sich auf 0,06 €/kWh bis 0,09 €/kWh (20 Jahre Amortisationsdauer) [22] [25] [26]
spez. Betriebskosten (B_K)	jährliche Betriebskosten / jährlicher netto Energieertrag	€/kWh	Bei 20 Jahren Amortisationszeit liegen die spezifischen Betriebskosten 0,0219 €/kWh (1. Dekade), 0,0249 €/kWh (2. Dekade) und im Durchschnitt 0,0234 €/kWh [26].
Anteil B_K an S_K	B_K / S_K	%	

Tabelle 4.1: Berechnung spezifischer Stromgestehungskosten und Betriebskosten

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse (siehe Kapitel 6.2.1) werden die zuvor angeführten Kennwerte in Relation mit Werten für chinesische WEA gesetzt, um die Gesamtkosten von deutschen und chinesischen WEA miteinander vergleichen zu können. Im Zuge dieser Berechnungen werden sinnvolle Annahmen getroffen, um aus den zuvor angegebenen Bandbreiten konkrete Zahlen zu bestimmen.

4.6 Clean Development Mechanism (Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung)

In der Entwicklung der chinesischen Windenergie spielte der Clean Development Mechanism (CDM) eine wichtige Rolle. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls wurden verbindliche Reduktionsziele für bestimmte Treibhausgase festgelegt. In dieser Vereinbarung wurden verschiedene Mechanismen festgelegt mit denen diese Ziele erreicht werden können. Darunter fällt der Emissionshandel, im Zuge dessen jedes Land ein Kontingent an Emissionsrechten bekommt. Wenn ein Land nicht alle Emissionsrechte benötigt, kann es diese Rechte an ein anderes Land verkaufen. Ein weiterer Mechanismus wäre die Joint Implementation. Diese sieht vor, dass ein Industrieland in einem anderen Industrieland ein klimaschützendes Projekt durchführt und sich dieses als Reduktion anrechnen lassen kann. Der dritte Mechanismus ist der Clean Development Mechanism (CDM), bei dem ein Industrieland bzw. die Unternehmen dieses Landes in einem Entwicklungsland klimaschützende Projekte durchführen, welche der eigenen Reduktion angerechnet werden können. Diese Maßnahmen sollen eine Förderung von regenerativen Energien in den jeweiligen Entwicklungsländern bewirken [27]. In der chinesischen Windenergiebranche wurden viele dieser Projekte umgesetzt, wodurch es zu einem zusätzlichen Entwicklungsschub in der chinesischen Windenergiebranche kam. Als Beispiel kann die deutsche Firma RWE Power genannt werden, die neben anderen CDM Projekten auch CDM Windenergieprojekte im Norden von China umgesetzt hat [28].

4.7 Geld- und Wirtschaftspolitik in China

Währungen unterliegen im Normalfall dem freien Markt und schwanken aufgrund der Nachfrage auf dem Weltmarkt. Diese erfolgt beispielsweise durch Wechselkurspekulationen an der Börse oder durch Senkung oder Erhöhung des Leitzinses in einem Land. In China hingegen wird der Wechselkurs des chinesischen Renminbi vom Staat bzw. von der chinesischen Zentralbank festgelegt [29]. Schwankungen um den festgelegten Wechselkurs sind zu einem Prozent um diesen Kurs erlaubt [30]. Da China der weltweit größte Exporteur ist, liegt es im Interesse Chinas die eigene Währung im Vergleich zu anderen niedrig zu halten. Dadurch können chinesische Waren im Ausland günstig angeboten werden. Ausländische Waren hingegen sind in China teurer und haben dadurch Nachteile im Vergleich zu heimi-

schen Produkten. Die Wechselkursbeeinflussung erfolgt über die chinesische Zentralbank, indem diese die Kontrolle über alle Devisen im Land behält. Ausländische Investoren können nur in Renminbi bezahlen und diese auch nur in China wechseln. Des Weiteren dürfen Renminbi nur bis zu einem sehr geringen Betrag aus dem Land ausgeführt werden und chinesische Firmen dürfen die durch Export von Produkten erlangten Devisen nicht behalten, sondern müssen diese bei der Zentralbank in China in Renminbi zum festgelegten Wechselkurs tauschen [29]. Der festgelegte Wechselkurs orientiert sich am Dollar [31].

Dadurch kann der Renminbi auf dem freien Markt nicht gehandelt werden. Gleichzeitig steigen mit diesem System die Devisenreserven des Landes weiter an, da China einen Exportüberschuss hat. Folglich wird das Geld aus dem Weltmarkt abgezogen, was zusätzlich zu einer Aufwertung internationaler Währungen führt, da von diesen weniger auf dem Weltmarkt vorhanden sind.

Aber auch hier gibt es Bewegung. So vergrößerte China den Schwankungsbereich um den Wechselkurs in den letzten Jahren immer weiter [30]. Durch die Mitgliedschaft Chinas im Internationalen Währungsfond (IWF) ist das Land bestrebt auch seine Währung dem Währungskorb des IWF hinzuzufügen. Der IWF ist eine Organisation mit weltweit 187 Mitgliedsländern, die sich als Aufgabe gesetzt hat, weltweit die Stabilisierung des Wirtschaftswachstums und der Währungssysteme zu unterstützen. Dies wird beispielsweise mit Beratung oder Finanzhilfen umgesetzt [32]. Momentan ist die Erweiterung des Währungskorbs der IWF um den Renminbi nicht möglich, da dafür die Währung frei wechselbar sein soll. Dies möchte China bis 2015 erreichen, indem es die Währung von der staatlichen Kontrolle freigibt und der Wechselkurs sich somit dem freien Markt anpassen kann [31].

China ist seit 2001 Mitglied der World Trading Organisation (WTO). Die WTO hat das Ziel den weltweiten Handel und die Wirtschaft unter ihren Mitgliedern zu regeln und faire Marktbedingungen für alle Teilnehmer zu gewährleisten. Dabei handelt die WTO nach verschiedenen Grundsätzen die diesem Ziel dienen. Diese sind beispielsweise der Abbau von Zöllen, Gleichbehandlung aller Partner, Gleichbehandlung von in- und ausländischer Ware, Dienstleistungen und Schutz von geistigem Eigentum. Verstößt ein Land gegen diese Regeln besteht die Möglichkeit innerhalb der WTO in einem Schlichtungsverfahren das Problem zu behandeln [33] [34].

Durch den Beitritt Chinas zur WTO unterwarf sich das Land dem Regelwerk der WTO. China trat der WTO bei, um sich wirtschaftlich international mehr zu beteiligen, sein eigenes Wirtschaftssystem zu erneuern und um ausländische Unternehmen und Investoren anzuziehen. Mit dem Beitritt wurden Einfuhrzölle schrittweise gesenkt, Importquoten abgeschafft und der

Dienstleistungssektor (z.B. Banken) geöffnet. Des Weiteren wurden chinesische Gesetze überarbeitet, die nicht mit dem WTO-Regelwerk übereinstimmten. Ergänzend wurden Regelwerke zum Schutz des geistigen Eigentums erstellt und Subventionen reduziert [35].

Im Zuge des WTO Beitritts wurde eine jährliche Kontrolle über die Einhaltung der WTO-Regeln eingeführt. Diese Prüfungen wurden von China bestanden. Trotzdem bleiben Aspekte wie die zuvor beschriebene Wechselkurspolitik, weitere Bevorteilung heimischer Firmen oder mangelnder Schutz von geistigem Eigentum problematische Themen für Firmen, die in China tätig sind [36].

5 Grundlagen der Marktanalyse

5.1 Mögliche Marktpräsenz in China

5.1.1 Allgemeines

In China können heimische Unternehmen entweder als Staatsbetrieb (SOE – state owned enterprise) oder als Privatunternehmen (POE - privately owned enterprise) auftreten. Mischformen sind ebenso möglich [37]. Auch ausländische Unternehmen sind in verschiedenen Formen auf dem chinesischen Windenergiemarkt vertreten. Die Lizenzvergabe ist eine Möglichkeit. Dabei können Lizenzen für WEA komplett an chinesische Hersteller verkauft werden, wodurch diese unter eigenem Namen die WEA verkaufen können. Eine weitere Option ist die Vergabe einer Lizenz für die Produktion einer WEA Komponente, die nach der Herstellung vom Lizenzgeber weiter genutzt wird. Der oftmals erste Schritt für ein Unternehmen in einem Land Fuß zu fassen stellt ein Repräsentationsbüro dar. Dieses gehört zur Gänze der Muttergesellschaft, die im Ausland ansässig ist. Das Büro hat eine repräsentative Funktion und tritt als Mittelsmann zwischen Kunde und Muttergesellschaft auf.

Die Tochtergesellschaft („Wholly Foreign Owned Enterprise“) ist, wie auch das Repräsentationsbüro, zu 100 Prozent im Besitz des Mutterunternehmens und produziert in China bzw. bietet Produkte auf dem chinesischen Markt an. Der Vorteil besteht darin, dass das Firmenwissen in Firmenhand bleibt. Nachteilig wirkt sich aus, dass damit kein bereits auf dem dortigen Markt integriertes Unternehmen vorhanden ist. Um diesen Nachteil zu umgehen, wählen einige Firmen den Weg in ein Joint Venture (JV). Dabei kann zwischen zwei Formen, der „Sino-Foreign Cooperative Joint Venture“ und der „Sino-Foreign Equity Joint Venture“, unterschieden werden. In einem Joint Venture bleiben beide Firmen selbständig und gehen eine Kooperation ein. Zwischen einer chinesischen und einer ausländischen Firma kann es so aussehen, dass das ausländische Unternehmen Technologie und Geld mit einbringt, der chinesische Partner Personal und Gebäude zur Verfügung stellt. Gewinne bzw. die Haftung sind auf beide Partner aufgeteilt. In China besteht in manchen Bereichen für ausländische Firmen die Verpflichtung ein Joint Venture mit einer chinesischen Firma einzugehen [38] [39].

5.1.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen in China

In China werden im Bereich der Energiepolitik Entscheidungen in der Nationalen Entwicklungs- und Reformkommission (NDRC) sowie in der Nationalen Energiekommission (NEC) getroffen. Beide Kommissionen werden von hohen politischen Entscheidungsträgern, wie dem Ministerpräsidenten, geleitet. Die Entscheidungen und Programme werden in weiterer Folge bei Onshore-WEA durch die Nationale Energiebehörde (NEA) und im Meeresbereich durch die staatliche Meeresverwaltung (SMV) umgesetzt [2] [7].

Zur Förderung erneuerbarer Energien wurden Einspeisetarife für bestimmte Regionen festgelegt, die abhängig von der dort vorherrschenden Windstärke verschieden hoch sind. Im Rahmen von Bieter- bzw. Ausschreibungsverfahren werden Konzessionen für Windparkprojekte vergeben, die beinhalten, dass die Windparks in einem gewissen Zeitraum errichtet werden müssen. Abhängig von der Größe des Windparks ist entweder die Provincial Development and Reform Commission (PDRC) für bis zu einer Größe von 50 MW an installierter WEAL, oder die Nationale Energiebehörde (NEA) für über 50 MW an installierter WEAL zuständig [12]. Zusätzlich wird die Windenergiebranche durch eine Reduzierung der Mehrwertsteuer auf Strom (17 % auf 8,5 %), der durch Windenergie produziert wurde, und kostenloses Bauland für Windparks gefördert [14].

Bei der Errichtung eines Offshore-Windparks verläuft die Vergabe einer Konzession wiederum über Bieterverfahren, die die SMV veranstaltet, basierend auf dem Regelwerk „Interim Measures for the Administration of Development and Construction of Offshore Wind Power“, welche das Genehmigungsverfahren, Konstruktion und andere Aspekte regelt. Für ausländische Firmen ist dabei zu beachten, dass diese nur eine Minderheitenbeteiligung als Bieter (maximal 49 % in einem JV) innehaben dürfen und die Mehrheit von einer chinesischen Firma in Anspruch genommen oder repräsentiert werden muss [7].

Gesetzliche Standards im Bereich der Windenergie sind sowohl in den chinesischen nationalen Standards, wie auch in den chinesischen Ministerialstandards für die Industrie, die in der Rechtshierarchie darunter liegen, zu finden. Die nationalen Standards werden mit GB (Guo Biao) bezeichnet, die zum Teil mit T (Tuijian) ergänzt sind. Dies bedeutet eine Empfehlung aber keine Verpflichtung. Ein Standard wäre zum Beispiel die GB 18451.1, die die Sicherheitsanforderungen für WEA beinhaltet. Diese, wie auch viele weitere Standards, ähneln bzw. sind ident zu verschiedenen IEC – Normen. Die Ministerialstandards für mechanische Komponenten werden mit JB (Jiexie Biaozhun), für elektrische Komponenten mit DL (Dian Li) gekennzeichnet [20].

Wie auch in Deutschland müssen WEA und WEA Komponenten in China auf die Einhaltung von Gesetzen und Richtlinien geprüft werden. Nach erfolgreichem Abschluss dieser Prüfung wird ein „China Compulsory Certification“ (CCC-Zertifikat) vergeben, welches sowohl für importierte Produkte als auch für im eigenen Land hergestellte Produkte gilt. Die dafür zuständige Behörde ist die Certification and Accreditation Administration (CNCA), die zudem festlegt, welche Produkte (insgesamt 132 Warengruppen) zertifiziert werden müssen. Für ausländische Unternehmen bedeutet dies, dass sie ein CCC-Zertifikat benötigen, um in China WEA verkaufen zu dürfen [40] [41].

Bis zur Abschaffung im Jahr 2010 war für ausländische WEA Hersteller, die in China tätig sein wollten, die „Lokal Content“ Vorschrift von großer Bedeutung. Diese Vorschrift verlangte, dass 70 % der WEA Komponenten in China hergestellt werden mussten. Durch diese Regelung war ein großer Teil der Wertschöpfungskette an China gebunden und ausländische Unternehmen konnten nicht frei ihre Zulieferer wählen [14].

5.2 Mögliche Marktpräsenz in Deutschland

5.2.1 Allgemeines

In Deutschland sind im Gegensatz zu China Staatsbetriebe nur in geringem Ausmaß vorhanden und haben in der Windenergiebranche keine Relevanz. Stattdessen treten Privatunternehmen auf. Chinesische Unternehmen können auf dem deutschen Windenergiemarkt in verschiedenen Formen auftreten. Die Vergabe von chinesischen WEA Lizenzen an deutsche Unternehmen wird im Moment aufgrund der erst jungen chinesischen Windenergiebranche nicht durchgeführt, weil chinesische WEA Hersteller zurzeit versuchen technologisch und international aufzuschließen. Ein erster Schritt in Deutschland Fuß zu fassen, wäre die Eröffnung eines Repräsentationsbüros und in weiterer Folge die Ansiedlung einer Tochtergesellschaft im Land. Eine weitere Möglichkeit besteht darin ein Joint Venture mit einem deutschen Konzern einzugehen. Natürlich ist ebenso die Übernahme eines deutschen Unternehmens durch ein chinesisches Unternehmen möglich, um die Technologien und die bereits vorhandene deutsche Marktpräsenz für sich zu nutzen.

5.2.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen in Deutschland

In Deutschland ist bei der Errichtung einer Onshore-Windkraftanlage das jeweilige Bundesland mit seinen unterschiedlichen Behörden zuständig. Diese stellen dem Antragsteller bei erfolgreichem Genehmigungsverfahren einen Genehmigungsbescheid aus. Bei größeren Windparks wird das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) für das Genehmigungsverfahren herangezogen. Im Rahmen des Verfahrens werden alle notwendigen Gutachten durchgeführt und Stellungnahmen, die für eine Genehmigung entscheidend sind, eingeholt. Dies umfasst bauliche Aspekte sowie Aspekte des Umweltschutzes. Eine Grundvoraussetzung für ein Windparkprojekt besteht darin, dass für die dort zu errichtenden WEA Modelle eine Typenprüfung vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall muss eine technische Prüfung nachgeholt werden [22].

Bei Offshore-Projekten in Deutschland, die außerhalb der Zwölf-Meilen-Zone liegen, ist das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie zuständig. Dieses gibt den Ablauf des Genehmigungsverfahrens vor. Auch hier wird neben anderen Zertifikaten ein Typenzertifikat für die zu errichtende WEA verlangt.

Ein Typenzertifikat kann nur von einer akkreditierten Stelle vergeben werden, wie zum Beispiel vom Germanischen Lloyd (GL) mit Hauptsitz in Hamburg, dem Technischen Überwachungsverein Nord (TÜV Nord) oder der Det Norske Veritas (DNV). Eine Typenzertifizierung wird auf Basis der IEC WT 01 erstellt. Die vom Germanischen Lloyd publizierte „Guideline for the Certification of Wind Turbines“ stellt einen Leitfaden dar, der auf der IEC Richtlinie basiert und die länderspezifischen Gesetze (z.B. in Deutschland die DIN EN 61400) mitberücksichtigt bzw. auf diese verweist. Die von der IEC nicht abgedeckten Teilbereiche werden durch die GL - Richtlinie ergänzt [20]. Die DIN-Norm wird vom Deutschen Institut für Normung herausgegeben und hat für sich stehend keine rechtliche Relevanz. Erst wenn eine DIN-Norm im Rahmen eines Gesetzes berücksichtigt wird, ist sie bindend. Wenn eine Norm aus dem europäischen Gesetz ins nationale Gesetz übernommen wird, wird diese als DIN EN gekennzeichnet.

Die Typenzertifizierung läuft nach einem vorgegebenen Schema ab. Ein Teil der Zertifizierung ist die Konstruktionsbewertung „Design Assessment“. In diesem Schritt wird das Design der gesamten WEA unter Zuhilfenahme von Plänen und Berechnungen beurteilt, auf Gesetzeskonformität geprüft und die WEA im laufenden Betrieb begutachtet. Die notwendigen Unterlagen müssen vom Antragsteller zur Verfügung gestellt werden. Die GL - Richtlinie verfolgt im Rahmen des „Design Assessment“ ein D-C-B-A Konzept. Im D- und C-Design-

Assessment werden alle Hauptkomponenten mit bereits laufenden Anlagen ähnlicher Dimension und Bauart verglichen und Plausibilitätschecks durchgeführt. Die wichtigsten Sicherheitssysteme werden geprüft. Lastberechnungen (für die angewandten Windklassen), Beschreibungen und Pläne müssen vorhanden sein. Der Unterschied zwischen „D“ und „C“ liegt darin, dass bei D keine WEA im Werk produziert werden kann. „C“ bildet die Grundlage für die Errichtung eines Prototyps. Das B-Design-Assessment beinhaltet alle Unterlagen und Tests, die im A-Design-Assessment durchgeführt werden müssen. Es können hierfür noch nicht-sicherheitsrelevante Dokumente fehlen. Beim A-Design-Assessment müssen alle Unterlagen und Materialien der Komponenten geprüft und der Prototyp im laufenden Betrieb beurteilt werden. Für jede erfolgreich bestandene Untersuchung erhält der Hersteller ein „Statement of Compliance“ für das D-, C-, B- oder A-Design-Assessment [20].

Im zum „Design Assessment“ parallel laufenden Prototypentest, dem „Typ Testing“, wird ein Prototyp anhand der im C-Design-Assessment vorgelegten Unterlagen errichtet. Die WEA wird daraufhin im laufenden Betrieb geprüft. Zusätzlich wird in der Herstellungsbeurteilung „Manufacturing Evaluation“ die Fertigungsstätte der WEA durch den Zertifizierer begutachtet. Es wird geprüft, ob ein Qualitätsmanagementsystem im Betrieb integriert ist und ob nach den im ersten Schritt eingereichten Plänen produziert wird [42].

Nachdem diese Schritte erfolgreich abgeschlossen sind, wird vom Zertifizierer ein Typenzertifikat ausgestellt, das für fünf Jahre gültig ist. Bei diesem wird wiederum zwischen B bzw. A-Typenzertifikat unterschieden. Das B-Typenzertifikat repräsentiert ein vorläufiges Zertifikat, bei dem noch bestimmte Punkte, die allerdings nicht sicherheitsrelevant sein dürfen, nachgereicht werden müssen. Das A-Typenzertifikat wird hingegen nur dann ausgestellt, wenn alle Untersuchungen erfolgreich abgeschlossen wurden [20].

6 Analyse

6.1 Marktanalyse

6.1.1 Chinesische Windenergieanlagenhersteller

Gegenwärtig sind 82 chinesische WEA Hersteller in China tätig [14]. Die größten Hersteller sind Sinovel, Goldwind, Dongfang (DEC), United Power, Mingyang, Sewind und XEMC – DARWIND [10]. In folgender Grafik sind die verschiedenen WEA der weltweit größten Hersteller, die auch im Offshore-Markt tätig sind, angeführt. Um chinesische WEA Hersteller international besser einordnen zu können, wird zwischen Entwicklungsstand und Reife bzw. produzierter Menge aller großen WEA unterschieden.

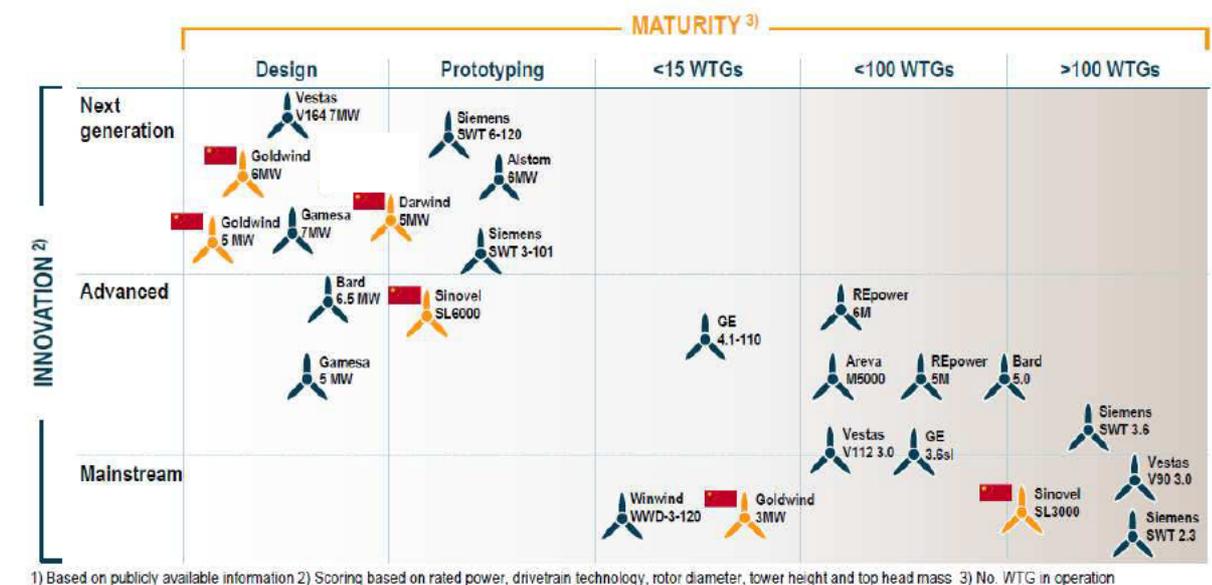


Abbildung 6.1: Entwicklungsstand und produzierte Menge von WEA der weltweit größten Hersteller [13]

Es ist zu erkennen, dass neben den internationalen Herstellern auch die großen chinesischen Hersteller wie Sinovel, Goldwind und XEMC-DARWIND dabei sind, 5-MW-WEA bzw. 6-MW-WEA zu entwickeln. Trotzdem liegen die internationalen Hersteller bei WEA mit größerer Megawattzahl an Nennleistung deutlich beim Entwicklungsstand und der Menge an produzierten WEA vorne. Auf die größten chinesischen Hersteller, wird im Folgenden näher eingegangen.

6.1.1.1 Sinovel Wind Group Co., Ltd.

Aktueller Stand

Sinovel, der momentan zweitgrößte chinesische WEA Hersteller, war bis zum Jahr 2011 ein staatseigenes Unternehmen (SOE) und ging danach an die Börse, die Shanghai Stock Exchange. 2011 war Sinovel weltweit der siebtgrößte WEA Hersteller mit einer Neuinstallation von 2,9 GW an WEAL in diesem Jahr [43] [10] [44].

Im Jahr 2006 brachte Sinovel die 1,5-MW-WEA auf den Markt und begann ein Jahr später mit der Entwicklung einer 3-MW-WEA in Kooperation mit der österreichischen Firma WINTEC. Nach erfolgreichem Abschluss der Arbeiten wurden im Jahr 2009 31 3-MW-WEA im Offshorepark „Donghai Bridge“ installiert. In weiterer Folge wurde eine 5-MW-WEA in Zusammenarbeit mit der Firma WINTEC entwickelt. Der erste Prototyp dieses Modells wurde 2010 errichtet. Der Prototyp einer 6-MW-WEA in Zusammenarbeit mit dem belgischen Getriebehersteller Hansen Transmissions wurde 2011 in China aufgestellt [45] [46] [47] [48] [49].

Die WEA Modelle werden durch die chinesischen Zertifizierungsstellen zertifiziert. Zusätzlich wird eine Zertifizierung durch den Germanischen Lloyd (GL) angestrebt, um auch international die WEA anbieten zu können. In folgender Abbildung sind die beim GL zertifizierten Sinovel WEA dargestellt (Stand: März 2012):

Anlagentyp	Angestrebtes Zertifikat	Stand
SL 1500	GL (T, 2003)	21.12.2011 erhalten
SL 3000-90	GLO (D, 2005)	28.01.2010 erhalten
SL 3000-90 HT45 50Hz	GLO (A, 2005)	29.02.2012 erhalten
Legende: <ul style="list-style-type: none"> • GL (T, 2003): Type Certificate (Guideline 2003/2004) • GLO (D, 2005): D-Design Assessment basierend auf der IEC 61400-1 loads (GL Wind Guideline 2003/2004) • GLO (A, 2005): A-Design Assessment (Offshore Guideline 2005) • HT 45: hohe Temperatur (bis 45 Grad Celsius) 		

Tabelle 6.1: Zertifizierte Windenergieanlagen von Sinovel beim Germanischen Lloyd [48]

Im Zertifizierungsprozess befinden sich noch weitere 3-MW-WEA und die zuvor erwähnte 5-MW-WEA. Über die 6-MW-WEA sind keine Daten bzgl. einer Zertifizierung vorhanden.

Trotz stark wachsender Marktanteile innerhalb der letzten Jahre zeichnete sich 2011 eine Wende ab. Durch den starken Konkurrenzkampf der Windenergiebranche in China hat Sinovent gegenüber den Firmen United Power und Goldwind im Jahre 2011 Marktanteile verloren. Außerdem musste Sinovent hohe Gewinneinbußen hinnehmen. Aufgrund der sinkenden Marktpreise und der steigenden Selbstkosten verzögerte auch der noch nicht umgesetzte Netzausbau in China verschiedene Windparkprojekte. Ein weiterer Grund für die schwierige Lage auf dem chinesischen Markt sind strengere Genehmigungsverfahren, die bei den neuen Windparkprojekten greifen [10] [50] [43].

Perspektiven

Ziel der Firma Sinovent ist es, 30-40% ihres Umsatzes außerhalb des eigenen Landes zu erwirtschaften. In Zukunft soll das Offshore-Geschäft einen entscheidenden Teil im Unternehmen bilden. Um sich auf diesem Markt zu behaupten, wurde bereits eine 6-MW-WEA hergestellt. Zusätzlich wird an der Konstruktion einer 10-MW-WEA geforscht. Sinovent gewann Anfang 2012 ein Offshore-Bieterverfahren für die Errichtung von 17 6-MW-WEA im „Shanghai Port“. Damit wird Sinovent der erste chinesische Hersteller sein, der 6-MW-WEA Offshore errichtet [51] [52] [53].

Um die Internationalisierung voranzutreiben wurden bereits Tochtergesellschaften von Sinovent in den USA, Kanada, Brasilien, Spanien, Australien und Indien errichtet [54].

Im Jahr 2011 wurde ein Vertrag mit dem brasilianischen Versorger Desenvix über 23 WEA des Typs SL1500/82 zur Errichtung in Sergipe, Brasilien, unterzeichnet. Diese sollen im Juli 2012 ans Netz gehen. Ein Vertrag für die Errichtung eines 200- bis 300-MW-Windparks in Griechenland, sowie ein Vertrag über die Errichtung von zwei SL3000-113 mit einer Turmhöhe von 150 Metern wurden in Schweden (nordöstliche von Karlstadt) 2011 abgeschlossen [54]. Im Februar 2012 gingen die WEA in Schweden ans Netz. Betreiber des Windparks ist CRC Vindkraft AB [54]. Des Weiteren wurden Vereinbarungen mit der irischen Mainstream Renewable Energy und der China Development Bank über die Errichtung von 1 GW an WEAL durch Sinovent beschlossen. Die WEA sollen in den nächsten Jahren in Irland entstehen [55]. Zusätzlich wurden 2011 vier 1,5-MW-WEA in Massachusetts, USA, in Betrieb genommen [56].

Technische Spezifikationen

Die 1,5- und 3-MW-WEA werden als doppelt gespeiste Asynchrongeneratoren und mit einem 3-stufigen Planeten-Stirnradgetriebe ausgeführt [57] [19]. Bei den 5- und 6-MW-WEA hingegen wird ein Differentialgetriebe (Überlagerungsgetriebe), welches zusätzlich in den Antriebsstrang integriert ist, mit Synchrongenerator verwendet [49]. Diese WEA sind sowohl im Onshore-Bereich, als auch im Offshore-Bereich einsetzbar. Eine weitere Besonderheit bei diesen WEA liegt in der Möglichkeit Generator, Getriebe und Rotorblätter mit einem internen Kran zu wechseln [58].

Bei den 1,5-, 3-, 5- und 6-MW-WEA liegt die Einschaltgeschwindigkeit bei 3 - 3,5 m/s, die Nenngeschwindigkeit zwischen 11,5 und 13 m/s und die Abschaltgeschwindigkeit bei 25 m/s. Eine Ausnahme bei der Abschaltgeschwindigkeit bilden die 5- und 6-MW-WEA, die erst bei 30 m/s abschalten. Die Überlebensgeschwindigkeit der WEA ist abhängig von der Windklasse des WEA Modells. Bei Windklasse I liegt die Überlebensgeschwindigkeit bei 70 m/s, bei Windklasse II bei 59,5 m/s und bei Windklasse III bei 52,5 m/s. [57] [49].

In folgender Tabelle sind die von Sinovel angebotenen Anlagen mit den dazugehörigen Windklassen zu sehen:

1,5-MW-WEA	3-MW-WEA	5-MW und 6-MW-WEA
Nennleistung in Kilowatt / Rotordurchmesser in Metern	Nennleistung in Kilowatt / Rotordurchmesser in Metern	Nennleistung in Kilowatt / Rotordurchmesser in Metern
SL 1500/60 (IEC S)	SL 3000/90 (IEC Ia)	SL 5000/128(n. a.)
SL 1500/70 (IEC I/II)	SL 3000/100 (IEC IIa)	SL 6000/128 (n. a.)
SL 1500/77 (IEC I/II)	SL 3000/105 (IEC IIa)	
SL 1500/82 (IEC II/III)	SL 3000/113 (IEC IIIa)	
Legende: n. a. nicht angegeben (Aufgrund der Tatsache, dass die 5- und 6-MW-WEA auch Offshore eingesetzt werden, ist von einer Windklasse Ia auszugehen.)		

Tabelle 6.2: WEA Modelle der Firma Sinovel [57] [59] [19] [60]

Zuverlässigkeit

Die technische Verfügbarkeit der WEA liegt nach Angaben von Sinovel zwischen 90 und 99 %. Diese Angaben stützen sich auf eine von Sinovel bereitgestellte Auswahl bestehender Onshore-Windparks in der Gesamtgröße von rund 780 MW an installierter WEAL. Sinovel gibt an, dass diese Daten vom jeweiligen Windparkbetreiber weitergereicht wurden [54]. Bei einer Neuinstallation von 2,9 GW an WEAL allein im Jahr 2011 [43] ergibt diese geringe Datenmenge kein repräsentatives Bild der tatsächlichen Verfügbarkeit.

Rechtskonflikt

Die österreichische Firma WINTEC ist eine Tochtergesellschaft der American Superconductor (AMSC). Ein Mitarbeiter dieser Firma verkaufte Daten und Software zur Steuerung von WEA an Sinovel und wurde in Österreich zu einer bedingten Haftstrafe und einer Schadensersatzzahlung verurteilt. Aufgrund einer Zeugenaussage in diesem Verfahren wurde bestätigt, dass die Software bereits in neue Sinovel WEA integriert wurde. Aufgrund des Diebstahls und anderen nicht geleistete Vereinbarungen will AMSC Sinovel in Peking auf 1,2 Milliarden Dollar verklagen und hat im Februar 2012 ein Gesuch um Rechtsbeihilfe in Österreich eingereicht [61] [62].

Durch den verurteilten und geständigen Mitarbeiter der Firma WINTEC kamen eindeutige Beweise zutage, die eine Betriebsspionage belegen. Zusätzlich zum hohen Schaden durch die gestohlene Software wurden Zahlungen verweigert und bestellte Waren nicht angenommen [63].

Analyse der Firma Sinovel

Es ist zu erkennen, dass Sinovel die Nennleistung der WEA schnell steigert und kurz davor steht, im Bereich der Nennleistung zum internationalen Feld aufzuschließen. Bezogen auf die errichtete Stückzahl an WEA mit hoher Nennleistung hat Sinovel allerdings Nachholbedarf.

Die Wichtigkeit international zu verkaufen wird durch den Marktdruck im eigenen Land und die Umsatzeinbrüche vom letzten Jahr begründet. Außerdem ist es politisch erwünscht, dass die chinesischen WEA Hersteller sich weltweit etablieren. Aus diesem Grund wird versucht internationale Aufträge zu akquirieren, um in anderen Ländern Fuß zu fassen. Dies ge-

schieht teilweise in den Ländern Europas. Um Aufträge in Deutschland zu bekommen, wird versucht den hierfür notwendigen rechtlichen Rahmen durch die Zertifizierung der verschiedenen WEA Modelle zu erlangen.

Mit dem kürzlich errungenen Typenzertifikat für die 1,5-MW-WEA wäre es für Sinovel möglich in Deutschland diesen Anlagentyp zu verkaufen und zu errichten. Da im deutschen Onshore-Bereich eine durchschnittliche 2,1-MW-WEA (2010) errichtet wird, kommen die 1,5-MW-WEA wahrscheinlich nicht zum Einsatz [64]. Da sich größere Anlagentypen im Typenzertifizierungsprozess befinden, werden diese von Sinovel in den nächsten Jahren auf dem deutschen Markt verfügbar sein.

Neben wiederkehrenden Meldungen von Schäden an chinesischen WEA ergibt sich zusätzlich durch den Datendiebstahl und den Vertragsbruch ein sehr schlechtes Bild von Sinovel. Auch wenn die Firma Sinovel alle notwendigen Zertifikate in nächster Zeit vorweisen kann, mangelt es doch an Integrität, sodass deutsche Projektentwickler nicht unbedingt auf diesen chinesischen WEA Hersteller zurückgreifen möchten. Auf den Aspekt der Wirtschaftlichkeit der chinesischen WEA wird in einem gesonderten Kapitel eingegangen (siehe Kapitel 6.2).

Eine Besonderheit in der Angebotspalette von Sinovel sind die Prototypen der 5- und 6-MW-WEA. Diese haben nicht den üblichen doppeltgespeisten Asynchrongenerator, sondern nutzen einen Synchrongenerator mit Getriebe. Dies ist nur möglich, weil ein Differentialgetriebe in den Antriebsstrang integriert ist. Bei diesem Konzept wird ein Differentialgetriebe, das mit einem extra Motor angetrieben wird, zwischen Getriebe und Generator platziert. Bei einer Änderung der Rotordrehzahl wird durch Änderung des Übersetzungsverhältnisses im Getriebe am Synchrongenerator, der direkt an das Netz angeschlossen ist, immer die gleiche Drehzahl (Netzfrequenz) übertragen. Damit können u.a. höhere Wirkungsgrade erzielt werden [65].

6.1.1.2 Goldwind Science & Technology Co., Ltd.

Aktueller Stand

Goldwind war früher ein staatseigenes Unternehmen (SOE) und ging wie Sinovel an die Börse. Goldwind produzierte in der Vergangenheit mehr als 8000 Anlagen und war im Jahr 2011 der weltweit zweitgrößte WEA Hersteller mit 3,6 GW an neuinstallierter WEAL [43] [10] [66].

Des Weiteren ist Goldwind der weltweit größte Hersteller von getriebelosen WEA und war 2011 Chinas größter WEA Hersteller vor Sinovel.

Von einer 600-kW-WEA ausgehend, steigerte Goldwind die Leistungsfähigkeit seiner WEA mit Hilfe der deutschen Firma Vensys Corporation, die eine drehzahlvariable getriebelose 1,5- / 2,5-MW-WEA entwickelte [67]. Diese Anlagen sind bereits in Serienproduktion gegangen und werden verschiedenen Orts errichtet. Insgesamt hat Goldwind rund 6200 1,5-MW-WEA und rund 50 2,5-MW-WEA in Betrieb genommen [68] [69]. Goldwind setzt auf die Entwicklung größerer WEA. So wurde 2010 der Prototyp einer 5-MW-WEA in China errichtet. Ein weiterer Prototyp (6-MW-WEA) soll Anfang 2012 errichtet werden. Des Weiteren wurde im Jahr 2011 der Offshore-Prototyp einer 2,5-MW-WEA (GW109/2500) und Prototypen einer 3-MW-Hybridanlage installiert [68] [46].

Goldwind strebte in der Vergangenheit mehrere Zertifikate an, um die länderspezifischen Zertifizierungsregeln einzuhalten und WEA international verkaufen zu können. So erhielt im Jahr 2000 die 1,5-MW-WEA die "ETL" Zertifizierung von Intertek, eine Voraussetzung um auf dem amerikanischen und kanadischen Markt WEA zu verkaufen. Auch die australischen Standards wurden erfüllt [68]. Die Tochtergesellschaft Vensys Corporation (davor Lizenzgeber für Goldwind) haben vom TÜV Saarland die 1,5- und 2,5-MW-WEA Typenzertifikate erhalten und wurde auf Netzanschluss zertifiziert [70].

Bei der Entwicklung von WEA ist das Firmenziel die Produktion von besonders robusten, zuverlässigen und effizienten Anlagen. So wurden WEA für hohe Lagen, niedrige Windstärken, extreme Temperaturen und für den Offshore-Bereich entwickelt. Ein Windpark auf dem Yunnan-Guizhou Plateau in der Provinz Yunnan (China) wurde mit Goldwind WEA GW82/1500 und WEA GW77/1500 in einer Höhe von 2000 bis 2500 Metern über dem Meeresspiegel gebaut.

In den letzten Jahren wurden weltweit Niederlassungen gegründet, wie zum Beispiel in den USA, Australien, Südafrika und Deutschland. Es konnten einige internationale Aufträge akquiriert werden. In folgender Auflistung sind einige Projekte angeführt:

Kontinent	Land	Wann	Anzahl	WEA	Bemerkung
Südamerika	Chile	12/2011 02/2012	70	GW87/1500	Vertragsabschluss
	Ecuador	Herbst 2011	11	1,5-MW-WEA	Vertragsabschluss Errichtung in Höhe von 2700 Metern über dem Meeres- spiegel
Nordamerika	USA	bis jetzt	14	Windparks mit 1,5-MW-WEA	
	Kuba	2008	6	750-kW-WEA	In Betrieb
Süd- ostasien	Pakistan	12/2011	33	GW77/1500	Vertragsabschluss
					Errichtungsort: Jhimpir / Sindhin
Afrika	Äthiopien	2011	34	1,5-MW-WEA	Im Betrieb
					Projektname: Adama Projekt
Australien	Australien	2012	13	GW82/1500	Im Betrieb
					Projektname: The Mortons Lane project im Victoria's Western District
	Australien	2012	Aufteilung auf 158,5 MW	1,5-MW und 2,5-MW-WEA	Baubeginn
					Projektname: The Gullen Range project
Europa	Zypern	2011	21	GW82/1500	In Betrieb
					Errichtungsort: Larnaca

Tabelle 6.3: Internationale Aufträge der Firma Goldwind [71] [68]

Perspektiven

Die Firma Goldwind möchte bis 2015 30 % seiner Umsätze international erwirtschaften. Sie ist dabei auf einem guten Weg, da sie 2010 2,1 % der Umsätze im Ausland akquirierte und den Wert im Jahr 2011 auf 9,5 % steigern konnte. Für Goldwind soll, wie für Sinovel, der Offshore-Bereich einen wichtigen Zukunftsmarkt bilden [68]. Durch die hohen Gewinnrückgänge (75 %) bei Goldwind und Sinovel im letzten Jahr (Gründe: Überkapazität, Preisdruck, strengere Standards bei neuen Projekten in China) wird die Internationalisierung noch wichtiger. Ein Vorteil auf dem Weltmarkt für getriebelose WEA liegt bei den Rohstoffen, da die dafür notwendigen seltenen Erden (Näheres dazu in Kapitel 6.3) direkt im eigenen Land verfügbar sind. [43] [68].

Technische Spezifikationen

1,5- und 2,5-MW-WEA:

Bei diesen WEA wird auf ein Getriebe verzichtet und stattdessen im Synchrongenerator Permanentmagnete genutzt. Generator und Frequenzumrichter werden mit Luft gekühlt und die Blattverstellung wird mit einem Zahnriemenantrieb, der nicht geschmiert werden muss, betrieben.

Die 1,5- und 2,5-MW-WEA werden jeweils mit verschiedenen Rotorsterndurchmessern angeboten. Die Einschaltgeschwindigkeit liegt bei allen Anlagen bei 3 m/s, die Nenngeschwindigkeit liegt zwischen 12,5 und 15 m/s und die Abschaltgeschwindigkeit liegt zwischen 22 und 25 m/s. Bei einem geringen Durchmesser des Rotorsterns sind die höheren Werte bei Nenngeschwindigkeit und Abschaltgeschwindigkeit gültig, bei den größeren Rotordurchmessern die niedrigeren Werte. Der Drehzahlbereich des Rotors liegt zwischen 6,5 und 19 Umdrehungen pro Minute. Dimensioniert sind die Anlagen nach den Windklassen ICE IIa und ICE IIIa [67] [68].

In dieser Tabelle werden die verschiedenen WEA Modelle der Firma Goldwind angeführt.

1,5-MW-WEA	2,5-MW-WEA
Rotordurchmesser in Meter / Nennleistung in Kilowatt	Rotordurchmesser in Meter / Nennleistung in Kilowatt
(GW)70/1500	(90)/2500
(GW)77/1500	(100)/2500
(GW)82/1500	
(GW)87/1500	
Weitere Anlagen in der Prototypenphase: <ul style="list-style-type: none"> • GW5000 • GW6000 • GW109/2500 ->Offshore • GW3000 Hybridanlage 	

Tabelle 6.4: WEA Modelle der Firma Goldwind [68] [46]

Zuverlässigkeit

Goldwind gibt eine technische Verfügbarkeit von 98,9% bei rund 6200 1,5-MW-WEA und eine technische Verfügbarkeit von 95% bei den 2,5-MW-WEA an. Dabei ist zu beachten, dass die 2,5-MW-WEA erst in geringer Stückzahl installiert wurden. Oftmals befinden sich diese 2,5-MW-WEA im ersten Betriebsjahr [68].

Analyse der Firma Goldwind

Goldwind hat bisher überwiegend 1,5-MW-WEA und 2,5-MW-WEA errichtet. Größere WEA befinden sich in der Prototypenphase und werden aus diesem Grund frühestens in den nächsten Jahren verfügbar sein. Somit könnte Goldwind in absehbarer Zeit zu den großen internationalen WEA Herstellern bezüglich der WEA Größe aufschließen. Durch den ehemaligen Lizenzgeber und nun übernommenen deutschen Partner Vensys sind alle notwendigen Zertifikate vorhanden um in Deutschland 1,5 und 2,5-MW-WEA zu errichten bzw. anzubieten.

Die Expansionspläne von Goldwind sehen vor auf jedem Kontinent Aufträge zu erhalten und dort das Geschäft weiter auszubauen. Goldwind ist bei der Umsetzung seiner Pläne weiter vorangeschritten als die Firma Sinovel. Da Goldwind auf getriebelose WEA setzt, die im Allgemeinen wartungsärmer sind, kann von einer höheren technischen Verfügbarkeit ausgegangen werden. Trotzdem können die Angaben von Goldwind über die technische Verfügbarkeit $\geq 95\%$ nicht geprüft werden. Auf diesen Aspekt wird im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in einem gesonderten Kapitel genauer eingegangen (Kapitel 6.2).

Durch die zum Einsatz kommenden Seltenen Erden, im speziellen Neodyn als Dauermagnet im Synchrongenerator, könnte sich in Zukunft ein Wettbewerbsvorteil für Goldwind ergeben, da Goldwind in China angesiedelt ist. Da Seltene Erden hauptsächlich in China abgebaut werden und sich ihr Preis stark erhöht hat, könnte Goldwind von dieser Situation profitieren.

6.1.2 Internationale Windenergieanlagenhersteller in China

Durch die ambitionierten chinesischen Pläne im Bereich der Neuinstallationen für WEA versuchen internationale WEA Hersteller auch in China WEA zu verkaufen. Die folgende Abbildung zeigt die Marktverteilung auf dem chinesischen WEA Markt im Jahr 2010. Es wird die bis zum Jahr 2010 insgesamt installierte WEAL dargestellt.

Firma	Installierte WEAL in MW	Anteil
Sinovel	10.038	22,4 %
Goldwind	9.079	20,3 %
Dongfang Electric	5.952	13,3 %
Vestas	2.904	6,5 %
United Power	2.435	5,4 %
Gamesa	2.424	5,4 %
Mingyang Power	1.946	4,3 %
General Electric	1.167	2,6 %
XEMC	1.089	2,4 %
Sewind	1.073	2,4 %
Suzlon	805	1,8 %
WINDEY	723	1,6 %
Nordex	556	1,2 %
weitere	4.574	10,2 %

Tabelle 6.5: Marktverteilung der chinesischen Windenergiebranche im Jahr 2010 [72]

An dieser Aufstellung ist die Dominanz der chinesischen WEA Hersteller zu sehen. Als einziges deutsches Unternehmen ist Nordex mit 1,2% Marktanteil vertreten. Die in Kapitel 5.1 erläuterten Formen der Marktpräsenz werden nun den internationalen Unternehmen zugeordnet, welche in China vertreten sind.

Tochtergesellschaften (Wholly Foreign Owned Enterprise) internationaler WEA Hersteller in China:

- Vestas Wind Power Equipment Co. Ltd. (Dänemark)
- Gamesa Wind Power Co. Ltd. (Spanien)
- Suzlon Energy Co. Ltd. (Indien)
- Nordex Wind Power Technology & Engineering Co. Ltd. (Deutschland)
- GE Energy Co. Ltd. (USA)

[12]

Vestas ist ein dänischer WEA Hersteller und konnte trotz starker Konkurrenz aus China Weltmarktführer und Marktführer unter den ausländischen Firmen auf dem chinesischen Markt mit rund 3 GW an installierter WEAL bleiben. Vestas hat in China neben einem Repräsentationsbüro verschiedene Werke für die Herstellung von Gussteilen, Rotorblättern, Kontrollsystemen und Gondeln. Zusätzlich möchte Vestas die eigene Produktion von Türmen in Dänemark schließen. Stattdessen wird die Produktion an andere Unternehmen ausgelagert. Darunter sollen auch die chinesischen Turmhersteller wie Titan Wind Energy und Shanghai Taisheng sein. Durch die niedrigeren Herstellungs- und Transportkosten bei gleichzeitiger Überkapazität auf dem chinesischen Markt sollen Vorteile für alle Seiten entstehen [73] [74] [72].

Nordex, ein deutscher WEA Hersteller, der in China tätig ist, hat dort schon rund 550 MW an WEAL bis zum Jahr 2010 installiert. Nordex nutzte vor allem die Möglichkeit bei Windparkprojekten mitzubieten, die unter einer Größe von 50 MW an WEAL lagen, um bessere Chancen im Bieterverfahren zu erhalten (siehe Kapitel 5.1.2). Es war für Nordex einfacher bei Ausschreibung der PDRC zu gewinnen, als bei den Vergaben der NEA. Neben einem Repräsentationsbüro in Peking, China, produziert Nordex Rotorblätter in einem eigenen chinesischen Werk und WEA Gondeln in einem Joint Venture mit Ningxia Power, China. Nordex hatte neben anderen WEA Herstellern wirtschaftliche Probleme im Jahr 2011, da die Aufträge in China um 80 % zurückgingen. Dieser Rückgang konnte trotz des Zuwachses in anderen Ländern nicht ausgeglichen werden. Anfang 2012 versuchte Nordex einen chinesischen Joint Venture Partner zu finden, um ins chinesische Offshore-Geschäft, wie Siemens, einsteigen zu können. Dies ist auf Grund der Gesetzgebung für Offshore-WEA notwendig (siehe Kapitel 5.1.2). Für den Einstieg in das Offshore-Geschäft entwickelte Nordex eine 6-MW-WEA, die getriebelos und durch Nutzung von Permanentmagneten Strom produzieren sollte. Im April 2012 zog sich Nordex aus dem Offshore-Geschäftsfeld zurück, da die Suche nach einem Partner gescheitert war und die Kosten zu hoch wurden [75] [72] [76] [77].

Joint Ventures von internationalen WEA Herstellern mit chinesischen Herstellern:

- Siemens AG & Shanghai Electric
- GE Energy Co. Ltd. & Harbin Electric Corporation
- Hyundai & Datang International Power Generation Co., Ltd.

[72]

Lizenzvergabe und Entwicklung von europäischen Unternehmen für chinesische WEA Hersteller*aerodyn Energiesysteme GmbH (Entwickler und Lizenzgeber)*

Ein deutsches Unternehmen, das in der Vergangenheit für verschiedene Hersteller von WEA Designs entwickelt hat. Durch eine Änderung in der Firmenpolitik werden mittlerweile Lizenzen vergeben. Chinesische Kunden sind:

- Shanghai Electric / Sewind
- Zhejiang Windey Wind Power Engineering Co., Ltd
- United Power Technology Co., Ltd
- Mingyang Wind Power Technology Co., Ltd.

[78] [12] [79]

Repower Systems SE (Hersteller und Lizenzgeber)

Ein deutsches Unternehmen, das inzwischen von Suzlon Energy, einem indischen WEA Hersteller, übernommen wurde. Chinesische Kunden sind:

- Dongfang Steam Turbine Co., Ltd
- Zhejiang Windey Wind Power Engineering Co., Ltd
- Goldwind Science and Technology Co., Ltd

[78] [80]

VENSYS Energy AG (Hersteller und Lizenzgeber)

Ein deutsches Unternehmen, das anfänglich Lizenzgeber für Goldwind Science and Technology Co., Ltd war und im Jahr 2008 von Goldwind übernommen wurde.

[67] [81]

AMSC Windtec Solutions (Entwickler und Lizenzgeber)

Die österreichische Firma Wintec ist eine Tochtergesellschaft der American Superconductor (AMSC). Chinesische Kunden sind:

- Sinovel Wind Power Technology Co., Ltd.
- Dongfang Steam Turbine Co., Ltd.

[78] [47]

6.2 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Europäische WEA Hersteller nutzen seit einigen Jahren die Möglichkeit einzelne WEA Komponenten in China zu produzieren. Durch den Preisdruck in der Windenergiebranche wird mittels Verlagerung von Teilen der Produktion nach China versucht, die Herstellungskosten zu senken. Dies gelingt auch, da insgesamt betrachtet die Kosten für WEA Komponenten aufgrund des geringen Lohnniveaus und niedrigen Wechselkurses in China deutlich unter dem europäischen Niveau liegen. Die Firmen Nordex und Repower lassen Getriebe teilweise in China produzieren, da diese dort um 20 % günstiger bei gleicher Qualität hergestellt werden können [82]. Auch andere Komponenten wie Generatoren oder verschiedene Gussteile werden aus China importiert. Es sind momentan 80 % der Zulieferer für Gußteile der europäischen WEA im asiatischen Raum zu finden [83].

Betrachtet man eine gesamte Onshore-WEA liegen die Investitionskosten bei 1,05 M€/MW in Europa [13] bzw. bei rund 1,15 M€/MW bei einer deutschen WEA, die in Deutschland errichtet wurde [26]. Im Vergleich dazu ergeben sich bei einer chinesischen WEA, die in China errichtet wurde, rund 0,97 M€/MW an Investitionskosten [13] [4].

Für die weiteren Berechnungen wird analysiert, welche WEA Nennleistung repräsentativ für eine deutsche bzw. chinesische WEA ist. Anhand der nächsten Tabelle wird die durchschnittliche WEA Nennleistung in China ermittelt.

Jahr	Durchschnittliche WEA Nennleistung in kW	Datenquelle
2005	849,7	[7]
2006	919,5	[7]
2007	1052,2	[7]
2008	1217,1	[7]
2009	1362,6	[7]
2010	1480	Eigene Berechnung durch lineare Extrapolation
2011	1610	Eigene Berechnung durch lineare Extrapolation

Tabelle 6.6: Durchschnittliche Nennleistung einer chinesischen WEA

Es ist zu erkennen, dass im Jahr 2010 eine WEAL von rund 1,5 MW vorherrschend war. In Deutschland hingegen wurden durchschnittlich 2,1-MW-WEA errichtet [64]. Diese beiden WEAL werden für die weiteren Berechnungen als Grundlage herangezogen.

6.2.1 Statische Berechnung der spezifischen Stromgestehungskosten

Um einen Überblick über die Wirtschaftlichkeit einer WEA zu erlangen, sind sowohl die Investitionskosten, als auch die laufenden Kosten zu berücksichtigen. Dies wird in der statischen Berechnung der spezifischen Stromgestehungskosten umgesetzt, die für chinesische und deutsche WEA durchgeführt wird. Damit werden die tatsächlichen Kosten, die während der Betriebszeit einer WEA entstehen, aufgezeigt. Die Grundlagen zu dieser Berechnung sind in Kapitel 4.3 - 4.5 zu finden.

Auf eine weitere Berechnung mit einem dynamischen Rechenmodell (Veränderung bestimmter Parameter während der Betriebszeit / Laufzeit einer WEA) wird verzichtet, da jene eine Genauigkeit vorspiegeln würde, die anhand der vorliegenden Ausgangsdaten nicht möglich ist.

6.2.1.1 Vergleich einer chinesischen Windenergieanlage errichtet in China mit einer deutschen Windenergieanlage errichtet in Deutschland

In diesem Kapitel wird ein Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen einer chinesischen WEA in China und einer deutschen WEA in Deutschland durchgeführt. Für diesen Vergleich sind einige Aspekte zu beachten, damit er realistisch gezogen werden kann. Die Investitionsnebenkosten (Zusatzkosten) stellen einen dieser Aspekte dar (siehe auch Kapitel 4.3). Diese sind abhängig von der errichteten WEAL. Vergleicht man eine deutsche 2-MW-WEA mit einer deutschen 2 bis 3-MW-WEA, sind die Investitionsnebenkosten der kleineren WEA um rund 2 % höher [26]. Anhand der in Tabelle 6.7 ermittelten Werte für eine chinesische WEA sind die Investitionsnebenkosten bei geringerer durchschnittlicher WEAL sogar um rund 6,8 % höher.

Betrachtet man die Angaben, die Sinovel und Goldwind über die Zuverlässigkeit ihrer WEA machen, liegen die technischen Verfügbarkeiten auf europäischem Niveau [68] [54]. Im Gegensatz dazu stehen Untersuchungsergebnisse der Firma Frost & Sullivan die besagen, dass die höchste Anzahl an Störungen und Unfällen, die weltweit auftraten, bei chinesischen

WEA zu finden waren [15]. Genauere Angaben machte die Wirtschaftswoche. Diese ermittelte eine um sieben Prozent niedrigere Verfügbarkeit von chinesischen WEA im Vergleich zu WEA von ausländischen Herstellern, die in China produziert wurden [14]. Nach Einschätzung eines 8.2 Experten liegt die technische Verfügbarkeit einer chinesischen WEA, die in China errichtet wurde, um rund 15 % unter einer deutschen WEA, die in Deutschland errichtet wurde [84]. Aus diesen verschiedenen Angaben wird für die statische Berechnung der spezifischen Stromgestehungskosten eine um zehn Prozent niedrigere Verfügbarkeit der chinesischen WEA gewählt.

Die geringere Zuverlässigkeit von chinesischen Onshore-WEA kann durch mehr Servicepersonal bei geringem Lohnniveau bis zu einem gewissen Grad abgefangen werden. Dieser Aspekt und zusätzliche Fördermaßnahmen der chinesischen Regierung drücken die laufenden Betriebskosten. Eine Fördermaßnahme besteht in der kostenlosen Vergabe von Land an WEA Betreiber [14].

Die Betriebskosten von 4,3 %/a des Ab-Werk-Preises einer deutschen WEA [22] werden von einer chinesischen WEA in China unterschritten, obwohl diese einen höheren Wartungsaufwand mit sich bringt. Die jährlichen Betriebskosten einer WEA setzen sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Eine Kostenkomponente stellt die Landpacht mit rund 1 %/a des Ab-Werk-Preises einer WEA [22] im Allgemeinen dar. Diese Kosten entfallen in China. Die geringere Zuverlässigkeit chinesischer WEA bedingt gleichzeitig einen höheren Reparaturaufwand. Da genaue Daten dazu nicht verfügbar sind, wird in dieser Untersuchung davon ausgegangen, dass die jährlichen Reparaturkosten einer chinesischen WEA, die in China errichtet wurde, den gleichen prozentualen Anteil am Ab-Werk-Preis der WEA haben, wie in Deutschland. Dabei wird berücksichtigt, dass der offensichtlich höhere Reparaturaufwand durch günstiges Servicepersonal und preiswerte Ersatzteile kompensiert wird.

Daraus ergeben sich für eine deutsche WEA, die in Deutschland errichtet wurde, Betriebskosten von 4,3 %/a des Ab-Werk-Preises und für eine chinesische WEA in China Betriebskosten von 3,3 %/a des Ab-Werk-Preises. Es muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass die geringe Laufzeit von nur wenigen Jahren der meisten WEA in China keine zuverlässigen Aussagen über die zukünftigen Betriebskosten ermöglicht.

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt liegt in der Finanzierung der WEA. Während in Deutschland auf Fremdkredite zurückgegriffen werden kann, deren Zinsen bei 5,5 % [26] liegen, ist die Situation in China nicht eindeutig. Die USA hat im Frühjahr 2012 Strafzölle auf Solarmodule und weitere Produkte aus China auf Grund von staatlicher Subventionierung eingeführt. Dieser Umstand ist möglicherweise ein Indiz dafür, dass die chinesische Wind-

energiebranche staatlich subventioniert wurde [85]. Da China Mitglied der WTO ist und die Subventionierung den Regeln der WTO widerspricht (siehe Kapitel 4.7), wird in dieser Untersuchung von zinsgünstigen Krediten ausgegangen. Diese werden u.a. von der Bank of China oder der China Development Bank vergeben. Die Kreditzinsen jener Geldinstitute liegen nach den Angaben von Bloomberg zwischen 2,5 und 8 % [86]. Aufgrund dieser unklaren Situation und der niedrigen Stromgestehungskosten bei chinesischen WEA in China wird von einem Kreditzins in Höhe von 2,5 % ausgegangen.

Um eine gute Vergleichbarkeit zu erlangen, wurden 2200 Volllaststunden pro Jahr [24] sowohl bei deutschen als auch bei chinesischen WEA angesetzt. Trotz unterschiedlicher WEAL der beiden Referenzwindenergieanlagen wird in dieser Untersuchung von gleicher Volllaststundenanzahl ausgegangen. Ein Grund für diese Annahme liegt darin, dass WEA mit höherer Nennleistung auch mit einem höheren Turm konzipiert werden und somit in einem windreicheren Bereich liegen. Gleichzeitig ist die Einschaltgeschwindigkeit diese WEA meist höher als bei WEA mit niedrigerer Nennleistung.

Die folgenden drei Tabellen stellen die notwendigen Daten für die weiteren Berechnungen dar. Auf diesen aufbauend werden in einer weiteren Tabelle die beiden WEA miteinander verglichen und analysiert.

Kennwerte für eine WEA in China errichtet, 2010						
	Wert	Ein- heit	Wert	Ein- heit	Bemerkung	Quelle
Ausgangswerte:						
Investitionskosten in China	8.500.000	CNY/ MW	973.097	€/MW	für eine durchschnittliche chinesische WEAL	[4]
WEA Kosten ohne Turm	4.138.000	CNY/ MW	473.726	€/MW	Diagramm (S.17), für durchschnittliche WEAL	[4]
	4.555.000	CNY/ MW	521.465	€/MW	für eine durchschnittliche chinesische WEAL	[7]
			500.000	€/MW		[13]
Ermittelte Werte für die weitere Berechnung						
Investitionskosten in China			970.000	€/MW	für eine durchschnittliche chinesische WEAL	
WEA Kosten ohne Turm			500.000	€/MW	für eine durchschnittliche chinesische WEAL	
Turmkosten	18,5	%			vom Ab-Werk-Preis	[22]
WEA Kosten (Ab-Werk-Preis)			613.497	€/MW	Ermittelt aus Turmkosten u. WEA Kosten ohne Turm	
Anteil Investitionsnebenkosten	36,8	%			Ermittelt aus WEA Kosten und Investitionskosten	

Tabelle 6.7: Kennwerte_1 für chinesische WEA

weitere Kennwerte						
	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Bemerkung	Quelle
spez. Stromgestehungskosten	0,35-0,5	CNY/kWh	0,04865	€/kWh		[4]
spez. Betriebskosten	0,1	CNY/kWh	0,01145	€/kWh		[4]
Anteil	0,24				rund 25 % der Stromgestehungskosten	[4]
spez. Stromübertragungskosten	0,05-0,5	CNY/kWh			Stromübertragung lange Distanz	[4]
technische Verfügbarkeit	88,5	%			10 % niedriger als deutsche WEA	Eigene Schätzung
EK Rendite	12	%			Wert aus Deutschland übernommen	[26]
FK Kreditzinsen	2,5	%			2,5 % - 8 %	[86]
Betriebskosten	3,3	%			siehe Erläuterung im vorangegangenen Text	[22]
Wechselkurs am 20.Okt 2011 (CNY -> €)			0,11448197			
Für die Volllaststunden, den Sicherheitsfaktor und den Anteil für FK und EK werden die gleichen Werte wie bei deutschen WEA angesetzt.						

Tabelle 6.8: Kennwerte_2 für chinesische WEA

Aus den in Kapitel 4.5. ermittelten Kennwerten werden Zahlen für die weitere Berechnung einer deutschen WEA ausgewählt.

Kennwerte für eine WEA in Deutschland 2010				
	Wert	Einheit	Bemerkung	Quelle
Investitionskosten in Deutschland	1.150.000	€/MW	für eine durchschnittliche deutsche WEAL	[26]
Investitionsnebenkosten	30	%	für eine durchschnittliche deutsche WEAL	[26]
Betriebskosten	4,3	%		[23]
Anteil EK	25	%		[24]
Anteil FK	75	%		[24]
EK Rendite	12	%		[26]
FK Kreditzinsen	5,5	%		[26]
technische Verfügbarkeit	98,5	%		[23]
Sicherheitsfaktor	0,95	%		[22]
Volllaststunden	2200	h		[24]

Tabelle 6.9: Kennwerte für deutsche WEA

Vergleich einer deutschen WEA, errichtet in Deutschland, mit einer chinesischen WEA, errichtet in China.	deutsche WEA (2,2 MW)	chinesische WEA (1,5 MW)	Einheit
Ab-Werk-Preis	1.946.154	1.063.985	€
Investitionsnebenkosten	583.846	391.015	€
Investitionskosten	2.530.000	1.455.000	€
<i>Kapital</i>			
EK 25 %	632.500	363.750	€
FK 75 %	1.897.500	1.091.250	€
Summe Kapital	2.530.000	1.455.000	€
<i>jährliche Kosten</i>			
Betriebskosten	83.685	35.112	€
Annuität EK	13	13	%
Annuität FK	8	6	%
Kapital für EK	84.678	48.698	€
Kapital für FK	158.782	70.001	€
Summe jährliche Kosten	327.144	153.810	€
<i>Kennzahlen der WEA</i>			
Nennleistung	2,2	1,5	MW
Volllaststunden pro Jahr	2.200	2.200	h/a
Energieertrag (Brutto)	4.840	3.300	MWh/a
techn. Verfügbarkeit	0,985	0,885	
Sicherheitsfaktor	0,95	0,95	
Energieertrag (Netto)	4.529	2.774	MWh/a
<i>spez. Stromgestehungskosten (S_K)</i>			
spez. Stromgestehungskosten (S _K)	0,072	0,055	€/kWh
Betriebskosten Gesamt	1.673.692	702.230	€
spez. Betriebskosten (B_K)	0,018	0,013	€/kWh
B_K/S_K	0,26	0,23	

Tabelle 6.10: Vergleichsrechnung einer deutschen WEA, errichtet in Deutschland, mit einer chinesischen WEA, errichtet in China.

Aus dieser Berechnung geht hervor, dass die spezifischen Stromgestehungskosten einer chinesischen WEA niedriger sind als die Stromgestehungskosten einer deutschen WEA. Dieses Ergebnis wird durch die Angaben der Internationalen Energie Agentur gestützt (siehe Tabelle 6.7: Kennwerte_1 für chinesische WEA), die spezifische Stromgestehungskosten von rund 5 cent/kWh für chinesische WEA angibt. Zu beachten ist, dass in diesen Zahlen die Kosten für lange Stromübertragungen nicht enthalten sind [5]. Im Vergleich dazu produzieren deutsche WEA Strom zu höheren Kosten.

Stellt man die ermittelten Werte einander gegenüber ist folgendes zu erkennen:

Kostenposition	deutsche WEA	chinesische WEA	Differenz
Investitionskosten	1.150.000 €/MW	970.000 €/MW	+19 %
spez. Stromgestehungskosten	0,072 €/kWh	0,055 €/kWh	+23 %
davon spez. Betriebskosten	0,018 €/kWh	0,013 €/kWh	+28 %

Tabelle 6.11: Kostenvergleich einer deutschen WEA, errichtet in Deutschland, mit einer chinesischen WEA, errichtet in China.

Es ist zu sehen, dass eine chinesische WEA, die in China errichtet wurde, um rund 19 % günstiger ist als eine deutsche WEA, die in Deutschland errichtet wurde. Betrachtet man hingegen die Stromgestehungskosten und die Betriebskosten einer chinesischen WEA, sind diese sogar um rund 23 % bis 28 % geringer.

6.2.1.2 Vergleich einer chinesischen Windenergieanlage errichtet in Deutschland mit einer deutschen Windenergieanlage errichtet in Deutschland

Anhand der zwei 3-MW-WEA von Sinovel (SL3000), die im Februar 2012 in Schweden errichtet wurden, kann ein Investitionskostenvergleich zwischen einer chinesischen WEA, errichtet in Europa und einer deutschen WEA, errichtet in Deutschland, vollzogen werden. Die zwei 3-MW-WEA von Sinovel haben jeweils eine Gesamthöhe von 150 Metern und eine Volllaststundenzahl von 2500 h/a. Die Investitionskosten betragen pro WEA 1,55 M€/MW [87].

Da keine näheren Angaben zur 3-MW-WEA zu finden sind und die SL3000 in verschiedenen Ausführungen erhältlich ist, wird auf Grundlage der Gesamthöhe der Sinovel WEA eine Turmhöhe von rund 100 Metern über das Datenblatt ermittelt [49]. Vergleicht man nun die Investitionskosten dieser WEA mit denen einer deutschen WEA, die eine ähnliche Turmhöhe (100 Meter) hat, so liegen die Kosten zwischen 0,98 und 1,35 M€/MW, im Mittel bei 1,17 M€/MW [26].

Ein Vergleich der Investitionskosten zeigt, dass die chinesischen WEA rund 33 % teurer sind als die Vergleichsanlagen in Deutschland. Dabei ist noch zu beachten, dass es sich um ein Demonstrationsprojekt von Sinovel handelt, um auf dem europäischen Windenergieanlagenmarkt Fuß zu fassen. Aus diesem Grund stellen diese Investitionskosten möglicherweise keinen repräsentativen Wert dar. Wie die Projektfinanzierung, Gewährleistung und weitere Wartung der WEA in Schweden erfolgt, ist ebenfalls nicht bekannt.

Damit ein chinesischer WEA Hersteller in Europa bzw. in Deutschland eine WEA verkaufen kann, sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Vorab ist die Beschaffung aller notwendigen Zertifikate eine Bedingung, um in Deutschland eine WEA verkaufen zu dürfen. Wie im Kapitel *Marktanalyse* beschrieben, haben chinesische WEA Hersteller bestimmte Typenzertifikate bereits erlangt oder versuchen diese zu bekommen. Wenn alle rechtlichen Voraussetzungen erfüllt sind und chinesische WEA auf dem deutschen Markt verkauft werden dürfen, sind wirtschaftliche Aspekte zu betrachten.

Derzeit gibt es weder ein Vertriebsnetz noch eine WEA Betreuung nach Errichtung der chinesischen WEA in Deutschland. Diese Betreuung ist allerdings notwendig, damit Wartungen im Gewährleistungszeitraum durchgeführt werden können. Auch die Fertigungsstätten für die WEA Komponenten liegen in China und nicht in Deutschland, sodass Ersatzteile nicht vor Ort verfügbar sind. Ausnahmen bilden Komponenten, die von europäischen Herstellern bezogen werden können. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die chinesischen WEA

von deutschen Firmen in Deutschland errichtet werden, da noch keine Tochtergesellschaften vorhanden sind.

Für die Errichtung einer chinesischen WEA in Deutschland wird in dieser Untersuchung davon ausgegangen, dass die Gondel von China über den Seeweg nach Deutschland transportiert wird, während Rotorblätter und Turmsegmente in Deutschland hergestellt werden. Die Verwendung des Turms eines deutschen Herstellers ist praktisch umsetzbar, da Türme auf die jeweilige WEA angepasst werden können [84]. Im Gegensatz dazu werden Gondel und Rotorblätter eines Windenergieanlagentyps nur in Kombination angeboten. Aus diesem Grund müsste ein Rotorblatthersteller in Deutschland gefunden werden, der diese nach den Vorstellungen eines chinesischen WEA Herstellers produziert. Somit wäre es für diesen möglich, die Transportkosten für Turmsegmente und Rotorblätter einzusparen und auf deutsche Hersteller vor Ort zurückzugreifen. Für den Vertrieb in Deutschland fallen weitere Kosten an.

Der Transport der WEA Großkomponenten von China nach Deutschland erfolgt in mehreren Schritten. Im ersten Schritt werden in China die Komponenten mit mehreren Lastkraftwagen zum Hafen gebracht. In dieser Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Produktion in unmittelbarer Hafennähe angesiedelt ist. Dort werden die Komponenten auf ein Schiff verladen und über den Seeweg, den Indischen Ozean, nach Deutschland transportiert. In einem deutschen Hafen wird daraufhin die Ladung gelöscht, auf Lastkraftwagen verladen und zum Bestimmungsort transportiert. Die Seewegdistanz von Deutschland nach China beträgt rund 20.000 km (10.800 Seemeilen) und kostet für den Transport einer Gondel rund 60.000 €/MW [13].

In einem Artikel der Zeitschrift *Erneuerbare Energien* werden Kosten für den Landtransport, das Beladen, das Löschen und den Seetransport in den europäischen Raum angegeben [88]. Berechnet man daraus die Gesamtkosten für den Seetransport aller Großkomponenten von z.B. Deutschland nach Italien ergeben sich bereits Kosten von rund 120.000 €/WEA. Da die Kosten des Transports von Deutschland nach China höher wären, wird es hier als sinnvoll erachtet, Turm und Rotorblätter in Deutschland herstellen zu lassen.

Bei einem weiteren zu berücksichtigenden Gesichtspunkt handelt es sich um die Betriebskosten. Die Betriebskosten von 3,3 %/a des Ab-Werk-Preises einer chinesischen WEA, die in Kapitel 6.2.1.1 angesetzt wurden, müssen bei Errichtung der WEA in Deutschland erhöht werden. 1 %/a des Ab-Werk-Preises [22] kommen aufgrund der Landpacht hinzu. Zusätzlich werden Reparaturen und Wartungen auf deutschem Lohnniveau durchgeführt. Diese Leistungen müssen an deutsche Unternehmen vergeben werden, da noch keine Wartungsinfra-

struktur der chinesischen Hersteller in Deutschland besteht. Ersatzteile, die nicht vor Ort von deutschen Herstellern bezogen werden können, müssen von China nachgeliefert werden. Dies bedeutet zusätzlich zu den Transportkosten relativ lange Stillstandzeiten.

Um diese zu umgehen, könnten Ersatzteillager in Deutschland angelegt werden, was wiederum zu hohen Kosten führen würde. Auch Versicherungsprämien, die normalerweise rund 0,5 % des Ab-Werk-Preises [22] ausmachen, lassen die Betriebskosten ansteigen. Zurzeit wird an der Zuverlässigkeit von chinesischen WEA gezweifelt, was sich u.a. auf Grund des höheren angenommenen Schadensrisikos in höheren Versicherungsprämien niederschlägt. Schlussendlich ist eine Abschätzung der tatsächlichen Betriebskosten mit hohen Ungenauigkeiten behaftet, da zusätzlich keinerlei Langzeiterfahrungen mit chinesischen WEA gemacht wurden. Aus diesem Grund wird im Folgenden die Bandbreite der Betriebskosten für chinesische WEA tabellarisch dargestellt.

Zusammensetzung der Betriebskosten	Betriebskosten einer deutschen WEA	Geschätzte Betriebskosten einer chinesischen WEA
	in %/a des Ab-Werk-Preises	in %/a des Ab-Werk-Preises
Routinewartung	0,7	0,7 - 1,4
Reparaturrücklage	0,5	0,5 - 1
Versicherungen	0,5	0,5 - 1
Landpacht	1	1
Techn. Überwachung und Verwaltung	0,7	0,7
sonstiges	0,9	0,9
Summe	4,3	4,3 - 6
Quelle	[22]	Eigene Schätzung

Tabelle 6.12: Betriebskostenvergleich

Bei der Finanzierung der chinesischen WEA in Deutschland wird davon ausgegangen, dass bei den verkauften chinesischen WEA eine zinsgünstige Projektfinanzierung enthalten ist. Dieses Vorgehen wurde bei verschiedenen internationalen Projekten chinesischer WEA Hersteller durchgeführt [15]. Entsprechend wird an dieser Stelle ein zinsgünstiger Kredit von 2,5 %/a angenommen [86].

Berechnung

Im ersten Schritt der Berechnung werden die Investitionskosten einer chinesischen WEA, die in Deutschland errichtet werden soll, mit einer durchschnittlichen Nennleistung von 1,5 MW ermittelt (siehe Kapitel 6.2). Bei dieser Berechnung wird der Ab-Werk-Preis einer chinesischen WEA (in China erbaut) herangezogen und mit den entstehenden Mehrkosten bei der Errichtung in Deutschland addiert. Danach werden auf den neu ermittelten Ab-Werk-Preis die Investitionsnebenkosten einer chinesischen WEA aufgeschlagen. Die Ausgangswerte für die weitere Berechnung sind in Tabelle 6.7 und in Tabelle 6.9 zu finden.

Berechnung der Investitionskosten einer chinesischen WEA errichtet in Deutschland				
Kostenposition	Kosten	Einheit	Bemerkung	Quelle
WEA Kosten ohne Turm in China	500.000	€/MW	für eine durchschnittliche chinesische WEAL	
Turmkosten (relativ)	18,5	%	vom Ab-Werk-Preis	[22]
WEA Kosten (Ab-Werk-Preis) in China	613.497	€/MW		
Turmkosten (relativ)	18,5	%	vom Ab-Werk-Preis	[22]
Rotorblattkosten (relativ)	14	%	vom Ab-Werk-Preis	[22]
Turmkosten in China	113.497	€/MW	vom Ab-Werk-Preis	
Rotorblattkosten in China	85.890	€/MW	vom Ab-Werk-Preis	
Turmkosten in Deutschland	163.654	€/MW	vom Ab-Werk-Preis einer deutschen WEA	
Rotorblattkosten in Deutschland	123.846	€/MW	vom Ab-Werk-Preis einer deutschen WEA	

Tabelle 6.13: Berechnung der Investitionskosten einer chinesischen WEA errichtet in Deutschland (Teil 1)

Mehrkosten für eine chinesischen WEA errichtet in Deutschland				
Kostenposition	Kosten	Ein- heit	Bemerkung	Quelle
Zusatzkosten Turm (Fertigung in Deutschland)	50.157	€/MW	Differenz zwischen deutschen und chinesischen Turmkosten	
Zusatzkosten Rotorblätter (Fertigung in Deutschland)	37.957	€/MW	Differenz zwischen deutschen und chinesischen Rotorblattkosten	
Vertrieb / Organisation in Deutschland	30.000	€/MW	für eine durchschnittliche chinesi- sche WEAL	[13]
Transport Gondel (von China nach Deutschland)	60.000	€/MW	für eine durchschnittliche chinesi- sche WEAL	[13]
Mehrkosten Summe	178.113	€/MW		
WEA Kosten (Ab-Werk-Preis / Verkaufspreis) in Deutschland	791.610	€/MW		
Investitionsnebenkosten	36,75	%	für eine durchschnittliche chinesi- sche WEAL	Tabelle 6.7
Investitionskosten einer chinesischen WEA in Deutschland	1.082.550	€/MW		

Tabelle 6.14: Berechnung der Investitionskosten einer chinesischen WEA errichtet in Deutschland (Teil 2)

Vergleicht man eine deutsche WEA mit einer chinesischen WEA, die beide in Deutschland errichtet wurden, ergibt sich folgendes Bild.

Kostenposition	Kosten	Quelle
Investitionskosten einer deutschen WEA	1.150.000 €/MW	siehe Tabelle 6.9
Investitionskosten einer chinesischen WEA	1.083.000 €/MW	siehe Tabelle 6.14
Differenz	67.000 €/MW (entspricht 5,8 %)	

Tabelle 6.15: Investitionskostenvergleich von in Deutschland errichteten WEA

Es kann von ähnlichen Investitionskosten ausgegangen werden. Vergleicht man diese Werte zusätzlich mit dem zu Anfang des Kapitels erwähnten Windparkprojekt in Schweden, sind die Kosten einer chinesischen WEA rund 33 % höher als die einer deutschen WEA. Diese Differenz erkläre sich dadurch, dass chinesische 3-MW-WEA errichtet wurden und in der bisherigen Berechnung mit chinesischen 1,5-MW-WEA (durchschnittliche WEAL von China) gerechnet wurde. Chinesische 3-MW-WEA wurden bisher nicht oft errichtet und können höhere spezifische Kosten pro MW verursachen. Des Weiteren sind die vertraglichen Bedingungen zwischen Sinovent und dem Betreiber des Windparks nicht bekannt.

Mit den neu ermittelten Investitions- und Betriebskosten werden die Stromgestehungskosten für eine chinesische WEA, errichtet in Deutschland, berechnet. Die Werte der deutschen WEA werden belassen (siehe Tabelle 6.10). Die Kennwerte für die chinesische WEA, die im Text zuvor nicht erwähnt wurden, werden wie in Tabelle 6.7 und Tabelle 6.8. dargestellt weiterhin verwendet.

Vergleich einer deutschen WEA mit einer chinesischen WEA, beide errichtet in Deutschland	deutsche WEA (2,2 MW)	chinesische WEA (1,5 MW)	Einheit
Ab-Werk-Preis	1.946.154	1.187.441	€
Investitionsnebenkosten	583.846	436.384	€
Investitionskosten	2.530.000	1.623.825	€
<i>Kapital</i>			
EK 25 %	632.500	405.956	€
FK 75 %	1.897.500	1.217.869	€
Summe Kapital	2.530.000	1.623.825	€
<i>jährliche Kosten</i>			
Betriebskosten	83.685	51.060 - 71.246	€
Annuität EK	13	13	%
Annuität FK	8	6	%
Kapital für EK	84.678	54.349	€
Kapital für FK	158.782	78.123	€
Summe jährliche Kosten	327.144	183.532 -203.718	€
<i>Kennzahlen der WEA</i>			
<i>Nennleistung</i>	2,2	1,5	MW
Volllaststunden pro Jahr	2.200	2.200	h/a
Energieertrag (Brutto)	4.840	3.300	MWh/a
techn. Verfügbarkeit	0,985	0,885	
Sicherheitsfaktor	0,95	0,95	
Energieertrag (Netto)	4.529	2.774	MWh/a
spez. Stromgestehungskosten (S_K)	0,072	0,066 - 0,073	€/kWh
Betriebskosten Gesamt	1.673.692	1.021.199 - 1.424.929	
spez. Betriebskosten (B_K)	0,018	0,018 - 0,026	€/kWh
B_K/S_K	0,26	0,28 - 0,35	

Tabelle 6.16: Vergleichsrechnung einer deutschen WEA mit einer chinesischen WEA, beide errichtet in Deutschland

Stellt man die ermittelten Werte einander gegenüber ist folgendes zu erkennen:

Kostenposition	deutsche WEA	chinesische WEA	Differenz
Investitionskosten	1.150.000 €/MW	1.083.000 €/MW	+5,8 %
spez. Stromgestehungskosten	0,072 €/kWh	0,066 – 0,073 €/kWh	+8 % bis -1 %
davon spez. Betriebskosten	0,018 €/kWh	0,018 – 0,026 €/kWh	0 % bis - 44 %

Tabelle 6.17: Kostenvergleich einer deutschen WEA mit einer chinesischen WEA, beide errichtet in Deutschland

Bei einer chinesischen WEA, errichtet in Deutschland, sind die Investitions- und Stromgestehungskosten ähnlich hoch wie bei einer deutschen WEA, errichtet in Deutschland. Betrachtet man die Stromgestehungskosten näher, so ist der Anteil der Betriebskosten höher als in Deutschland. Im Gegensatz dazu sind die Kapitalkosten aufgrund der angesetzten chinesischen Projektfinanzierung geringer.

Es besteht kein Kostenvorteil für deutsche Betreiber von Onshore-Windparks in Deutschland, da bei einer chinesischen 1,5-MW-WEA ähnliche Stromgestehungskosten auftreten wie bei einer deutschen 2,2-MW-WEA. Basierend auf dem zum Zeitpunkt der Errichtung geltenden Einspeisetarif für Windenergiestrom in das Stromnetz kann die Rendite für das angelegte Kapital ermittelt werden. Bei den in Tabelle 3.1 ermittelten Stromgestehungskosten ergeben sich bei gleich hoher Einspeisevergütung 12% Eigenkapitalrendite. Werden andere Einspeisevergütungen angesetzt, steigt bzw. sinkt die Eigenkapitalrendite entsprechend. Da bei neuen Windparkprojekten in Deutschland ausschließlich mit größeren Onshore-WEA geplant wird, sind chinesische WEA im Vergleich kostspieliger (siehe 3-MW-WEA von Sinovel in Schweden) als deutsche WEA.

6.3 Einsatz und Kostenanalyse von Seltenen Erden

Grundlagen

Seltene Erden sind Metalle die im Periodensystem der Elemente in der 3. Hauptgruppe sowie in den Lanthanoiden zu finden sind. Zu ihnen gehören 17 Elemente (Cerium, Dysprosium, Erbium, Europium, Gadolinium, Holmium, Lanthan, Lutetium, Neodym, Praseodym, Promethium, Samarium, Scandium, Terbium, Thulium, Ytterbium, Yttrium).

Seltene Erden sind im Gegensatz zu ihrem Namen in großen Mengen über die Erdkruste verteilt vorhanden. Der Nachteil der Seltenen Erden besteht darin, dass sie meist in zu geringer Konzentration in der Erdkruste vorliegen und die Förderung dieser Metalle nur an wenigen Orten möglich ist. Ein zusätzliches Problem ergibt sich aus der chemischen Ähnlichkeit der seltenen Erden untereinander, was eine Auftrennung sehr schwierig und nur mit großem Aufwand möglich macht.

In dieser Arbeit wird auf die Seltene Erde Neodym näher eingegangen, da sie neben anderen Seltenen Erden in getriebelosen WEA zum Einsatz kommt. Neodym tritt in Mineralien wie Monazit und Bastnäsit auf und muss davon getrennt werden. Bei der aufwendigen Abtrennung treten stark umweltschädliche Stoffe als Abfallprodukte, wie Uran, auf. Das entstandene Neodymoxid wird unter Einsatz von Fluorwasserstoff, Calcium und in einem Umschmelzverfahren zu Neodym. Neodym wird als Magnet und in verschiedensten Produkten genutzt. Dazu gehören Computerbestandteile, Medizinische Geräte wie auch Motoren bzw. Generatoren. Im Falle von getriebelosen WEA wird Neodym in den Generatoren als besonders starker Dauermagnet verwendet [89].

Der Abbau der Seltenen Erden erfolgt zu 97 % in China. Das Land beschloss im Jahr 2010 die Ausfuhr dieser Metalle zu beschränken (Export -40 %), wodurch der Preis dafür sprunghaft anstieg [89] [90].

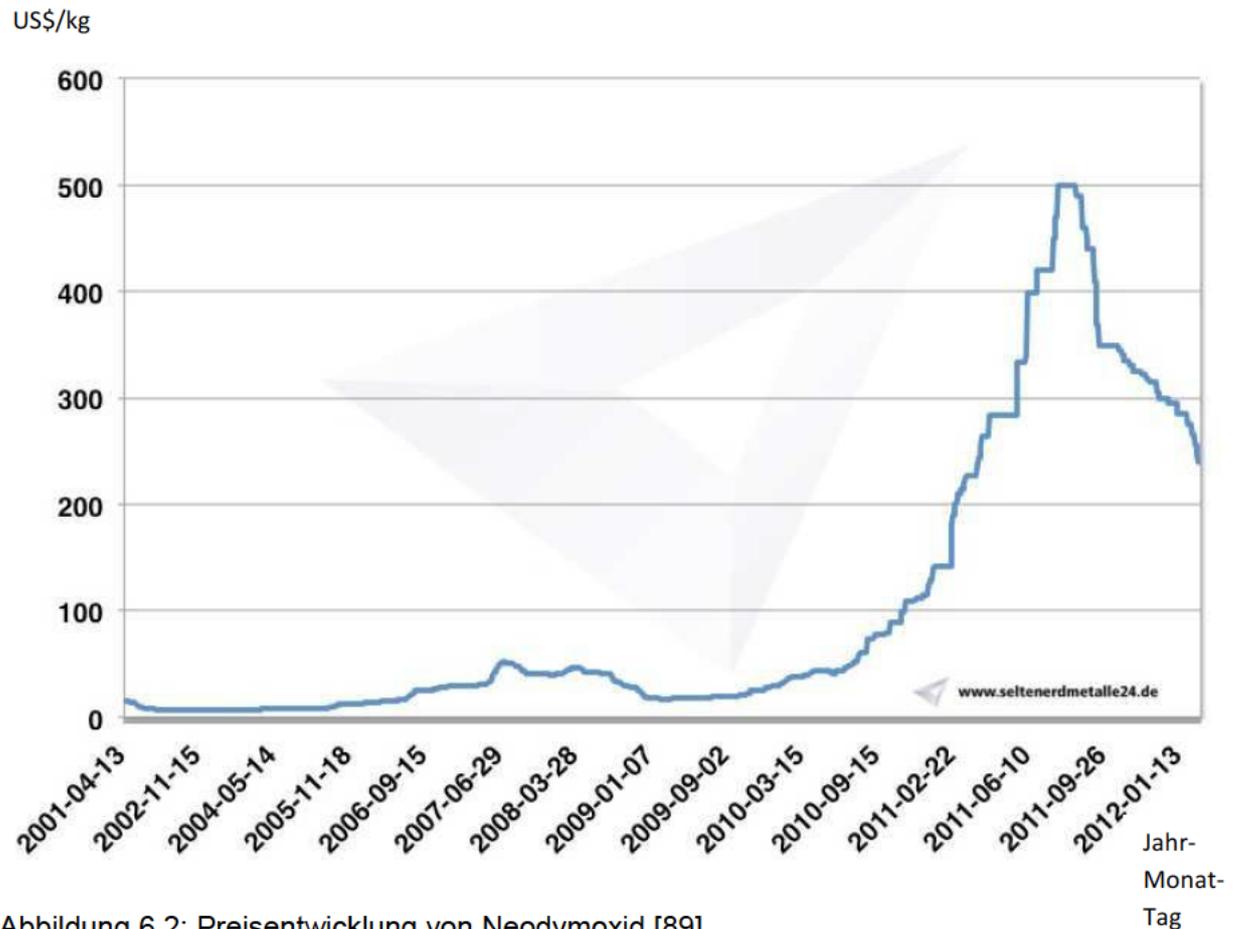


Abbildung 6.2: Preisentwicklung von Neodymoxid [89]

Die Entwicklung des Neodympreises erreichte seinen Rekordwert Mitte des Jahres 2011. Danach entspannte sich die Preissituation wieder und hält sich momentan (Juni 2012) bei 165 US\$ (130€ Wechselkurs vom 17. Juni 2012) [89].

Aber nicht nur die Ausfuhrbeschränkung Chinas, sondern auch Spekulationen auf die Seltenen Erden trieben den Preis in die Höhe. Durch Nachlassen der Konjunktur und gleichzeitigen Bemühungen außerhalb von China Seltene Erden zu fördern, reduzierte sich der Preis wieder [90] [91].

Es wurden Projekte in der Rohstoffförderung weltweit, wie in den USA (Mine Mountain Pass) oder in Australien (Mine Mount Weld), vorangetrieben. Grund dafür ist die steigende Nachfrage um 10 % pro Jahr. Dadurch ist eine Förderung außerhalb von China nötig [90].

Berechnung

Im Jahr 2009 erhielt man Neodymoxid um 14 US Dollar (11 Euro Wechselkurs: 1 US Dollar entspricht 0,7913 Euro am 17. Juni 2012), während jetzt (nach der Preisspitze im Jahr 2011) 130€ für ein Kilogramm Neodymoxid zu zahlen sind.

Getriebelose WEA benötigen 250 kg an Neodym pro MW für den Generator [92]. Geht man von einer 3-MW-WEA aus, ergeben sich folgenden Kosten:

	2009	Einheit	2012	Einheit
Neodymoxid	11	€/kg	130	€/kg
Neodymbedarf getriebelose WEA	250	kg/MW	250	kg/MW
Nennleistung WEA	3	MW	3	MW
Neodymbedarf / WEA	750	kg	750	kg
Gesamte Neodymkosten	8.250	€	97.500	€

Tabelle 6.18: Neodymkosten für eine 3-MW-WEA

Ausgehend von 1 M€/MW an Investitionskosten für eine getriebelose WEA, mussten im Jahr 2009 0,28 % für Neodymoxid aufgewendet werden. Im Gegensatz dazu sind im Jahr 2012 3,3 % der Investitionskosten für Neodymoxid nötig. Wenn sich das Konzept für getriebelose WEA durchsetzt, bietet der Abbau von Neodym in China für die heimischen WEA Hersteller einen Wettbewerbsvorteil.

6.4 Bewertung der Solarbranche

Diese Analyse beleuchtet die momentane Situation auf dem Solarzellen- und modulmarkt, um mögliche Parallelen zur Windenergiebranche aufzuzeigen. Wie die Windenergiebranche auch hat die Solarbranche mit Überkapazitäten und mit dem daraus resultierenden Preisverfall zu kämpfen. In Deutschland wird die Situation zusätzlich durch die geplante Kürzung der Solarförderung verschärft. Die Überkapazität auf dem Weltmarkt hat 2011 große Ausmaße angenommen, da die Produktionskapazität bei 60 GW lag und die Nachfrage sich bei lediglich 24 GW befand [93]. Im Gegensatz dazu sind 37 GW an Solarzellen produziert worden (siehe Abbildung 6.3). Aus diesem Grund ist es fraglich, ob die Solarzellenproduktion zu extrapolieren ist [94].

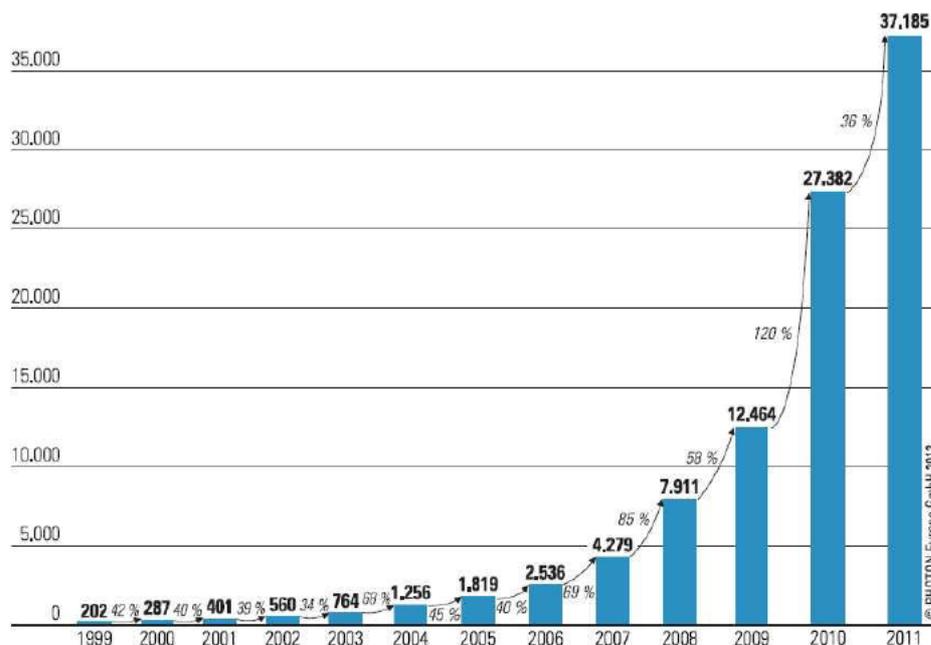


Abbildung 6.3: Weltweite Solarzellenproduktion [94]

Gewinner dieser Entwicklung sind chinesische Solarmodulhersteller, wie die Marktverteilung widerspiegelt. In folgender Tabelle werden die weltweit zehn größten Hersteller abhängig von ihrer verkauften Modulleistung dargestellt.

Solarmodulhersteller	2010	Rang	2011	Rang
	in MW		in MW	
First Solar (USA)	1.100	1	2.001	1
Suntech Power (China)	704	2	1.866	2
Sharp (Japan)	595	3	1.155	6
Q-Cells (Deutschland)	586	4		
Yingli (China)	525	5	1.554	3
JA Solar (China)	520	6		
Kyocera (Japan)	400	7		
Trina Solar (China)	399	8	1.395	4
Sunpower (USA)	397	9		
Gintech (Taiwan)	368	10		
Canadian Solar (Kanada)			1.363	5
Hanwha Solar One (Korea)			825	7
Jinko Solar (China)			782	8
LDK Solar (China)			774	9
Solarworld (Deutschland)			767	10

Tabelle 6.19: Verkaufte Solarmodulleistung der weltweit größten Hersteller [95] [96]

Diese Zahlen zeigen, dass im Jahr 2010 die größten chinesischen Hersteller 38 % der verkauften Solarmodulleistungen für sich in Anspruch nehmen konnten. Im Jahr 2011 lagen diese schon bei 51 %. Betrachtet man den gesamten Markt und nicht nur die größten zehn Hersteller, so belegen auch hier die chinesischen Hersteller mehr als 50 % des Solarmodulmarktes [97].

Trotz dieser Zahlen haben einige große chinesische Hersteller Umsatzeinbußen auf Grund der Überkapazität auf dem Markt zu verzeichnen, doch haben diese den Vorteil, dass sie günstig ihre Solarmodule weltweit verkaufen und Überkapazitäten in ihrer Produktion auf dem heimischen Markt vertreiben können. Die zu erzielenden Gewinne sind hier zwar gering, doch vermeiden die Konzerne damit, dass die Produktion reduziert werden muss [93].

Im Gegensatz dazu wurden deutsche Solarunternehmen schwer von der Weltmarktsituation getroffen. Dies führte zu Verlusten bei Solarworld und Centrotherm, zur Insolvenzgefahr bei Conergy und zu Insolvenzen bei den Firmen Q-Cells, Solarwatt, Solon (mittlerweile von Microsol übernommen), Solar Millennium, Scheuten Solar, Odersun und Solarhybrid. Sundways hingegen wurde vom chinesischen Solarmodulhersteller LDK übernommen [98] [99] [100] [101].

Um der schwierigen Marktsituation zu begegnen, hat die deutsche Firma centrosolar Verträge mit dem Solarzellenhersteller TSMC aus Taiwan abgeschlossen, die beinhalten, dass TSMC die Zellen herstellt und nach Deutschland liefert. Hier werden die Module zusammengebaut und wiederum nach Taiwan zurückgeliefert [102].

Anhand der folgenden Grafik ist der rapide Preisverfall bei installierten Solaranlagen in Deutschland zu sehen.



Abbildung 6.4: Solarstromanlagenkosten [103]

Bei dieser schnellen Preisreduktion können viele Hersteller nicht mithalten, was durch die geplante Förderungskürzung noch verschärft wird.

Auch die Solarindustrie in den USA leidet unter der Marktsituation und ist von einigen Insolvenzen betroffen. Aus diesem Grund haben einige Solaranlagenhersteller ihre Regierung gebeten zu handeln. Die USA werfen den chinesischen Herstellern vor zinsgünstige staatliche Kredite zu nutzen bzw. in anderer Form staatlich subventioniert zu werden, um die weltweite Konkurrenz zu unterbieten. Aus diesem Grund wurden vom amerikanischen Handelsministerium Zölle auf chinesische Solarzellen bzw. Solarmodule verhängt. Dies wiederum

nahm China nicht hin und klagte vor der WTO gegen diese Zölle. Damit werfen beide Länder einander die Verzerrung des fairen Wettbewerbs vor. Eine endgültige Entscheidung ist nicht in Sicht. In Europa sind keine Strafzölle auf Solarenergieprodukte aus China geplant [85] [101].

Neben all diesen Schwierigkeiten sind positive Aspekte zu erkennen. Weltweit werden immer größere Investitionen in Solarenergie getätigt. Vor allem Investitionen in dezentrale Solaranlagen (z.B. Hausdächer) haben im letzten Jahr stark zugenommen [104].

Analyse

Es stellt sich die Frage, ob die Schwierigkeiten, die die deutsche Solarbranche mit der chinesischen Konkurrenz hat auf die deutsche Windenergiebranche projiziert werden können. Ein Erfolg Chinas liegt in der weitfortgeschrittenen Internationalisierung seiner Solaranlagenhersteller, bei gleichzeitig gut geschütztem heimischen Markt und staatlicher Unterstützung. Außerdem beherrschen die chinesischen Konzerne technologisch die Solarzellen- und Modulherstellung, wodurch diese international akzeptiert werden. Da die Solarzellen- und Modulherstellung in einem weitgehend automatisierten Prozess produziert werden und in den üblichen Containern verschifft bzw. auf Europaletten mit Lastkraftwagen transportiert werden können, ist die Produktion nicht an einen Standort gebunden. So kann sie weltweit erfolgen und nach Prozessschritten auf verschiedene Standorte aufgeteilt werden. Dadurch können kostengünstig hergestellte chinesische Produkte preiswert international verkauft werden. Kunden von Solarmodulen sind neben Investoren für Solarparkprojekte vor allem Einzelpersonen für hauseigene Solaranlagen.

Bei einem Vergleich mit der Windenergiebranche ist zu erkennen, dass die chinesischen WEA Hersteller bei der Internationalisierung erst am Anfang stehen. Es besteht theoretisch während der nächsten Jahre die Möglichkeit der Entwicklung einer ähnlichen Situation wie jener, unter der augenblicklich die Solarbranche zu leiden hat.

Einige Aspekte unterscheiden die Solar- von der Windenergiebranche.

In der Fertigung der WEA liegt ein Unterschied, da WEA nicht in der automatisierten Form, wie es bei Solarzellen möglich ist, produziert werden können. Durch die Sonderformen und extrem großen Massen ist der Transport von WEA Komponenten sehr kostenintensiv und schwierig. Dadurch ist eine Produktion vor Ort meist sinnvoller, womit der internationale Verkauf erschwert wird, da hierfür Partner im jeweiligen Abnehmerland für die Produktion von bestimmten Komponenten gefunden bzw. eigene Firmen gegründet werden müssen. Neben Errichtung eines Vertriebsnetzes muss die Frage der Ersatzteile und der Wartung von WEA

geklärt werden. Der Austausch eines schadhaften Solarmoduls geht ungleich einfacher von statten, als der Austausch der Komponente einer WEA.

Zusätzlich werden die in dieser Untersuchung berücksichtigten WEA mit einer Nennleistung von 1,5 MW bis 6 MW oftmals in Windparks errichtet, was eine größere Investition bei der Errichtung erfordert. Dadurch sind die Abnehmer von WEA selten Einzelpersonen sondern Investoren, Energiekonzerne oder Personenzusammenschlüsse. Aufgrund der Größe der Investition werden hohe Anforderungen an das Produkt gestellt, sodass im Zweifel auf ein zuverlässigeres und somit kostenintensiveres Produkt zurückgegriffen wird. Einen Extremfall bildet hier die Errichtung einer Offshore WEA.

In der Finanzierung und Versicherung von WEA liegt ein weiterer Gesichtspunkt. Die meisten WEA werden zu einem großen Anteil durch Kredite finanziert und gegen Schäden und Ausfälle versichert. Erst wenn Versicherer und Kreditgeber von der Zuverlässigkeit einer chinesischen WEA überzeugt sind, werden sie für diese Projekte Kredite bzw. Versicherungen vergeben.

Aus den zuvor angeführten Punkten resultiert die Einschätzung, dass ein direkter Vergleich der Solar- und Windenergiebranche nicht dezidiert möglich ist. Es gibt Überschneidungen und es besteht die Möglichkeit für chinesische WEA Hersteller in Deutschland WEA zu verkaufen und zu errichten, doch bietet die Windenergiebranche weit weniger Raum für mögliche chinesische Marktpräsenz als die Solarbranche.

7 Ergebnis

Die in dieser Untersuchung ermittelten Thesen werden zusammengefasst.

Aktueller Stand der chinesischen Windenergiebranche und zukünftige Perspektiven:

Aktuelle Situation

- Rasante Entwicklung der Windenergiebranche innerhalb weniger Jahre
- Weltweit führend in jährlich neu installierter und gesamt installierter Windenergieanlagenleistung
- 61,5 GW Onshore Windenergieanlagen
- 0,5 GW Offshore Windenergieanlagen
- Vier chinesische Windenergieanlagenhersteller unter den weltweit Führenden
- Durchschnittliche Windenergieanlagenleistung: 1,5 MW
- Förderungsmechanismen:
 - Regional unterschiedliche Einspeisetarife
 - Reduzierte MwSt. auf Windstrom
 - Kostenloses Bauland
- Weitere Unterstützung durch CDM Projekte
- Beginn der internationalen Verkäufe von Windenergieanlagen

Pläne

- Zusammenfassung von 82 Windenergieanlagenherstellern auf wenige *Nationale Champions*
- Vergrößerung der internationalen Bedeutung
- Bis 2020:
 - 170 GW Windenergieanlagenleistung Onshore
 - 30 GW Windenergieanlagenleistung Offshore
- Stromnetzausbau
- Entwicklung und Produktion von 5 MW, 6 MW und größerer Windenergieanlagen

Möglichkeiten und Probleme der chinesischen WEA Hersteller national und international:

Probleme

- Qualität und Zuverlässigkeit
- Vertrauen
- Netzanschlussprobleme in China
- Preiskampf aufgrund von Überkapazität im eigenen Land

Möglichkeiten

- 2011: Anhebung der gesetzlichen Qualitätsstandards in China
- Pläne der chinesischen Regierung bieten in den nächsten Jahren die Möglichkeit im Rahmen neuer Windparkprojekte Aufträge zu akquirieren.
- Vertrauensbildende Maßnahmen über internationale Demonstrationsprojekte
- Weitere Reduzierung der Kosten und Entwicklung der Windenergieanlagen

Möglichkeiten und Probleme der internationalen WEA Hersteller in China:

Probleme

- Geringe Erträge
- Schutz des geistigen Eigentums
- Bevorzugung heimischer Windenergieanlagenhersteller

Möglichkeiten

- Qualitätsoffensive der chinesischen Regierung
- Eventuelle Entstehung eines Marktes für die Betreuung / Wartung von errichteten Windenergieanlagen

Angebot und Ziele der zwei führenden chinesischen Hersteller von Windenergieanlagen:

Goldwind

- Größter Windenergieanlagenhersteller
- Windenergieanlagengrößen und technische Spezifikation:
 - Nutzt einen Synchrongenerator mit Permanentmagneten ohne Getriebe
 - 1,5 MW und 2,5 MW Windenergieanlagen in Produktion
 - 3 MW, 5 MW und 6 MW Windenergieanlage in der Prototypenphase
- Treibt Internationalisierung voran
- Erwarb auf einigen internationalen Märkten notwendige rechtliche Grundlagen
- Nutzt Seltene Erden, die im eigenen Land abgebaut werden

Sinovel

- Zweitgrößter Windenergieanlagenhersteller
- Windenergieanlagengrößen und technische Spezifikation:
 - 1,5 und 3 MW Windenergieanlagen in Produktion (doppelt gespeiste Asynchrongeneratoren mit 3-stufigen Planeten-Stirnradgetriebe)
 - 5 MW und 6 MW Errichtung von Prototypen bzw. beginnende Produktion (Synchrongenerator mit zusätzlichem Überlagerungsgetriebe)
 - 10 MW in Entwicklung
- Treibt Internationalisierung voran
- Hat das Typenzertifikat in Deutschland für die 1,5 MW Windenergieanlagen erhalten
- Aktuelles Projekt: Errichtung von 3 MW Windenergieanlagen in Schweden

Die Wirtschaftlichkeit einer chinesischen Windenergieanlage im Vergleich zu einer deutschen Windenergieanlage:

Unter der Voraussetzung, dass die jeweilige länderspezifische durchschnittliche Nennleistung errichtet wird (2,2 MW in Deutschland, 1,5 MW in China).

Deutsche Windenergieanlage, in Deutschland errichtet, verglichen mit einer chinesischen Windenergieanlage, in China errichtet.

- Die Investitionskosten der chinesischen Windenergieanlagen sind um rund 20 % geringer.
- Die spezifischen Stromgestehungskosten sind um rund 25 % geringer.

Deutsche Windenergieanlage, in Deutschland errichtet, verglichen mit einer chinesischen Windenergieanlage, ebenfalls in Deutschland errichtet.

- Die Investitionskosten der chinesischen Windenergieanlagen sind, ebenso wie die spezifischen Stromgestehungskosten, ungefähr gleich.

Möglichkeit chinesischer Windenergieanlagenhersteller zukünftig in Deutschland Windenergieanlagen zu verkaufen und zu errichten:

Ja, besteht unter der Voraussetzung, dass ...

- das Vertrauen in die Vertragspartner, sowie in die Qualität der Windenergieanlage besteht.
- Windenergieanlagengrößen angeboten werden, die in Deutschland bei aktuellen Projekten nutzbar sind.
- alle notwendigen Zertifikate vorhanden sind.
- ein Wartungskonzept vorhanden ist.

Umlegung der augenblicklich vorhandenen Problemstellungen der Solarbranche auf die zukünftige Windenergiebranche:

Ein kategorischer Vergleich der Solarbranche mit der Windenergiebranche ist nicht möglich ist, da ...

Solarbranche

- die Herstellung von Solarzellen weitgehend automatisiert abläuft und durch geringe Transportkosten preiswerter ist.
- die Kunden neben Investoren für Solarparkprojekte vor allem Einzelpersonen sind.
- Austausch und Lieferung von Komponenten kostengünstiger ist.
- das Vertrauen in die Qualität besteht.

Windenergiebranche

- die Herstellung nicht derartig automatisiert ist und die Transportkosten sehr hoch sind.
- aufgrund des großen Investitionsvolumens selten Einzelpersonen, sondern meist Energiekonzerne oder Investoren Aufträge erteilen, wodurch eine weniger breite Auftragsstreuung entsteht.
- die verbauten Komponenten, eine Größe / Masse innehaben, die sowohl beim Austausch als auch bei der Lieferung hohe Kosten verursachen.
- das Vertrauen in die Qualität nur bedingt vorhanden ist.

Abschließend lässt sich auf das Konfliktpotential in der Solarbranche hinweisen, ausgegangen von China und bestehend im dortigen expandierten heimischen Markt, der staatlichen Unterstützung, der Überkapazität und des daraus resultierenden weltweiten Preisverfalls. Es ist nicht unbedingt anzunehmen, dass der Windbranche ein ähnliches Schicksal, ausgehend von China, droht.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Global Wind Energy Council, „Global Wind Energy Council - Global Wind report, Annual market update 2011,“ 2011. [Online]. Webseite: <http://www.gwec.net/>. [Zugriff am 20 April 2012].
- [2] Auswärtiges Amt, „Auswärtiges Amt - China,“ April 2012. [Online]. Webseite: http://www.auswaertiges-amt.de/sid_55165D85AA912D1F0A2CF282D75262B6/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/01-Nodes_Uebersichtsseiten/China_node.html. [Zugriff am 29 April 2012].
- [3] Statista, „Statista - Wirtschaft in China,“ April 2012. [Online]. Webseite: <http://de.statista.com/statistik/faktenbuch/356/a/laender/china/wirtschaft-in-china/>. [Zugriff am 12 April 2012].
- [4] International Energy Agency und Energy Research Institute, „iea - Technology Roadmap, China Wind Energy Development Roadmap 2050,“ 2011. [Online]. Webseite: http://www.iea.org/papers/roadmaps/china_wind.pdf. [Zugriff am 20 März 2012].
- [5] International Energy Agency, „International Energy Agency - Selected 2009 Indicators for China, People's Republic of,“ 2009. [Online]. Webseite: http://www.iea.org/stats/indicators.asp?COUNTRY_CODE=CN. [Zugriff am 15 April 2012].
- [6] german.china.org.cn, „german.china.org.cn - Verschmutzung kommt China teuer zu stehen,“ 5 Februar 2012. [Online]. Webseite: http://german.china.org.cn/china/2012-02/05/content_24556953.htm. [Zugriff am 4 Juni 2012].
- [7] P. H. Junfeng, CHINA WIND POWER OUTLOOK 2010, Peking, Brüssel: CREIA, GWEC, Greenpeace, 2010.
- [8] Globale Allmende, „Globale Allmende - Durban Klimagipfel 2011,“ Dezember 2011. [Online]. Webseite: <http://globale-allmende.de/klima/klimagipfel-durban-2011>. [Zugriff am 18 März 2012].
- [9] K. Rave, „Global Wind Energy Council - Global Wind report, Annual market update 2011,“ 2011. [Online]. Webseite: <http://www.gwec.net/>. [Zugriff am 20 April 2012].
- [10] MAKE Consulting_1, „ekopolitan - Installed Wind Turbine Market Shares 2008-2010,“ 19 April 2011. [Online]. Webseite: <http://www.ekopolitan.com/tech/wind-global-market-shares-2010>. [Zugriff am 15 März 2012].

- [11] MAKE Consulting_2, „Energyknows - Wind Energy Market Share 2010,“ 16 März 2011. [Online]. Webseite: <http://www.energyknows.com/article/wind-energy-market-share-2010.html>. [Zugriff am 15 März 2012].
- [12] Trade Council of Denmark, „Windpower - China Wind Power Newsletter,“ April 2009. [Online]. Webseite: http://www.windpower.org/download/409/China_Wind_Power_Newsletter_2009.pdf. [Zugriff am 1 März 2012].
- [13] RolandBerger Strategy Consultants, „RolandBerger Strategy Consultants -Wind Turbine Manufacturing - a case for consolidation, Industry overview and key trends,“ 2011. [Online]. Webseite: http://www.rolandberger.at/media/pdf/Roland_Berger_Wind_Turbine_Manufacturing_2011128.pdf. [Zugriff am 3 April 2012].
- [14] M. Brück, „Wirtschaftswoche - Energiepolitik: "China ist neuer Windenergie-Weltmeister",“ April 2011. [Online]. Webseite: <http://www.wiwo.de/unternehmen/energiepolitik-china-ist-neuer-windenergie-weltmeister/5260202.html>. [Zugriff am 10 März 2012].
- [15] Frost & Sullivan, „Frost & Sullivan - Ungünstiger Wind für chinesische Windturbinenhersteller,“ 12 Januar 2012. [Online]. Webseite: <http://www.windkraft-journal.de/2012/01/12/frost-sullivan-ungunstiger-wind-fur-chinesische-windturbinenhersteller/>. [Zugriff am 8 März 2012].
- [16] chinaservice, „chinaservice - China´s Administrative Divisions,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.chinaservice.de/provinzen.htm>. [Zugriff am 1 Mai 2012].
- [17] LORC Knowledge , „LORC - Offshore Wind Farms,“ 2011. [Online]. Webseite: <http://www.lorc.dk/Knowledge/Offshore-renewables-map/Offshore-wind-farms?sortby=Country&sortby2=&sortorder=asc>. [Zugriff am 15 März 2012].
- [18] 4COffshore_1, „4COffshore - Offshore Wind Farms,“ 2011. [Online]. Webseite: <http://www.4coffshore.com/windfarms/>. [Zugriff am 15 März 2012].
- [19] soaringwingenergy, „soaringwindenergy - Eternal Power from Sinovel,“ 2010. [Online]. Webseite: <http://www.soaringwindenergy.com/pdfs/SinovelWind.pdf>. [Zugriff am 3 März 2012].
- [20] Germanischer Lloyd_1, „Guidline for the Certification of Wind Turbines,“ Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Hamburg, 2010.
- [21] S. Kopp, „WINDKLASSENVERGLEICH DIBt ↔ IEC,“ 2011. [Online]. Webseite: www.Windenergie-im-Binnenland.de. [Zugriff am 17 März 2012].

- [22] E. Hau, Windkraftanlagen, Berlin, Heidelberg: 4. Auflage, Springer-Verlag , 2008.
- [23] B. Hahn, „Zuverlässigkeit von Windkraftanlagen,“ Institut für Solare Energieversorgungstechnik, Verein an der Universität Gesamthochschule Kassel e. V., Kassel, 1998.
- [24] R. Gasch, J. Twele und P. Bade, Windkraftanlagen : Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb, Wiesbaden : 6. Auflage, Vieweg + Teubner, 2010.
- [25] M. Kaltschmitt, W. Streicher und A. Wiese, Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, Berlin Heidelberg: 4.Auflage, Springer-Verlag, 2006.
- [26] A.-K. Wallasch, K. Rehfeldt und J. Wallasch, Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG, Varel: Deutsche WindGuard GmbH, 2011.
- [27] Bundesministerium für U., N. u. Reaktorsicherheit, „BMU - Kyoto-Mechanismen,“ Juli 2010. [Online]. Webseite: <http://www.bmu.de/klimaschutz/kyoto-mechanismen/doc/20217.php>. [Zugriff am 8 Mai 2012].
- [28] RWE, „RWE Power AG - CDM/JI Portfolio,“ 2012. [Online]. Webseite: <https://www.rwe.com/web/cms/de/348710/rwe-power-ag/standorte/flash-header/>. [Zugriff am 9 Juni 2012].
- [29] S. Berberich, „focus money - Wechselkurs, So manipuliert China seine Währung,“ 19 Oktober 2010. [Online]. Webseite: http://www.focus.de/finanzen/news/tid-20136/wechselkurse-so-manipuliert-china-seine-waehrung_aid_561372.html. [Zugriff am 7 Mai 2012].
- [30] DPA/AP/Bloomberg, „Frankfurter Allgemeine - Wirtschaft, China lockert Wechselkurs seiner Währung,“ 14 April 2012. [Online]. Webseite: <http://m.faz.net/aktuell/wirtschaft/renminbi-china-lockert-wechselkurs-seiner-waehrung-11717639.html>. [Zugriff am 7 Mai 2012].
- [31] APA/Ag., „Die Presse- Chinas Yuan am Weg in den Währungskorb des IWF,“ 4 Mai 2012. [Online]. Webseite: <http://diepresse.com/home/wirtschaft/boerse/754919/Chinas-Yuan-am-Weg-in-den-Waehrungskorb-des-IWF->. [Zugriff am 4 Mai 2012].
- [32] Internationaler Währungsfond, „Internationaler Währungsfond - Jahresbericht 2011, Ausgewogenes Wachstum für alle verfolgen,“ 2011. [Online]. Webseite: http://www.imf.org/external/german/pubs/ft/ar/2011/ar11_deu.pdf. [Zugriff am 7 Mai 2012].
- [33] Bundesregierung, „Bundesregierung- WTO,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Lexikon/EUGlossar/W/2005-11-16-welthandelsorganisation-wto-.html>. [Zugriff am 07 Mai 2012].

- [34] World Trade Organization, „World Trade Organization - Annual Report 2011,“ 2011. [Online]. Webseite: http://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/anrep_e/anrep11_e.pdf. [Zugriff am 7 Mai 2012].
- [35] S. Shi, „Europa-Kolleg Hamburg - Auswirkungen des Beitritts Chinas zur WTO auf die Wettbewerbspolitik in China,“ November 2009. [Online]. Webseite: http://www.europa-kolleg-hamburg.de/fileadmin/user_upload/documents/Discussion_Papers/DP2_09_Shi.pdf. [Zugriff am 7 Mai 2012].
- [36] Neue Züricher Zeitung, „Neue Züricher Zeitung - China zehn Jahre in der WTO,“ 13 Dezember 2011. [Online]. Webseite: http://www.nzz.ch/nachrichten/wirtschaft/aktuell/china_zehn_jahre_in_der_wto_1.13619988.html. [Zugriff am 7 Mai 2012].
- [37] K. Ritter, „Energemarkt China,“ 2010. [Online]. Webseite: http://www.eitep.de/de/pdf/press_energiemarkt_china.pdf. [Zugriff am 18 März 2012].
- [38] Wirtschaftslexikon, „Wirtschaftslexikon,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.wirtschaftslexikon24.net>. [Zugriff am 8 Mai 2012].
- [39] D. Waltenberger, „Zielmarkt China,“ Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin, 2008.
- [40] China Certification Corporation, „China Certification - Informationen zur CCC-Zertifizierung für Automobilzulieferer,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.china-certification.com/>. [Zugriff am 14 März 2012].
- [41] Unternehmensberatung Stottrop, „stottrop-online - Begriffe und Abkürzungen zum Qualitätsmanagement,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.stottrop-online.de/abqal.html>. [Zugriff am 21 März 2012].
- [42] TÜV Nord_2, März 2009. [Online]. Webseite: http://www.tuev-nord.de/cps/rde/xbcr/tng_en/2009_03_ENG_windenergy_type_and_project_certification_of_wind_turbines.pdf. [Zugriff am 20 März 2012].
- [43] D. Patton, „RECHARGE - Goldwind led China turbine installations in 2011 with 3.6GW,“ 23 März 2012. [Online]. Webseite: <http://www.rechargenews.com/energy/wind/article308124.ece>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [44] hoovers, „hoovers - Sinovel Wind Group Co., Ltd.,“ 2012. [Online]. Webseite: http://www.hoovers.com/company/Sinovel_Wind_Group_Co_Ltd/rjttchi-1-1njht4-1njfaq.html. [Zugriff am 10 Mai 2012].

- [45] WindTech, „WindTech - Hansen Transmissions delivers gearboxes for China’s first 6MW wind turbine,“ 21 Oktober 2011. [Online]. Webseite: <http://www.windtech-international.com/news/33-products-news/4439-hansen-transmissions-delivers-gearboxes-for-chinas-first-6mw-wind-turbine/>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [46] Renewable Energy Sources, „Renewable Energy Sources - The Largest Wind Turbines Currently On The Market Or In Prototype Phase,“ 2011. [Online]. Webseite: <http://www.renewable-energy-sources.com/2011/12/10/the-largest-wind-turbines-currently-on-the-market-or-in-prototype-phase/>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [47] RENEWBL, „RENEWBL - AMSC and Sinovel enter expand strategic partnership,“ 26 Mai 2010. [Online]. Webseite: <http://www.renewbl.com/tag/sinovel>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [48] Germanischer Lloyd_2, „GL Renewables Certification - List of Certifications - Wind Turbines,“ März 2012. [Online]. Webseite: <http://www.gl-group.com/en/certification/renewables/ListOfCertifications.php>. [Zugriff am 8 März 2012].
- [49] Datenblatt, „Datenblatt Sinovel WEA,“ Januar 2011. [Online]. Webseite: <http://nice.webmongol.net/sainshandwind.mn/images/download%20files/Sinovel%20Products.pdf>. [Zugriff am 20 April 2012].
- [50] shareribs_1, „shareribs - Windkraft: Chinas Sinovel verzeichnet schrumpfende Gewinne,“ 3 November 2011. [Online]. Webseite: http://www.shareribs.com/green-energy/wind-und-wasser/news/article/windkraft_chinas_sinovel_verzeichnet_schrumpfende_gewinne_id96295.html. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [51] G. Zhuo und Y. Cheng, „China Daily - Sinovel develops 3MW offshore wind turbine,“ 24 Juni 2009. [Online]. Webseite: http://www.chinadaily.com.cn/bizchina/2009-06/24/content_8316168.htm. [Zugriff am 14 März 2012].
- [52] F. Brodmerkel, „nachhaltige Produktion - Sinovel entwickelt 10 MW Windenergie-Anlage,“ 15 Februar 2011. [Online]. Webseite: <http://www.nachhaltige-produktion.de/energie-ressourcen/articles/303269/>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [53] D. Patton, „RECHARGE - Shanghai offshore project first to order Sinovel 6MW turbine,“ 2 Februar 2012. [Online]. Webseite: <http://www.rechargenews.com/energy/wind/article301178.ece>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [54] Sinovel, „Sinovel,“ Februar 2012. [Online]. Webseite: <http://www.sinovel.com/en/index.aspx>. [Zugriff am 3 März 2012].
- [55] shareribs_2, „shareribs - Windkraft: Chinas Sinovel wird in Irland aktiv,“ 4 Juli 2011. [Online]. Webseite: http://www.shareribs.com/green-energy/wind-und-wasser/news/article/windkraft_chinas_sinovel_wird_in_irland_aktiv_id95302.html. [Zugriff am 3 März 2012].

- [56] R. Kessler und D. Patton, „RECHARGE - China's Sinovel is up and running in US wind-power market,“ 25 November 2011. [Online]. Webseite: <http://www.rechargenews.com/energy/wind/article290935.ece>. [Zugriff am 3 Mai 2012].
- [57] 4COffshore_2, „4COffshore - Turbines,“ 2011. [Online]. Webseite: <http://www.4coffshore.com/windfarms/turbines.aspx>. [Zugriff am 14 März 2012].
- [58] W. Qi, „Windpower - Sinovel produces 6MW onshore/ offshore prototype,“ 31 Mai 2011. [Online]. Webseite: <http://www.windpowermonthly.com/news/1072462/Sinovel-produces-6MW-onshore--offshore-prototype/>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [59] TheWindPower, „TheWindPower - Turbines,“ Oktober 2010. [Online]. Webseite: http://www.thewindpower.net/manuturb_turbines_en.php. [Zugriff am 4 März 2012].
- [60] T. Gang, „Sinovel - SINOVEL'S STRATEGIES FOR OFFSHORE WIND: Project development and technological collaboration,“ März 2010. [Online]. Webseite: <http://www.norway.cn/PageFiles/391359/Sinovel%20-%20Tao%20Gang.pdf>. [Zugriff am 8 März 2012].
- [61] APA, „Standard - Windtec-Spion in Klagenfurt verurteilt,“ 23 September 2011. [Online]. Webseite: <http://derstandard.at/1316733418322/China-wollte-Know-how-Windtec-Spion-in-Klagenfurt-verurteilt>. [Zugriff am 20 März 2012].
- [62] R. Göweil, „Wiener Zeitung - USA stellten Rechtshilfeersuchen wegen Betriebsspionage in Klagenfurt,“ 5 Februar 2012. [Online]. Webseite: http://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wirtschaft/oesterreich/433104_USA-stellten-Rechtshilfeersuchen-wegen-Betriebsspionage-in-Klagenfurt.html. [Zugriff am 5 März 2012].
- [63] J. Zirm, „Die Presse - Kampf gegen chinesische Windmühlen,“ 1 März 2012. [Online]. Webseite: <http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/736632/Kampf-gegen-chinesische-Windmuehlen>. [Zugriff am 25 März 2012].
- [64] J. Molly, „Status der Windenergienutzung in Deutschland,“ DEWI GmbH, Deutsches Windenergie-Institut, Wilhelmshaven, 2011.
- [65] G. Hehenberger, „ghp-set - DEWI MAGAZIN NO. 38,“ Februar 2011. [Online]. Webseite: http://ghp-set.com/fileadmin/templates/typo3_set/images/SET_4.pdf. [Zugriff am 16 April 2012].
- [66] The Asahi Shimbun Company, „Asahi - Chinese renewable energy firms have their eye on Japan,“ 12 Juli 2011. [Online]. Webseite: <http://www.asahi.com/english/TKY201107110150.html>. [Zugriff am 12 März 2012].
- [67] Vensys, „Vensys,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.vensys.de/energy/index.php>. [Zugriff am 30 März 2012].

- [68] Goldwind_1, „Goldwind - Company News,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.goldwindglobal.com/web/news.do>. [Zugriff am 3 März 2012].
- [69] Goldwind_2, „Goldwind - History,“ 2011. [Online]. Webseite: http://www.goldwindamerica.com/about_history.aspx. [Zugriff am 7 Mai 2012].
- [70] TÜV Nord_1, „TÜV Nord - Certifications & Type Approvals,“ Mai 2011. [Online]. Webseite: http://www.tuev-nord.de/cps/rde/xbcr/SID-1411B3C9-45EA4D0E/tng_en/2011_05_windenergy_References_extract_may_2011.pdf. [Zugriff am 20 März 2012].
- [71] Goldwind_3, „Gullen Range Wind Farm,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.gullenrangewindfarm.com/>. [Zugriff am 3 März 2012].
- [72] H. Lieser, „Nordex - Wind power in China, Nordex experience in the world's largest market,“ Nordex, Hamburg, 2012.
- [73] D. Patton, „RECHARGE - Vestas boosts tower orders from China's Titan Wind Energy,“ 15 Februar 2012. [Online]. Webseite: <http://www.rechargenews.com/energy/wind/article301846.ece>. [Zugriff am 3 Mai 2012].
- [74] Vestas, „Vestas,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.vestas.com/en/about-vestas/find-vestas.aspx>. [Zugriff am 25 März 2012].
- [75] B. Beckwell, „RECHARGE - Nordex slips to \$40m loss as turbine orders plummet in China,“ 28 Februar 2012. [Online]. Webseite: <http://www.rechargenews.com/energy/wind/article305553.ece>. [Zugriff am 10 Mai 2012].
- [76] Nordex, „Nordex,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.nordex-online.com/de/>. [Zugriff am 30 März 2012].
- [77] HamburgerAbendblatt, „HamburgerAbendblatt - Nordex zweifelt an Rentabilität von Offshore-Windparks,“ 19 April 2012. [Online]. Webseite: <http://www.abendblatt.de/wirtschaft/article2252543/Nordex-zweifelt-an-Rentabilitaet-von-Offshore-Windparks.html>. [Zugriff am 11 Juni 2012].
- [78] N. Weinhold, „neue energien - Die Kollektion,“ 2011. [Online]. Webseite: <http://www.neueenergie.net/index.php?id=1768>. [Zugriff am 20 April 2012].
- [79] aerodyn, „aerodyn,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.aerodyn.de/>. [Zugriff am 11 Mai 2012].
- [80] D. Iuga, „wind energy the facts - Large Commercial Wind Turbines,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.wind-energy-the-facts.org/en/contact.html>. [Zugriff am 10 Mai 2012].

- [81] A. Wickless, „Asianpower - Direct-drive wind turbines: Can the Chinese keep their lead?“, 2 August 2011. [Online]. Webseite: <http://asian-power.com/power-utility/commentary/direct-drive-wind-turbines-can-chinese-keep-their-lead-0>. [Zugriff am 20 April 2012].
- [82] M. Murphy, „Handelsblatt - China treibt Wachstum der Windkraft voran“, 4 Februar 2010. [Online]. Webseite: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/erneuerbare-energien-china-treibt-wachstum-der-windkraft-voran/3362162.html>. [Zugriff am 18 März 2012].
- [83] A. Offner, „Wirtschaftsblatt - Wachstum in China und USA“, 9 Dezember 2011. [Online]. Webseite: <http://www.wirtschaftsblatt.at/home/schwerpunkt/greeneconomy/wachstum-in-china-und-usa-499661/index.do>. [Zugriff am 23 März 2012].
- [84] 8.2 Experte, [Interview]. 2012.
- [85] Reuters, „Frankfurter Allgemeine - Wirtschaft - China klagt gegen Anti-Dumping-Zölle“, 25 Mai 2012. [Online]. Webseite: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/retourkutsche-china-klagt-gegen-anti-dumping-zoelle-11764288.html>. [Zugriff am 30 Mai 2012].
- [86] S. Bakewell, „Bloomberg - Chinese Renewable Companies Slow to Tap \$47 Billion Credit“, 16 November 2011. [Online]. Webseite: <http://www.bloomberg.com/news/2011-11-16/chinese-renewable-companies-slow-to-tap-47-billion-credit-line.html>. [Zugriff am 24 Mai 2012].
- [87] H. Betken, „Windkraft Journal - Sinovel builds demonstration project in Sweden“, 17 April 2012. [Online]. Webseite: <http://www.windkraft-journal.de/2012/04/17/sinovel-builds-demonstration-project-in-sweden/>. [Zugriff am 30 Mai 2012].
- [88] Erneuerbare Energien Das Magazin_1, Steigende Transportkosten: Teure Höhenmeter, Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft, November 2011.
- [89] Institut für Seltene Erden und Metalle e.V., „Institut für Seltene Erden und Metalle - Seltene Erden und Metalle“, Juni 2012. [Online]. Webseite: <http://institut-seltene-erden.org/>. [Zugriff am 17 Juni 2012].
- [90] Financial Times Deutschland_1, „Financial Times Deutschland - Goldtausch bei seltenen Erden“, 15 März 2012. [Online]. Webseite: <https://www.ftd.de/finanzen/maerkte/rohstoffe/:rohstoffe-goldtausch-bei-seltenen-erden/70008599.html#f1f1f1>. [Zugriff am 17 Juni 2012].
- [91] Financial Times Deutschland_2, „Financial Times Deutschland - Preisverfall bei Seltenen Erden“, 22 November 2011. [Online]. Webseite: <https://www.ftd.de/unternehmen/industrie/:rohstoffe-preisverfall-bei-seltenen-erden/60132741.html?page=2#f1f1>. [Zugriff am 17 Juni 2012].

- [92] Erneuerbare Energien Das Magazin_2, Aus dem Osten Licht, Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft, September 2011.
- [93] K. Klooß, „manager magazin online - Chinas Giganten trotzen dem Sonnensturm,“ 15 März 2012. [Online]. Webseite: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/0,2828,821245-2,00.html>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [94] PHOTON EUROPE GMBH, „photovoltaik - Wachstum bei der Produktion von Solarzellen in 2011,“ 2012. [Online]. Webseite: <http://www.photovoltaik.org/news/marktentwicklungsstudien/wachstum-bei-der-produktion-von-solarzellen-2011>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [95] gf, „independence - Die größten Solarhersteller der Welt,“ 30 Juli 2010. [Online]. Webseite: <http://independence.wirsol.de/wissen/die-groesten-solarhersteller-der-welt/268>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [96] Lux Research, „environmentalleader - First Solar and Suntech Lead 2011 Top 10 Solar Manufacturers,“ 16 März 2012. [Online]. Webseite: <http://www.environmentalleader.com/2012/03/16/first-solar-and-suntech-lead-2011-top-10-solar-manufacturers/?graph=full&id=1>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [97] C. Mattauch, „manager magazin online - Pleitewelle könnte deutschen Firmen helfen,“ 20 Oktober 2011. [Online]. Webseite: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/0,2828,792903,00.html>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [98] kst/rtr_1, „manager magazin - Solarhybrid wird Opfer der Solarkrise,“ 21 März 2012. [Online]. Webseite: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/energie/0,2828,822679,00.html>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [99] S. Schultz, „Spiegel online - Das Ende der deutschen Solarzelle,“ 2 April 2012. [Online]. Webseite: <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/q-cells-will-insolvenz-beantragen-a-825284.html>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [100] dpa-info, „Welt online - Solarindustrie im Stimmungstief,“ 13 Juni 2012. [Online]. Webseite: http://www.welt.de/newsticker/dpa_nt/infoline_nt/wirtschaft_nt/article106565123/Solarindustrie-im-Stimmungstief.html. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [101] kst/rtr_2, „manager magazin online - USA verhängen Sonderzölle auf China-Importe,“ 21 März 2012. [Online]. Webseite: <http://www.manager-magazin.de/politik/weltwirtschaft/0,2828,822681,00.html>. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [102] H. Schwarzburger, Erneuerbare Energien Das Magazin - Kurz vor der Explosion, Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft, Juni 2011.

-
- [103] BSW-Solar, „solarwirtschaft - Solarstromanlagen seit 2006 rund 65% günstiger,“ 2012. [Online]. Webseite: http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/Grafiken/BSW_Preisindex_120516.jpg. [Zugriff am 19 Juni 2012].
- [104] Institut der Regenerativen Energiewirtschaft, „Institut der Regenerativen Energiewirtschaft - Rekord: Investitionen in erneuerbare Energien 2011 auf 257 Mrd. US-Dollar gestiegen,“ 12 Juni 2012. [Online]. Webseite: <http://www.iwr.de/news.php?id=21325>. [Zugriff am 19 Juni 2012].