

Kai Fichtner

---

# Windenergieprojekte an ertragsschwachen Standorten

Finanzierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen



*Diplomica Verlag*

**Fichtner, Kai: Windenergieprojekte an ertragsschwachen Standorten. Finanzierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Hamburg, Diplomica Verlag GmbH 2016**

Buch-ISBN: 978-3-95934-964-2

PDF-eBook-ISBN: 978-3-95934-464-7

Druck/Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2016

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

---

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und die Diplomica Verlag GmbH, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Alle Rechte vorbehalten

© Diplomica Verlag GmbH

Hermannstal 119k, 22119 Hamburg

<http://www.diplomica-verlag.de>, Hamburg 2016

Printed in Germany

## **Kurzfassung**

*Der fortschreitende Ausbau der Windenergie an Land ist im Rahmen der deutschen Energiewende eine der zentralen Säulen, um das Ziel der maßgeblichen Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch zu erreichen. Dabei ist die Nutzung von windschwächeren Standorten sowohl aus quantitativer Sicht als auch unter dem Aspekt der flächendeckenden Bereitstellung interessant. Aktuell wird in der Politik kontrovers diskutiert, ob Nutzung dieser Standorte überhaupt wirtschaftlich vertretbar ist. Es werden sowohl Forderungen bzgl. einer gänzlichen Abschaffung als auch nach einer Erhöhung der Subventionierung dieser Standorte gestellt.*

*Diese Studie hat das Ziel, windschwache Standorte im Binnenland Deutschlands auf Wirtschaftlichkeit unter aktuellen Bedingungen zu prüfen und die Finanzierung von Windparks im Rahmen der Projektfinanzierung zu beleuchten. Im ersten Teil werden die technischen Grundlagen der Windenergieerzeugung beleuchtet. Im zweiten Teil werden die theoretischen Aspekte der Projektfinanzierung, des Risikomanagements und der Bewertung von Projekten anhand von Kennzahlen aufgezeigt und auf Windenergieprojekte übertragen.*

*Im Kern dieser Studie steht die wirtschaftliche Betrachtung eines fiktiven Windparks unter dem Einfluss variabler Parameter. Dabei werden die Perspektiven der Eigen- und Fremdkapitalgeber untersucht, um die Umsetzbarkeit des Projekts zu beleuchten. Es werden standortspezifische Kosten variiert, um die Bandbreite der verschiedenen Standorte abzudecken und weiterhin Parameter wie z.B. die mittlere Windgeschwindigkeit variiert, um die Auswirkungen auf die wirtschaftlichen Kennzahlen zu ermitteln.*

*Die Auswertung hat ergeben, dass bei aktueller Vergütung nach §49 EEG die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen an windschwachen Standorten wirtschaftlich umsetzbar ist. Im Rahmen der Projektfinanzierung wurden die Anforderungen der Kapitalgebergruppen erfüllt. Unter Beachtung der momentan niedrigen Kapitalbeschaffungskosten ist dieses Fazit eine Momentaufnahme, welches durch den hohen Einfluss eben dieser Kosten in der Zukunft anders ausfallen kann.*

## **Inhaltsverzeichnis**

Kurzfassung.....	ii
Abkürzungsverzeichnis .....	v
Tabellenverzeichnis.....	v
Abbildungsverzeichnis.....	vi
1. Einleitung.....	1
2. Technische Grundlagen: Erzeugung elektrischer Energie mittels Windenergieanlagen.....	3
2.1 Entstehung des Windes .....	3
2.2 Mittlere Windgeschwindigkeiten und Häufigkeitsverteilungen .....	5
2.3 Theoretische und technische Grundlagen von Windkraftanlagen .....	8
3. Ausgangspunkt Projektfinanzierung: Grundlagen und Risikomanagement .....	10
3.1 Grundlagen der Projektfinanzierung.....	11
3.2 Varianten der Projektfinanzierung.....	14
3.3 Beteiligte an einer Projektfinanzierung.....	15
3.4 Risikomanagement bei Projektfinanzierungen .....	16
3.5 Risikoallokation im Rahmen der Projektfinanzierung.....	18
3.6 Stabilität und Auskömmlichkeit des Cashflows: Bewertung anhand von DSCR, LLCR, Kapitalwert und internen Zinssatz .....	21
3.7 Berücksichtigung von Risiko bei der Bewertung von Projekten .....	24
4. Risikostruktur von onshore Windenergieprojekten: Identifikation von und Umgang mit Einzelrisiken.....	26
4.1 Rechts- und Regulierungsrisiko .....	27
4.2 Ressourcenrisiko .....	28

4.3	Fertigstellungsrisiko.....	30
4.4	Betriebsrisiko .....	32
5.	Finanzierungsplanung und Wirtschaftlichkeitsberechnung eines fiktiven Windenergieprojekts an einem ertragsschwachen Standort.....	34
5.1	Basisdaten und getroffene Annahmen der Untersuchung.....	34
5.2	Würdigung der Einzelrisiken .....	37
5.3	Abgleich der Ertragsberechnung mit dem Referenzertrag der Anlage .....	40
5.4	Kapitalflussprognose.....	41
5.5	Analyse per Szenario-Technik .....	43
5.6	Kapitalwert at Risk.....	46
5.7	Break-even Analyse .....	49
5.8	Auswertung der Ergebnisse.....	51
6.	Fazit und Ausblick .....	53
	Literaturverzeichnis.....	I
	Anhangsverzeichnis .....	V
	Anhang 1: Windkarte Deutschland 1km Raster, 10m über Grund .....	VI
	Anhang 2: Finanzierungsangebot und Tilgungsplan.....	VII
	Anhang 3: Annahmediagramme aus Crystalball.....	VIII
	Anhang 4: Berechnung des Cashflow, EBITDA und EBIT .....	XIV

## **Abkürzungsverzeichnis**

DSCR	Debt Service Coverage Ratio, Schuldendienstdeckungsgrad
EE	Erneuerbare Energien
el.	Elektrisch
EBITDA	Earnings before Intrest, Tax, Depreciation and Amortisation
EBIT	Earnings before Intrest and Tax
EBT	Earnings before Tax
IRR	Internal Rate of Return
KD	Kapitaldienst
LLCR	Loan Life Coverage Ratio
SDR	Schuldendienstreserve
WKA	Windkraftanlage/n
WEA	Windenergieanlage/n (Synonym für WKA)

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Risikotragfähigkeit bei Projektfinanzierungen .....	20
Tabelle 2: Verteilung von Fertigstellungsrisiken.....	31
Tabelle 3: Die Kapitalstruktur des Projekts .....	35
Tabelle 4: Basisdaten des fiktiven Projekts .....	35
Tabelle 5: Standortdaten des fiktiven Projekts.....	35
Tabelle 6: Anlagen- und Windparkdaten .....	36
Tabelle 7: Nettoenergieertrag, P75 Wert und Abschläge des Windparks.....	37
Tabelle 8: Aufstellung der Investitionsnebenkosten .....	38

Tabelle 9: Aufstellung der Betriebskosten.....	39
Tabelle 10: Der Referenzertrag.....	40
Tabelle 11: Abgleich mit dem Referenzertrag der Anlage .....	41
Tabelle 12: Kapitalfluss- und Liquiditätsprognose .....	42
Tabelle 13: Die Sensibilität des Kapitalwerts at Risk.....	47
Tabelle 14: Sensibilität des Kapitalwerts at Risk im Fall 2 .....	48

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Globale Windsysteme .....	3
Abbildung 2: See-Land Zirkulation .....	4
Abbildung 3: Berg-Tal Zirkulation .....	5
Abbildung 4: Rayleigh-Verteilungen.....	7
Abbildung 5: Mittlere Windenergie in Dänemark .....	7
Abbildung 6: Freie Umströmung einer Windturbine.....	9
Abbildung 7: Generatorwirkleistung über die Windgeschwindigkeit .....	9
Abbildung 8: Typische Phasen eines Projekts .....	10
Abbildung 9: Wesentliche Projektbeteiligte .....	16
Abbildung 10: Darstellung von Chance und Risiko .....	17
Abbildung 11: Prozess des Risikomanagements.....	18
Abbildung 12: Risikoaverse Nutzenfunktion.....	19
Abbildung 13: Garantievereinbarungen bei Fertigstellungsrisiken .....	32
Abbildung 14: P75 Wert des Nettoenergieertrags .....	38

Abbildung 15: Verlauf der kumulierten Barwerte .....	41
Abbildung 16: Verluste durch Aufbau von Schuldendienstreserve .....	43
Abbildung 17: Der Worst-Case dargestellt als kumulierte Häufigkeit .....	44
Abbildung 18: DSCR und LLCR Verlauf im Worst-Case.....	45
Abbildung 19: Kapitalwert at Risk, Fall 1 .....	46
Abbildung 20: Kapitalwert at Risk, Fall 2 .....	48
Abbildung 21: Break-even Analyse 1 .....	49
Abbildung 22: Break-even Analyse 2 .....	50
Abbildung 23: Break-even Analyse 3 .....	50