



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Univ.-Prof. Dr. Karina Sopp

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften,
insbesondere internationale Ressourcenwirtschaft

Professur für ABWL, insb. Entrepreneurship
und betriebswirtschaftliche Steuerlehre

Schlossplatz 1, 09599 Freiberg

Vergleich der Vorteilhaftigkeit von Investitionen in Windkraftanlagen (onshore) in Österreich und Deutschland

Berechnung anhand der Kapitalwerte von Investitionen in
Windkraftanlagen mit einer Leistung von 3,45 MW

August 2019

1. Ziel der Untersuchung und Methodik

Für die Beurteilung der Attraktivität von Investitionen in österreichische Windkraftanlagen im Allgemeinen und der Vergütung der Energieerzeugung aus Windkraftanlagen im Besonderen ist ein Vergleich mit Investitionen in Windkraftanlagen (onshore) in Deutschland von Interesse. Die Rahmenbedingungen für Investitionen in Windkraftanlagen in den beiden Ländern weichen jedoch in vielerlei Hinsicht voneinander ab. Dies betrifft die Investitionssumme zum Zeitpunkt der Anschaffung ebenso wie die laufenden Ein- und Auszahlungen, die während der Nutzungsdauer mit der Investition einhergehen. Zudem weicht der Kapitalkostensatz, der in den beiden Ländern zur Anwendung kommt, voneinander ab. Aus diesen Gründen können die bei deutschen Windkraft-Onshore-Ausschreibungen ermittelten Zuschläge für Windenergie nicht isoliert als Vergleichsgröße herangezogen werden; vielmehr sind bei einem sachgerechten Vergleich diverse Unterschiede bei Förderregimedesign, Förderperiode und Kostenstruktur zu berücksichtigen.

Eine Gegenüberstellung der Kapitalwerte, die sich bei einer Investition in eine Windkraftanlage in Österreich bzw. in Deutschland ergeben, berücksichtigt die unterschiedlichen monetären Inputparameter und trägt zur objektivierte Beurteilung der Vorteilhaftigkeit bei. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse können des Weiteren Aussagen dazu getroffen werden, wie sich die Vorteilhaftigkeit bei einer Anpassung der Inputparameter verändert.

Die Berechnung der Kapitalwerte kann nur beispielhaft erfolgen und bedingt das Festlegen bestimmter Ausprägungen für die zu berücksichtigenden Inputparameter. In dieser Studie wird von einer Investition in eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW ausgegangen. Die Berechnung der Kapitalwerte unterstellt eine Nutzungsdauer der Windkraftanlage von 20 Jahren. Diese Nutzungsdauer wurde gewählt, da sie einerseits der wirtschaftlichen Nutzungsdauer sehr nahe kommt,¹ und andererseits eine relativ verlässliche Bestimmung der Ein- und Auszahlungen zulässt.² Weitere Annahmen betreffend die Höhe der Investitionsauszahlung, der laufenden Ein- und Auszahlungen aus der Investition sowie des Diskontierungssatzes. Diese Annahmen sind landesspezifisch festgesetzt und in Abschnitt 3 näher beschrieben.

Da in Deutschland die Einzahlungen aus der Investition in eine Windkraftanlage vom Typ der Anlage und dem Ausmaß an Energieerzeugung abhängen, wird bei der Darstellung der Ergebnisse zwischen zwei Varianten unterschieden: In einer ersten Variante wird für die Berechnung der Einzahlungen die Investition in eine konkrete Windkraftanlage unterstellt. Ausgegangen wird von einer Investition in eine Anlage vom Typ VESTAS V112. Die Vergütung, die sich am Referenzertrag der Anlage sowie dem entsprechenden Güte- und Korrekturfaktor festmacht, basiert auf einem Gebotswert von 6,4 Cent/kWh.

¹ Die *Deutsche Windguard*, Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz – Teilvorhaben II e): Wind an Land – Zwischenbericht, März 2018, abrufbar unter https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/bmwi_de/bericht-eeg-6-wind-an-land.pdf?__blob=publicationFile&v=5, S. 15-16, beziffert die Entwurfslebensdauer von Windkraftanlagen für den Regelfall auf 20 Jahre. Aktuellere Entwicklungen zeigen die Tendenz zu längeren Entwurfslebensdauern. Zudem werden Hinweise zu technischen Nutzungsdauern gegeben, die 20 Jahre überschreiten. Durch kürzere Förderzeiträume – sowohl in Deutschland als auch in Österreich – ist davon auszugehen, dass die wirtschaftliche Nutzungsdauer die technische Nutzungsdauer unterschreitet.

² So sind für Deutschland Untersuchungen vorhanden, die über einen Zeitraum von 20 Jahren Informationen zu den laufenden Zahlungen aus der Investition in eine Windkraftanlage bereitstellen (siehe hierzu Abschnitt 3). Darüber hinaus ermöglicht die Anknüpfung an den Förderzeitraum, der sich in Deutschland über 20 Jahre erstreckt, eine relativ verlässliche Bestimmung der Mindesteinzahlungen aus der Investition in Windkraftanlagen. Vgl. § 25 des deutschen Erneuerbare-Energien-Gesetzes.

Die Gegenüberstellung der Kapitalwerte in der zweiten Variante abstrahiert von einem spezifischen Anlagentyp. Stattdessen werden die Einzahlungen bei einer Investition in eine Windkraftanlage in Deutschland aus dem Mittelwert der durchschnittlichen, mengengewichteten Zuschlagswerte im Jahr 2018 einerseits und den von den Betreibern von Windenergieanlagen veröffentlichten Referenzerträgen für einen Standort der Klasse 6,5 m/s andererseits abgeleitet. Die Berechnung der Kapitalwerte für diesen typisierenden Ausgangsfall wird um eine Sensitivitätsanalyse ergänzt. Anhand der Sensitivitätsanalyse lässt sich ablesen, wie sich die Kapitalwerte für Deutschland bei abweichenden Vergütungen bezogen auf ein bestimmtes Ausmaß an Energieerzeugung verändern. Dies ermöglicht für eine festgelegte Bandbreite an Energieerzeugung die Ausweitung des Vergleichs auf die Gültigkeit anderer Referenzerträge und/oder Gütefaktoren.

2. Ergebnisse

2.1. Allgemeines

Die Höhe eines – auf einen bestimmten Zeitpunkt bezogenen – Kapitalwerts gibt Auskunft darüber, welchen Vermögenszuwachs der Investor bei Durchführung einer Investition über die Tilgung der Anschaffungsauszahlung – also der Investitionssumme – und über die Verzinsung des eingesetzten Kapitals zum verwendeten Diskontierungszinssatz hinaus erzielt.³ Eine Investition erweist sich folglich dann als vorteilhaft, wenn der Kapitalwert einen positiven Betrag annimmt. Bei einem Vergleich zweier Alternativen ist die Alternative mit dem höheren Kapitalwert – und damit dem höheren Vermögenszuwachs – zu bevorzugen.

In dieser Studie wird der Kapitalwert zum Zeitpunkt der Investition in eine Windkraftanlage ($t = 0$) berechnet. Konkret wird eine Investition zum 01.01.2018 angenommen. Als Vergütung für die Energieerzeugung wird im Ausgangsfall davon ausgegangen, dass in Österreich über die ersten 13 Jahre hinweg der Einspeisetarif in Höhe von 8,2 Cent/kWh zur Anwendung kommt; ab dem Jahr 14 (bis hin zum Jahr 20) wird eine Vergütung in Höhe von 4,5 Cent/kWh mit einer Preissteigerungsrate von 2 % angesetzt. Die Annahmen für Deutschland werden in den beiden folgenden Abschnitten konkretisiert.

Das Ergebnis der Kapitalwertberechnung hängt wesentlich vom Ausmaß der Energieerzeugung der betrachteten Windkraftanlage ab. Aus diesem Grund wird die Entwicklung der Kapitalwerte für die Investition in eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW in Österreich und in Deutschland in Abhängigkeit von der jährlichen Energieerzeugung in kWh dargestellt.

2.2. Berechnungen für eine Anlage vom Typ VESTAS V112

Da die Einzahlungen für Deutschland unter anderem abhängig vom Referenzertragswert einer bestimmten Anlage sind, liegt den Berechnungen in der ersten Variante ein konkreter Anlagentyp (VESTAS V112)⁴ zu grunde. Aus dem Anlagentyp wird in Kombination mit der jeweiligen Energieerzeugung ein Referenzertragswert abgeleitet. In der Folge werden die entsprechenden Güte- und Korrekturfaktoren bestimmt. Anschließend ergibt sich in Kombination mit dem Gebotswert die Vergütung über den angenommenen Nutzungszeitraum von 20 Jahren.⁵

³ Vgl. ausführlich zur Kapitalwertmethode *Bieg/Kußmaul*, Investition, 3. Aufl., München 2016, S. 98 ff.

⁴ Details zu der Anlage VESTAS V112 und deren technischen Spezifikationen finden sich auf der Internetseite des Herstellers, abrufbar unter https://www.vestas.com/en/products/4-mw-platform/v112-3_45_mw#!, sowie in Abschnitt 3.

⁵ Genauer hierzu siehe die Ausführungen im folgenden Unterabschnitt.

Im hier gewählten Beispielfall basiert die Berechnung der Vergütungen auf einem Gebotswert von 6,4 Cent/kWh. Die Vergütungen, die sich daraus für das jeweilige Ausmaß an Energieerzeugung ergeben, sind dem Abschnitt mit den Annahmen zu entnehmen.

Abbildung 3 stellt die Entwicklung der Kapitalwerte für eine Investition in eine VESTAS V112 in Österreich und in Deutschland gegenüber. Die Höhe der Kapitalwerte hängt von der jährlichen Energieerzeugung ab. Für Österreich verläuft die Kapitalwertfunktion aufgrund der fixen Vergütung der Energieerzeugung linear. Für Deutschland ist dies nicht der Fall, da die Höhe der Vergütung pro kWh mit dem Ausmaß der jährlichen Energieerzeugung variiert. Ein höherer jährlicher Energieertrag resultiert in einer niedrigeren Vergütung je kWh.

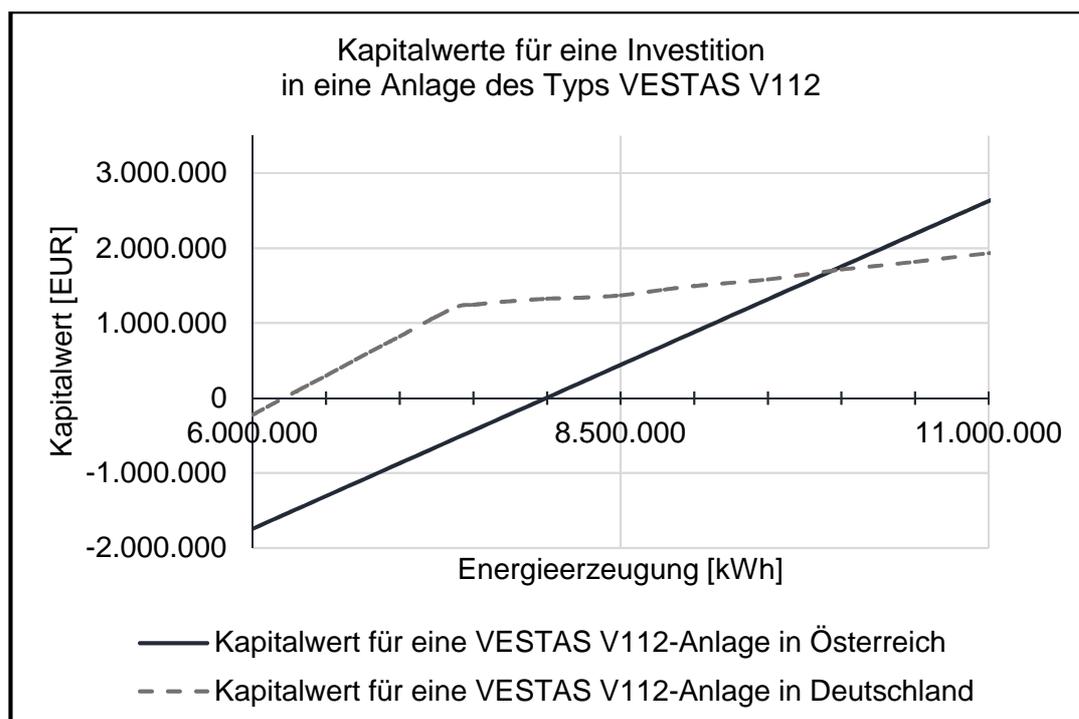


Abbildung 1: Vergleich der Kapitalwerte für eine Investition in eine Windkraftanlage des Typs VESTAS V112 bei einer Energieerzeugung zwischen 6 Mio. und 11 Mio. kWh/Jahr

Die Gegenüberstellung der Kapitalwertverläufe zeigt zum einen, dass bei einer jährlichen Energieerzeugung bis zu circa 9,93 Mio. kWh eine Investition in die deutsche Anlage vorteilhafter ist. Demgegenüber ist bei einer höheren Energieerzeugung die Investition in Österreich vorzuziehen. Zum anderen wird deutlich, dass sich für Österreich – verglichen mit Deutschland – erst bei einem höheren Ausmaß an Energieerzeugung ein positiver Kapitalwert einstellt. Somit kann erst bei einer höheren (erwarteten) Energieerzeugung eine Investitionsempfehlung für Österreich abgegeben werden.

Konkret nimmt der Kapitalwert in Österreich erst bei einer Energieerzeugung von circa 7,99 Mio. kWh einen positiven Wert an. In Deutschland führt bereits eine Energieerzeugung ab circa 6,21 Mio. kWh zu einer positiven Investitionsentscheidung. Um dieses Ergebnis einordnen zu können, sind die Werte, bei denen sich eine positive Investitionsentscheidung ergibt, mit dem zu erwartenden Ausmaß an jährlicher Energieerzeugung zu vergleichen.

Für Österreich ist davon auszugehen, dass an einer Windkraftanlage des Typs VESTAS V112 regelmäßig ein Ausmaß an jährlicher Energieerzeugung zwischen 6,5 Mio. kWh und 9 Mio. kWh erreicht werden kann. Für Deutschland ist – abhängig vom konkreten Standort der Anlage – ein höheres Ausmaß an jährlicher Energieerzeugung denkbar. So ist an Standorten in Norddeutschland, die der Windlastzone 4 gemäß des Deutschen Instituts für

Bautechnik (DIBt) zuzuordnen sind,⁶ eine jährliche Energieerzeugung im Umfang von 11 Mio. kWh realistisch.

Nachfolgende Abbildung 2 zeigt das zu erwartende Ausmaß an jährlicher Energieerzeugung für eine Windkraftanlage des Typs VESTAS V112 für Windlastzonen 1 bis 4 gemäß DIBt. Dabei wird angenommen, dass sich die Windkraftanlage an einem Standort der Geländekategorie II befindet.⁷ Die windstarken Zonen 3 und 4 gemäß DIBt sind in Deutschland an den küstennahen Gebieten in Norddeutschland zu finden.⁸ Demzufolge lässt sich der Umfang an Energieerzeugung in diesen Regionen nicht auf Österreich übertragen.

Windlastzone gemäß DIBt	Geländekategorie	Mittlere Windgeschwindigkeit bei einer Nabenhöhe von 100 m [m/s]	Jährliche Energieerzeugung [kWh/Jahr]
1	II	5,85	5,7 Mio.
2	II	6,51	7,5 Mio.
3	II	7,16	9,4 Mio.
4	II	7,8	11 Mio.

Abbildung 2: Maximal zu erwartendes Ausmaß an Energieerzeugung an einer Windkraftanlage des Typs VESTAS V112 mit Standort in Deutschland⁹

Unter Berücksichtigung des zu erwartenden maximalen Ausmaßes an Energieerzeugung in Höhe von circa 9 Mio. kWh für Österreich lässt sich Folgendes festhalten:

- (1) Bei einer jährlichen Energieerzeugung unter circa 8 Mio. kWh ergibt sich für Österreich ein negativer Kapitalwert.
- (2) Im Bereich von circa 8 Mio. kWh bis 9 Mio. kWh an jährlicher Energieerzeugung ergibt sich für Österreich ein positiver Kapitalwert.
- (3) Im Bereich von circa 8 Mio. kWh bis 9 Mio. kWh an jährlicher Energieerzeugung, bei dem sich für Österreich ein positiver Kapitalwert ergibt, liegt dieser durchgängig unter dem Kapitalwert, der sich bei einer Investition in Deutschland erreichen lässt.

2.3. Sensitivitätsanalyse bezogen auf die Vergütung der Energieerzeugung

Anders als im obigen Fall wird nun gezeigt, wie sich unterschiedliche Gebotswerte in Deutschland auf die Vorteilhaftigkeit der Investition in eine Windkraftanlage – auch im Verhältnis zu Österreich – auswirken. Dafür wird von einer konkreten Anlage abstrahiert. Stattdessen wird eine denkbare Bandbreite an Vergütungen für Deutschland betrachtet und auf abweichende Höhen an Energieerzeugung angewendet. Da sich aus den Gebotswerten in Kombination mit den Energieerträgen einer bestimmten Anlage die Vergütungen ergeben, ermöglicht diese Vorgehensweise Rückschlüsse auf die Auswirkungen abweichender

⁶ Die Zuordnung deutscher Standorte zu Windzonen ist den Verlautbarungen des *Deutschen Instituts für Bautechnik* (DIBt) zu entnehmen. Listen zur Zuordnung der Windzonen nach Verwaltungsgrenzen finden sich auf der Internetseite des DIBt, abrufbar unter <https://www.dibt.de/de/service/listen-und-verzeichnisse/>.

⁷ Nach DIN EN 1991-1-4 ist unter der Geländekategorie II ein Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, zum Beispiel ein landwirtschaftliches Gebiet, zu verstehen.

⁸ Zur Verbreitung der Windlastzonen in Deutschland vgl. *Fraunhofer IEE*, Windenergie Report Deutschland 2018, Stuttgart 2019, S. 38, abrufbar unter http://windmonitor.iee.fraunhofer.de/opencms/export/sites/windmonitor/img/Windmonitor-2018/WERD_2018.pdf.

⁹ Gemäß *Fraunhofer IEE*, Windenergie Report Deutschland 2018, Stuttgart 2019, S. 13, abrufbar unter http://windmonitor.iee.fraunhofer.de/opencms/export/sites/windmonitor/img/Windmonitor-2018/WERD_2018.pdf, liegt die mittlere Windgeschwindigkeit für die unterschiedlichen Regionen in Deutschland unter Berücksichtigung (abweichender) mittlerer Nabenhöhen für das Jahr 2018 zwischen 5,8 m/s und 7,3 m/s. Aufgrund der Bildung von Durchschnittswerten und abweichenden Voraussetzungen an die Windkraftanlagen können diese Werte jedoch nur als Näherungsgrößen herangezogen werden. Das Ausmaß an jährlicher Energieerzeugung, das sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Windgeschwindigkeiten ergibt, resultiert aus der Heranziehung von nach unten korrigierten Herstellerangaben.

Gebotswerte auf die Vorteilhaftigkeit der Investitionen. Dadurch lassen sich Aussagen zur Vorteilhaftigkeit bei zukünftigen Veränderungen bei den Gebotswerten bzw. Vergütungen treffen.

Für den Ausgangsfall wird eine Vergütung von 7,03 Cent/kWh unterstellt. Dieser Ausgangsfall wird im Rahmen der Sensitivitätsanalyse, die weiter unten in diesem Abschnitt erfolgt, auf eine Bandbreite zwischen 6,4 und 7,4 Cent/kWh ausgeweitet. Näheres zur Ermittlung der Vergütungshöhe im Allgemeinen und von 7,03 Cent/kWh für den konkreten Ausgangsfall ist der Sensitivitätsanalyse zu entnehmen.

Die Kapitalwerte für die Investition in eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW in Österreich und in Deutschland – mit einer Vergütung in Höhe von 7,03 Cent/kWh für Deutschland – zeigt Abbildung 3. Zu beachten ist, dass der Kapitalwertfunktion für Deutschland die Annahme zugrunde liegt, dass für unterschiedliche Ausprägungen an jährlicher Energieerzeugung dieselbe Vergütung gewährt wird und demzufolge abweichende Gebotswerte zur Anwendung kommen.

Die Gegenüberstellung der Kapitalwerte in Abbildung 3 erfolgt bis zu einer jährlichen Energieerzeugung in Höhe von 12,25 Mio. kWh/Jahr. Da die Berechnungen für beide Länder auf einer fixen Vergütung der Energieerzeugung basieren, hängt die Höhe des Kapitalwerts – nach Festlegung der weiteren Parameter – nur noch vom Ausmaß der Energieerzeugung ab. Dies spiegelt sich im linearen Verlauf der beiden Kapitalwertfunktionen wider.

Aus Abbildung 3 geht hervor, dass bei dieser Vergütungshöhe die Investition in eine Windkraftanlage in Deutschland über die gesamte Spannbreite der betrachteten Energieerzeugung hinweg vorteilhafter ist als die Investition in eine Windkraftanlage, deren Standort in Österreich liegt.

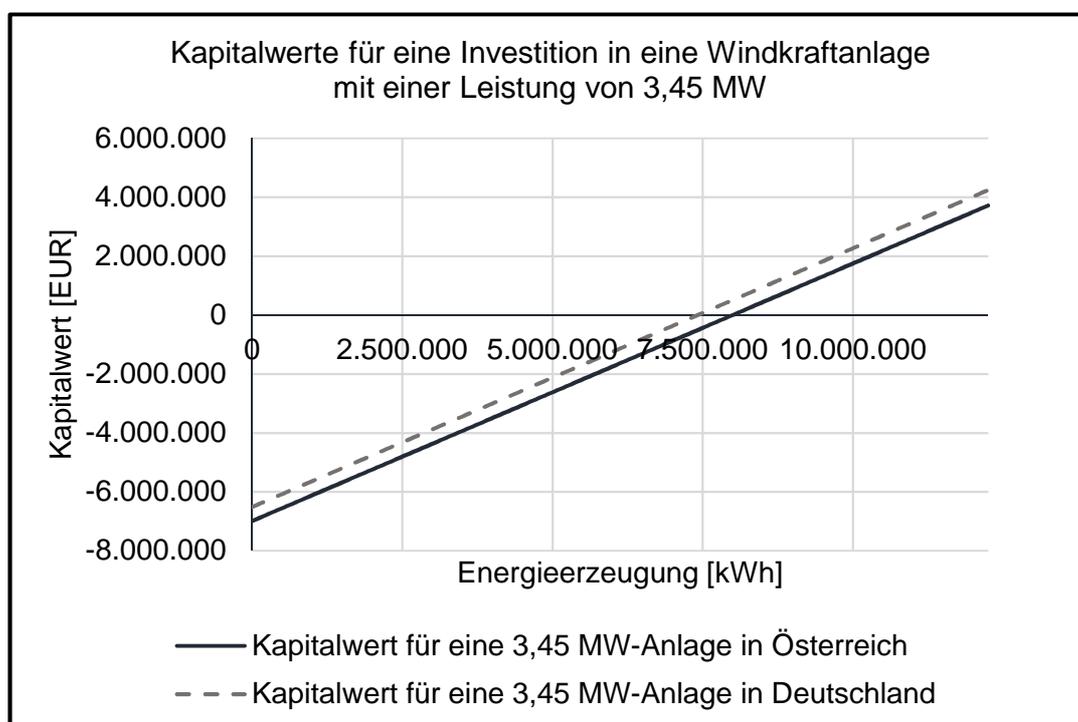


Abbildung 3: Vergleich der Kapitalwerte für eine Investition in eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW bei einer Energieerzeugung bis zu 12,25 Mio. kWh/Jahr

Abbildung 4 gibt einen Ausschnitt von Abbildung 3 in einem höheren Detaillierungsgrad wieder. Für Österreich zeigt sich – wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt – ein Wechsel hin zu einem positiven Kapitalwert bei einer jährlichen Energieerzeugung in Höhe

von circa 7,99 Mio. kWh. In Deutschland ergibt sich auch bei der zweiten Variante bereits bei einer geringeren Energieerzeugung pro Jahr eine positive Investitionsentscheidung. Der sog. break-even-Punkt liegt für die Investition in eine Windkraftanlage in Deutschland bei circa 7,41 Mio. kWh.

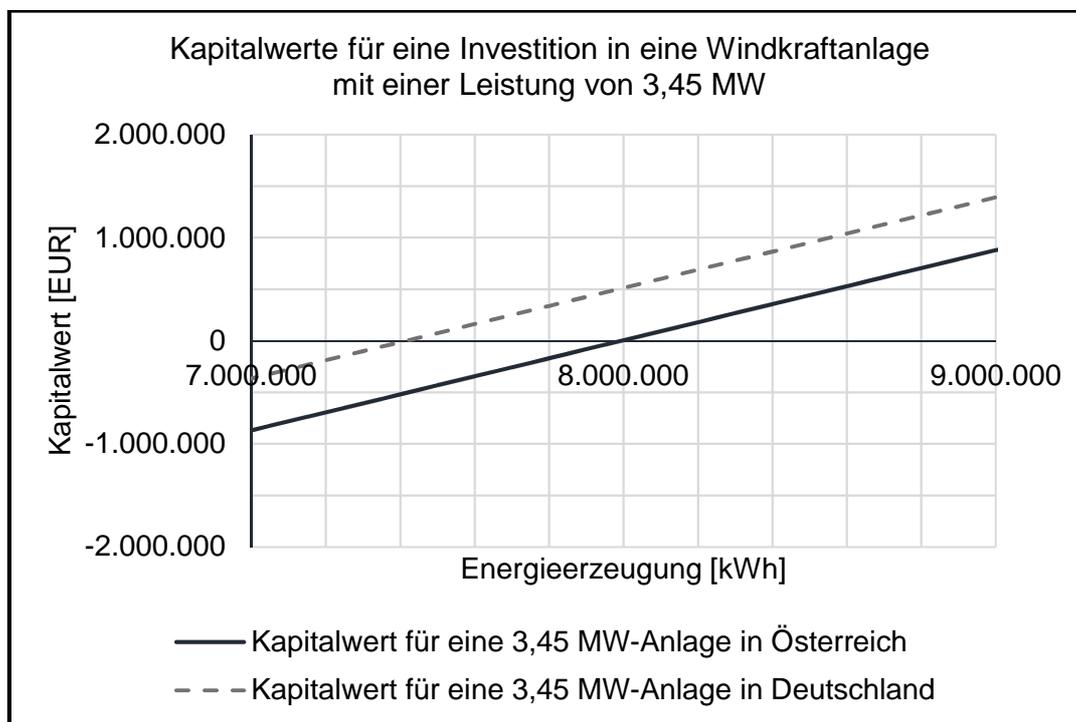


Abbildung 4: Vergleich der Kapitalwerte für eine Investition in eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW bei einer Energieerzeugung zwischen 7 und 9 Mio. kWh/Jahr

Die Ergebnisse sind stark von der Höhe der Vergütung für die Energieerzeugung an den Windkraftanlagen geprägt. Für Österreich kann dahingehend mit der Berücksichtigung des Einspeisetarifs über die ersten 13 Jahre hinweg eine relativ verlässliche Berechnung durchgeführt werden. In Deutschland wird die Höhe der Vergütung durch ein Ausschreibungsverfahren ermittelt. Durch das Verfahren wird die Höhe der sogenannten anzulegenden Werte auf Basis von Geboten bestimmt. Diese Werte dienen als Berechnungsgrundlage für die Zahlungsansprüche (Marktprämien) für Strom.

Genauer stellt sich das Verfahren in Deutschland wie folgt dar: Die Betreiber der Anlagen vermarkten ihren Strom selbst und erhalten als Förderung zusätzlich eine Marktprämie pro erzeugter Kilowattstunde. Der anzulegende Wert entspricht dem durchschnittlichen Markterlös pro Kilowattstunde plus Marktprämie. Die Gebote im Ausschreibungsverfahren müssen sich auf den gewünschten anzulegenden Wert in Cent pro Kilowattstunde und auf eine in Kilowatt angegebene Anlagenleistung beziehen. Der Gebotswert ist dabei für einen virtuellen „100-Prozent-Referenzstandort“ abzugeben. Dieses Angebot wird anschließend um einen Korrekturfaktor, der sich auf den konkreten Standort bezieht, korrigiert. Gebote erhalten den Zuschlag zum Gebotswert. Diese Zuschläge selbst sind jedoch alleine nicht aussagekräftig, weil sie im Referenzertragsmodell je nach Standortgüte umzurechnen sind. Geboten wird zwar auf einen virtuellen 100-Prozent-Standort; wenn der konkrete Standort jedoch beispielsweise schlechtere Windverhältnisse aufweist, wird das Gebot um einen Korrekturfaktor, den Gütefaktor, mitunter deutlich nach oben korrigiert.

Den Verlautbarungen der Bundesnetzagentur sind die durchschnittlichen, mengengewichteten Zuschlagswerte für Ausschreibungen für Windenergieanlagen an Land zu entnehmen. Diese Gebotswerte dienen als Basis für die Anwendung der

Korrekturfaktoren (Gütefaktoren), die abhängig vom Standort der Windenergieanlage sind. Gemäß § 36h EEG 2017 betragen diese Korrekturfaktoren zwischen 0,79 und 1,29.

Im Jahr 2018 fanden in Deutschland vier Ausschreibungsrunden für Windenergieanlagen an Land statt. Der Mittelwert der durchschnittlichen, mengengewichteten Zuschlagswerte für Ausschreibungen für Windenergieanlagen an Land im Jahr 2018 belief sich auf 5,72 Cent/kWh.¹⁰ Unter Berücksichtigung der von den Betreibern veröffentlichten Referenzerträge lässt sich für einen Standort der Klasse 6,5 m/s ein Gütefaktor von 74,7 ableiten. Dieser Gütefaktor wurde als Referenzwert für diese Untersuchung verwendet und liegt etwas höher als der Mittelwert der Gütefaktoren für die Klassen 5,5 bis 7,5 m/s; Letzterer beträgt 74,22. Der Gütefaktor für die Klasse 5 m/s wurde aufgrund der praktisch geringen Bedeutung bei der Installation von Windenergieanlagen nicht berücksichtigt.

Die Anwendung eines Gütefaktors von 74,7 (bzw. eines dem entsprechenden Korrekturfaktors von 1,229290)¹¹ auf einen Zuschlagswert von 5,72 Cent/kWh ergibt einen Vergütungssatz von 7,03 Cent/kWh. Dies entspricht der hier im Ausgangsfall über die Nutzungsdauer hinweg konstant angesetzten Vergütung.

Die in Abbildung 5 dargestellte Sensitivitätsanalyse zeigt, wie sich die Kapitalwerte für die Investition in eine in Deutschland belegene Windkraftanlage bei einer Änderung der Höhe der Vergütung für die Energieerzeugung entwickeln. Dabei wird eine Bandbreite von 6,4 Cent/kWh bis zu 7,4 Cent/kWh angesetzt. Diese Bandbreite deckt somit auch Standorte ab, in denen geringere Korrekturfaktoren gelten.

Kapitalwert der Investition in eine Windkraftanlage in Deutschland [Euro]		Vergütung [EUR/kWh]					
		0,064	0,066	0,068	0,07	0,072	0,074
Energieerzeugung [kWh/Jahr]	8.000.000	-183.456	37.891	259.239	480.586	701.934	923.281
	8.100.000	-104.346	119.768	343.883	567.997	792.111	1.016.226
	8.200.000	-25.236	201.645	428.526	655.408	882.289	1.109.170
	8.300.000	53.874	283.522	513.170	742.818	972.466	1.202.114
	8.400.000	132.984	365.399	597.814	830.229	1.062.644	1.295.058
	8.500.000	212.094	447.276	682.458	917.639	1.152.821	1.388.003
	8.600.000	291.204	529.153	767.101	1.005.050	1.242.998	1.480.947
	8.700.000	370.314	611.030	851.745	1.092.460	1.333.176	1.573.891
	8.800.000	449.424	692.907	936.389	1.179.871	1.423.353	1.666.835
	8.900.000	528.535	774.784	1.021.033	1.267.282	1.513.531	1.759.780
9.000.000	607.645	856.660	1.105.676	1.354.692	1.603.708	1.852.724	

Abbildung 5: Sensitivitätsanalyse – Entwicklung der Kapitalwerte für eine Investition in eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW in Deutschland in Abhängigkeit von der Höhe der Vergütung für die Energieerzeugung

Eine Vergütung von 6,39 Cent/kWh ergibt sich beispielsweise bei der Anwendung eines Gütefaktors von 84,8 (entspricht einem Korrekturfaktor von 1,11689), der – gemäß Berechnungen der von den Betreibern veröffentlichten Referenzerträge – für die Klasse 7 m/s einschlägig ist. Folglich wird hier ein vergleichsweise hoher Ertrag unterstellt.

¹⁰ Vgl. Bundesnetzagentur, Beendete Ausschreibungen 2018 – Ergebnisse der Ausschreibungsrunden für Windenergie-Anlagen an Land 2018, abrufbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Wind_Onshore/BeendeteAusschreibungen/Ausschreibungen2018/Ausschreibungen2018_node.html.

¹¹ Zur Berechnung des Vergütungssatzes auf Basis des Gebotswerts und des Gütefaktors vgl. das Rechenmodul der Fachagentur Windenergie, abrufbar unter https://www.fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/EEG/FA_Wind_Rechenmodul_Korrekturfaktor_EEG_2017.xls.

Demgegenüber führt die Annahme eines Standorts der Klasse 6 m/s zu einem Gütefaktor von 64,1 (entspricht dem maximal zulässigen Korrekturfaktor von 1,29) und zu einem Vergütungssatz von 7,38 Cent/kWh.

Letztlich ist zu beachten, dass die durchschnittlichen, mengengewichteten Zuschlagswerte für Ausschreibungen für Windenergieanlagen an Land im Jahr 2018 eine steigende Tendenz aufweisen. Siehe hierzu die in Abbildung 6 angegebenen Werte.

Durchschnittliche, mengengewichtete Zuschlagswerte [Cent/kWh]	Februar 2018	Mai 2018	August 2018	Oktober 2018
		4,73	5,73	6,16

Abbildung 6: Ergebnisse der Ausschreibungsrunden für Windenergieanlagen an Land im Jahr 2018

Für Österreich erübrigt sich eine Sensitivitätsanalyse. Durch die Anwendung des Einspeisetarifs sind keine Auswirkungen potentiell unterschiedlicher Vergütungen auf die Entwicklung der Kapitalwerte zu untersuchen.

2.4. Ergebnisse im Überblick

Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Höhe der Kapitalwerte in Österreich und Deutschland nicht wesentlich voneinander abweicht. Die landesspezifischen Vergütungen für Energieerzeugung führen bei einer Gegenüberstellung der beiden Länder somit zu vergleichbaren Vorteilhaftigkeitsentscheidungen für Investitionen in Windkraftanlagen.

Im Detail ergibt sich aus den landesspezifischen Rahmenbedingungen – nicht nur unter Berücksichtigung der Vergütung für die Energieerzeugung –, dass der Kapitalwert in Deutschland bei demselben Ausmaß an Energieerzeugung tendenziell über dem Kapitalwert in Österreich liegt. Dies findet sich bei einer Variation sensibler Inputfaktoren bestätigt. Demzufolge ist eine Investition in Deutschland in dieselbe Anlage tendenziell bereits bei einer geringeren Energieerzeugung von Vorteil als dies bei einer Investition in Österreich der Fall ist. Oder anders gesagt: Bei demselben Ausmaß an Energieerzeugung wird in Deutschland eine höhere Überrendite erzielt als dies in Österreich der Fall ist.

Wie anhand des konkreten Beispielfalls – der Investition in eine Anlage des Typs VESTAS V112 – gezeigt wurde, reduziert sich der Vorteil einer Investition in die Windkraftanlage in Deutschland im Verhältnis zu Österreich mit einem steigenden Ausmaß an jährlicher Energieerzeugung. Die Vorteilhaftigkeit kehrt sich jedoch erst bei einer Energieerzeugung von mehr als 9,93 Mio. kWh um. Somit müsste die Energieerzeugung mehr als 9,93 Mio. kWh pro Jahr betragen, damit die Überrendite in Österreich diejenige in Deutschland übersteigt.

Die Ergebnisse lassen sich zusammenfassend auf folgende Ursachen zurückführen:

- (1) In Deutschland sinken die Vergütungshöhen pro erzeugter kWh bei einem höheren jährlichen Ertrag, wohingegen die Vergütung in Österreich unabhängig vom Ausmaß der Energieerzeugung ist.
- (2) Der Einspeisetarif wird in Österreich nicht über den vollen Zeitraum der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren gewährt, sondern nur über einen Zeitraum von 13 Jahren. Anschließend kommt eine niedrigere Vergütung zum Ansatz. Für Deutschland ergibt sich keine derartige Reduktion der Vergütung nach dem 13. Jahr.
- (3) Die Investitionskosten in Österreich sind etwas höher als in Deutschland, da die Investitionsnebenkosten in Österreich diejenigen in Deutschland übersteigen.

- (4) Die jährlichen fixen und variablen Kostenbestandteile der laufenden Auszahlungen bei einer Investition in eine Windkraftanlage sind in Österreich höher als in Deutschland.
- (5) Der auf die Ein- und Auszahlungen in Zusammenhang mit der Investition in eine Windkraftanlage in Österreich anzuwendende Diskontierungssatz übersteigt den für Investitionen in Deutschland relevanten Diskontierungssatz.

Erläuterungen zu diesen Ursachen und detaillierte Annahmen zu den Berechnungen sind dem nachfolgenden Abschnitt zu entnehmen.

3. Annahmen

Die Berechnung der Kapitalwerte für Investitionen in eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW erfolgt nach folgender Formel:

$$C_0 = A_0 + \sum_{t=1}^n (E_t - A_t) \cdot (1 + i)^{-t}$$

mit

C_0 = Kapitalwert zum Zeitpunkt $t = 0$

A_0 = Anschaffungsauszahlung zum Zeitpunkt $t = 0$

n = Nutzungsdauer

E_t = Einzahlungen zum Zeitpunkt t

A_t = Auszahlungen zum Zeitpunkt t

i = Diskontierungszinssatz

Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer wird mit 20 Jahren angesetzt;¹² Als Zeitpunkt der Investition ($t = 0$) wird der 01.01.2018 gewählt.

Anschaffungsauszahlung

Die Anschaffungsauszahlung setzt sich aus den Hauptinvestitionskosten und den Nebeninvestitionskosten zusammen. Für die Investition in eine Windkraftanlage in Deutschland mit einer Leistung zwischen 3 und 4 MW werden – in Anlehnung an eine Studie für den deutschen Markt – Hauptinvestitionskosten in Höhe von 1.100 EUR je kW installierte Leistung angenommen; bei den Nebeninvestitionskosten wird von 330 EUR je kW installierte Leistung ausgegangen.¹³ Dies ergibt eine Investitionssumme für eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW in Deutschland in Höhe von 4,93 Mio. EUR.

Für Österreich ist diese Investitionssumme um weitere Nebeninvestitionskosten zu erhöhen. Es kommen 135.000 EUR je MW installierte Leistung an Zahlungen für den Ausbau für Netze hinzu. Des Weiteren sind die Nebeninvestitionskosten um einen Betrag von 15.000 EUR zu erhöhen, der für Naturschutzmaßnahmen zum Zeitpunkt der Investition zu leisten ist. Insgesamt resultiert hieraus eine Investitionssumme für eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW in Österreich in Höhe von 5,41 Mio. EUR.

Laufende Einzahlungen

Für Österreich ergeben sich die laufenden Einzahlungen über die ersten 13 Jahre hinweg aus der Anwendung des gesetzlich vorgegebenen Einspeisetarifs für Ökostrom aus Windkraftanlagen bei Antragstellung im Jahr 2018 in Höhe von 8,2 Cent/kWh.¹⁴ Nach Ablauf der 13-jährigen Kontrahierungspflicht kommt eine Vergütung in Höhe des Marktpreises zur Anwendung. In dieser Studie wird ab dem Jahr 14 eine Vergütung in Höhe von 4,5 Cent/kWh unter Berücksichtigung einer Preissteigerungsrate von 2 % angesetzt. Der Ansatz der

¹² Siehe hierzu bereits die Ausführungen in Abschnitt 2.

¹³ Vgl. zu den Investitionskosten je kW installierte Leistung *Deutsche Windguard*, Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz – Teilvorhaben II e): Wind an Land – Zwischenbericht, März 2018, S. 41 und S. 44.

¹⁴ Vgl. zur Höhe des Einspeisetarifs § 7 Ökostromeinspeisetarifverordnung 2018 – ÖSET-VO 2018, BGBl. II 2017 vom 22.12.2017 und zur 13-jährigen Laufzeit § 5 ÖSET-VO 2018 iVm § 16 Abs. 1 ÖSG 2012.

Preissteigerungsrate wirkt sich auf die Höhe der Vergütung in den Jahren 15 bis 20 aus. Dies resultiert in einer Vergütung von circa 5,07 Cent/kWh im letzten Jahr der 20-jährigen Nutzungsdauer.

Die Vergütungen der Energieerzeugung für Deutschland basieren im Fall der Investition in eine Anlage des Typs VESTAS V112 auf den folgenden Werten:

Kennwerte Windkraftanlage	
Anlagentyp	VESTAS V112
Nabenhöhe	140 m
Durchmesser	112 m
Leistung	3,45 MW
Kennwerte Referenzertrag	
Bezugshöhe	100 m
Vmed in Bezugshöhe (100m)	6,45 m/s
Referenzgeschwindigkeit in NH	7,02 m/s
Referenzertrag	10.536 kWh

Tarifgebot	0,064 Cent/kWh
------------	----------------

Aus diesen Annahmen ergeben sich die nachstehenden Vergütungen:

Ertrag [MWh]	Gütefaktor [%]	Korrekturfaktor	Vergütung [€/MWh]
6.000	56,9	1,29	82,6
6.100	57,9	1,29	82,6
6.200	58,8	1,29	82,6
6.300	59,8	1,29	82,6
6.400	60,7	1,29	82,6
6.500	61,7	1,29	82,6
6.600	62,6	1,29	82,6
6.700	63,6	1,29	82,6
6.800	64,5	1,29	82,6
6.900	65,5	1,29	82,6
7.000	66,4	1,29	82,6
7.100	67,4	1,29	82,6
7.200	68,3	1,29	82,6
7.300	69,3	1,29	82,6
7.400	70,2	1,29	82,4
7.500	71,2	1,27	81,6
7.600	72,1	1,26	80,8
7.700	73,1	1,25	80,0
7.800	74,0	1,24	79,2
7.900	75,0	1,23	78,4
8.000	75,9	1,21	77,6
8.100	76,9	1,20	76,8
8.200	77,8	1,19	76,0
8.300	78,8	1,18	75,3

8.400	79,7	1,16	74,5
8.500	80,7	1,15	73,9
8.600	81,6	1,15	73,3
8.700	82,6	1,14	72,8
8.800	83,5	1,13	72,2
8.900	84,5	1,12	71,7
9.000	85,4	1,11	71,1
9.100	86,4	1,10	70,6
9.200	87,3	1,09	70,0
9.300	88,3	1,09	69,5
9.400	89,2	1,08	68,9
9.500	90,2	1,07	68,4
9.600	91,1	1,06	68,0
9.700	92,1	1,06	67,6
9.800	93,0	1,05	67,1
9.900	94,0	1,04	66,7
10.000	94,9	1,04	66,3
10.100	95,9	1,03	65,9
10.200	96,8	1,02	65,4
10.300	97,8	1,02	65,0
10.400	98,7	1,01	64,6
10.500	99,7	1,00	64,2
10.600	100,6	1,00	63,8
10.700	101,6	0,99	63,4
10.800	102,5	0,98	63,0
10.900	103,5	0,98	62,7
11.000	104,4	0,97	62,3

In der zweiten Variante bei Annahme einer fixen Vergütungshöhe in Ergänzung zu einer Sensitivitätsanalyse finden sich bereits im vorherigen Abschnitt ausführliche Erläuterungen zu den Berechnungen für die Einzahlungen in Deutschland. So basieren die Berechnungen für die Einzahlungen aus der Energieerzeugung auf den Verlautbarungen der Bundesnetzagentur zu den Zuschlagswerten bei Ausschreibungen für Windenergie an Land und durchschnittlichen Gütefaktoren. Für den Ausgangsfall ergeben sich die laufenden Einzahlungen aus der Multiplikation der Energieerzeugung in kWh mit einer Vergütung je kWh in Höhe von 7,03 Cent.

Laufende Auszahlungen

Die jährlichen Auszahlungen (u.a. für Wartung, Reparatur, Pacht, Versicherungen, Betriebsführung) setzen sich aus fixen und variablen Kostenbestandteilen zusammen. In Anlehnung an eine Studie für den deutschen Markt wird bei den Kapitalwertberechnungen für die laufenden Auszahlungen bei einer Investition in eine Windkraftanlage in Deutschland für die ersten 10 Jahre der Nutzungsdauer für fixe Kosten ein Betrag in Höhe von 29 EUR je kw installierte Leistung angesetzt; Für die Jahre 11 bis 20 erhöhen sich die fixe Kosten je kw

installierte Leistung auf 39 EUR. Zudem sind 0,6 Cent/kWh für die Jahre 1 bis 10 bzw. 0,8 Cent/kWh für die Jahre 11 bis 20 an variablen Kosten zu berücksichtigen.¹⁵

Die Bestimmung der laufenden Auszahlungen für die Berechnung der Kapitalwerte für Investitionen in Österreich basiert auf den Ausgangsdaten für den deutschen Markt. So wurden die fixen Kosten pro Jahr über die gesamte Nutzungsdauer hinweg um 0,87 EUR je kw installierte Leistung erhöht. Dies trägt den jährlichen Auszahlungen für Naturschutzmaßnahmen, die zusätzlich zu den entsprechenden Nebeninvestitionskosten anfallen und sich für eine Windkraftanlage mit einer Leistung von 3,45 MW auf jährlich circa 3.000 EUR belaufen, Rechnung. Die jährlichen Auszahlungen aufgrund von variablen Kosten sind für Österreich um 0,125 Cent/kWh zu erhöhen. Hierbei entfällt ein Anteil von 0,1 Cent/kWh auf das Netzverlustentgelt und das Systemdienstleistungsentgelt. Der Differenzbetrag von 0,025 Cent/kWh entspricht Zahlungen für den Anteil an Primärregelleistung.

Diskontierungssatz

Für den Diskontierungssatz wird für beide Länder eine Eigenkapitalquote in Höhe von 20 % angenommen.¹⁶ Der Eigenkapitalkostensatz wird einheitlich mit 7 % angesetzt.¹⁷ Die Fremdkapitalkosten belaufen sich auf 3 % für Deutschland und auf 3,5 % für Österreich.¹⁸ Der niedrigere Fremdkapitalkostensatz für Deutschland ist durch landesspezifische Fördermöglichkeiten begründet.¹⁹ Aus diesen Annahmen ergibt sich für Deutschland insgesamt ein Diskontierungssatz in Höhe von 3,8 % und für Österreich ein Diskontierungssatz in Höhe 4,1 %.

¹⁵ Zu den fixen und variablen Kosten vgl. *Deutsche Windguard*, Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz – Teilvorhaben II e): Wind an Land – Zwischenbericht, März 2018, S. 51.

¹⁶ Eine derartige Eigenkapitalquote wird etwa auch bei *Fraunhofer ISE*, Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, März 2018, abrufbar unter https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf, S. 11 unterstellt.

¹⁷ Vgl. zur Eigenkapitalrendite in Höhe von 7 % für den deutschen Markt *Fraunhofer ISE*, Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, März 2018, S. 11.

¹⁸ Zum Fremdkapitalkostensatz für Deutschland – auch mit einem Vergleich mehrerer Studien – siehe *Deutsche Windguard*, Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz – Teilvorhaben II e): Wind an Land – Zwischenbericht, März 2018, S. 36 und S. 51.

¹⁹ So besteht in Deutschland die Möglichkeit, durch die Inanspruchnahme von KfW-Darlehen eine günstigere Fremdkapitalfinanzierung zu erreichen. Siehe hierzu bspw. *Fraunhofer ISE*, Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, März 2018.