



Leipziger Institut
für Energie

KURZBERICHT

Weiterentwicklung Referenzertragsmodell

VORANALYSEN IM RAHMEN WETTBEWERBLICHER AUSSCHREIBUNGEN

Auftraggeber:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Leipzig, 26.05.2015

Impressum

Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Scharnhorststr. 34-37
10115 Berlin

Auftragnehmer

Leipziger Institut für Energie GmbH
Lessingstraße 2
04109 Leipzig

Ein Unternehmen der 
Technischen Universität Hamburg-Harburg
und der TuTech Innovation GmbH

Bearbeitung

[Doris Falkenberg \(Büro Hamburg\)](#)
Telefon 040 / 7 66 29 25 72
E-Mail Doris.Falkenberg@ie-leipzig.com

[Alexander Schiffler](#)

Laufzeit

Mai 2015

Datum

Hamburg / Leipzig, 26.05.2015

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einführung	5
2 Annahmen	6
3 Untersuchte Varianten	7
3.1 Anpassungen für einen Förderzeitraum von 20 Jahren	7
3.2 Anpassungen für einen Förderzeitraum größer als 20 Jahre	9
3.3 Exponentialfunktionen	11
3.4 Lineare Funktionen und variierende Anfangsvergütungshöhen	12
4 Verzeichnisse	18
Abbildungsverzeichnis	19
Tabellenverzeichnis	20
Literaturverzeichnis	21

Zusammenfassung

Im Rahmen der Diskussionen zum Ausschreibungsdesign für die Windenergie an Land geht das Leipziger Institut für Energie GmbH (IE Leipzig) der Frage nach, wie das gegenwärtige zweistufige Referenzertragsmodell weiterentwickelt werden kann, um eine wettbewerbliche Preisfindung zwischen den Standorten im Rahmen einer Auktion anzureizen. Die Analyse konzentriert sich auf notwendige Anfangsvergütungszeiträume und die Höhe der Anfangsvergütung. Durch die Weiterentwicklung wird eine vergleichbare und angemessene Wirtschaftlichkeit für einen bundesweiten Zubau der Windenergie angestrebt. Vergleichswert für die mögliche Projektrendite ist dabei ein Interner Zinsfuß (IRR) in Höhe von 4,16 %.

In der zweistufigen Struktur des Referenzertragsmodells zeigen die untersuchten Variationen für das Jahr 2015, dass bei einem Anfangswert von 8,9 ct/kWh und einem Grundwert von 4,95 ct/kWh die Standortqualität von 70 % die angestrebte IRR in Höhe von 4,16 % nicht erreicht. Sie erzielt diese unter definierten Bedingungen mit 20,7 Jahren. Für die Standortqualitäten im Bereich von 130 % bis 150 % ist in dem gesetzten Rahmen ein Anfangsvergütungszeitraum kleiner als fünf Jahre ausreichend.

Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen ist eine Trendfunktion, die sich aus folgender Variante ableitet: maximaler Zeitraum der Anfangsvergütung von 20,7 Jahren für Anlagen mit einer Standortqualität von 70 % und kleiner sowie einem minimalen Zeitraum der Anfangsvergütung von drei Jahren für Anlagen mit einer Standortqualität von 130 % und größer.

Die so ermittelte Exponentialkurve wird anschließend jeweils auf den 70- und 80%-Standort ausgerichtet, um hier genau eine IRR von 4,16 % zu erreichen.

Dies führt dazu, dass sich bei einer Mehrzahl der weiteren Standortkategorien die IRR erhöht oder der angestrebte Wert von 4,16 % nicht mehr erreicht wird.

Daher werden im nächsten Schritt, ausgehend von den benötigten Anfangsvergütungszeiträumen pro Standortkategorie mit einer IRR von 4,16 %, lineare Teilabschnitte im Bereich von 70 % bis 150 % definiert. Es zeigt sich, dass mit vier linearen Teilbereichen annähernd gleiche IRR-Werte über die betrachteten Standortkategorien ermittelt werden können. Beschränkt man sich auf drei lineare Bereiche, sind die IRR-Abweichungen zwischen den einzelnen Standortkategorien größer.

Im letzten Teil der Untersuchung wird für die definierten Teilabschnitte analysiert, welche Auswirkungen je Standortkategorie unterschiedliche Anfangsvergütungswerte ergeben. Dabei zeigt sich grundsätzlich, dass mit einer Erhöhung der Anfangsvergütung die IRR-Werte in den einzelnen Standortkategorien ansteigen, mit geringeren Anfangswerten sinken diese. Gleichzeitig wird deutlich, dass für die Standortqualitäten ab 120 % und größer die prozentualen IRR-Abweichungen gegenüber dem Basisfall (8,9 ct/kWh) geringer ausfallen.

1 Einführung

Das Referenzertragsmodell regelt die standortspezifische Förderung von Windenergieanlagen nach dem EEG seit dessen Einführung im Jahre 2000. Im Rahmen der hier durchgeführten Voruntersuchungen wird geprüft, ob für dieses bestehende Modell eine Weiterentwicklung möglich ist, um bei der anstehenden wettbewerblichen Ermittlung der Förderhöhe eine ausreichend gerechte Grundlage für die Standortdifferenzierung zu liefern.

Ziel dieser Untersuchung ist es, in den gewählten Rahmenseetzungen eine Funktion zu ermitteln, die den einzelnen Standortkategorien eine vergleichbare und angemessene Wirtschaftlichkeit bei variierenden Anfangswerten ermöglichen kann. Diese Vorarbeiten sollen Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Referenzertragsmodells aufzeigen. Denn unklar ist, ob das Referenzertragsmodell im Rahmen von Ausschreibungen in seiner jetzigen Struktur (zweistufig, 20 Jahre Vergütung) sinnvoll zur Standortdifferenzierung bei der Windenergie an Land herangezogen werden kann.

Grundlage dieser Untersuchung sind die Arbeiten des IE Leipzig, die im Rahmen des wissenschaftlichen

Vorhabens zur Evaluierung des EEG für die Sparte Windenergie (FKZ 03MAP262) durchgeführt wurden.

In Abhängigkeit von der Windstandortgüte (angegeben in Prozent des Referenzertrags nach Anlage 2 zum EEG 2014) zeigt sich eine Bandbreite an Stromgestehungskosten (siehe Abbildung 1). Um die ökonomische Sinnhaftigkeit für eine Investitionsentscheidung methodisch beurteilen zu können, wird bei den untersuchten Varianten im Kapitel 3 die Interne Zinsfußmethode (Internal Rate of Return, IRR) herangezogen. Sie spiegelt die Projektrendite über die kalkulatorische Laufzeit einer Anlage wider. Dabei soll der errechnete Interne Zinsfuß (IRR) im Rahmen dieser Analysen den gesetzten Zielwert erreichen.

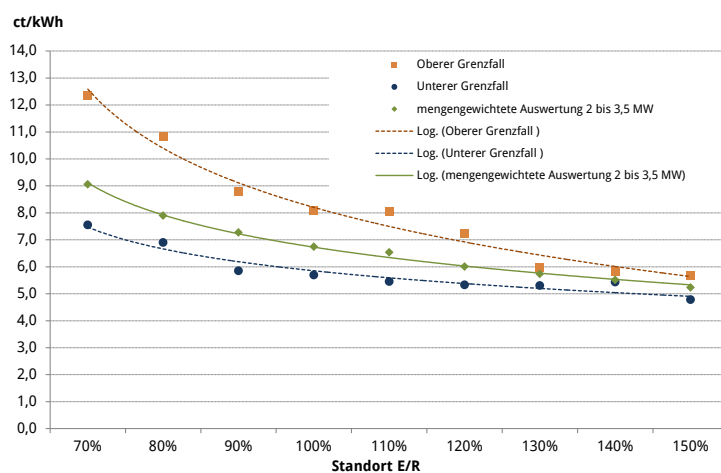


Abbildung 1 Bandbreite der Stromgestehungskosten für Windenergieanlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW
Quelle: [IE Leipzig 2014]; Darstellung: IE Leipzig 2015

2 Annahmen

Die Annahmen basieren auf den Arbeiten, die im Rahmen des wissenschaftlichen Vorhabens zur Evaluierung des EEG für die Sparte Windenergie durchgeführt wurden.

Investitionskosten und Vollbenutzungsstunden

Für die einzelnen Standortkategorien werden nachfolgende Investitionskosten und Vollbenutzungsstunden abgeleitet (siehe Tabelle 1 und Tabelle 2). Grundlage der Untersuchungen in Kapitel 3 sind die Angaben für das Jahr 2015.

Tabelle 1 Investitionskosten (2 bis 3,5 MW)
Quelle: IE Leipzig 2015

Standort (E/R)	2013 [€/kW]	2014 [€/kW]	2015 [€/kW]
70%	1.617	1.603	1.574
80%	1.544	1.530	1.503
90%	1.491	1.478	1.452
100%	1.362	1.350	1.326
110%	1.283	1.272	1.249
120%	1.319	1.307	1.284
130%	1.314	1.302	1.279
140%	1.285	1.274	1.251
150%	1.217	1.206	1.185

Tabelle 2 Vollbenutzungsstunden (2 bis 3,5 MW)
Quelle: IE Leipzig 2015

mittlere VBH Standort E/R	2013	2014	2015
70%	2.006	2.026	2.046
80%	2.350	2.374	2.397
90%	2.587	2.613	2.639
100%	2.681	2.708	2.735
110%	2.667	2.694	2.721
120%	3.187	3.219	3.251
130%	3.490	3.525	3.560
140%	3.676	3.713	3.750
150%	3.868	3.907	3.946

Die Investitionskosten und die für die Berechnung angesetzten Vollbenutzungsstunden von Windenergieanlagen der 2,0- bis 3,5-MW-Klasse werden im wissenschaftlichen Bericht [IE Leipzig u.a. 2014] ausführlich hergeleitet (für das Jahr 2013 siehe zusammenfassend Kapitel 6.2.6, u.a. Tabelle 21). Die prognostizierten Entwicklungen für 2014 und 2015 basieren auf Annahmen zu möglichen Ertragssteigerungen und Kostensenkungen [ebenda, Kapitel 6.4.1 und 6.4.2].

Finanzierungsparameter

Die angesetzten Kapitalanteile und Kapitalzinsen führen zu einem kalkulatorischen Mischzins in Höhe von 4,16 %¹ (entspricht dem Zielwert für die IRR).

- Fremdkapitalanteil: 80,00 %
- Eigenkapitalanteil: 20,00 %
- Eigenkapitalzins: 10,00 %
- Fremdkapitalzins: 2,70 %

Betriebskosten

Die Betriebskosten werden aus dem wissenschaftlichen Bericht übernommen. Die Kosten für die Direktvermarktung sind enthalten (siehe Kapitel 6.2.6, Tabelle 22, Fall A der Sensitivitätsanalyse). Für die 1. Dekade werden Betriebskosten in Höhe von 2,50 ct/kWh und in der 2. Dekade in Höhe von 3,10 ct/kWh angenommen.

¹Zum Vergleich: die Höhe des kalkulatorischen Mischzins im wissenschaftlichen Bericht liegt bei 4,64 %; die Unterschiede ergeben sich aufgrund des Fremd- und Eigenkapitalzins.

3 Untersuchte Varianten

Die zu prüfenden Kernfragen zur Weiterentwicklung des Referenzertragsmodells lauten: „Unter welchen Bedingungen lässt sich für die Bandbreite der Standortkategorien von 70 % bis 150 % ein Interner Zinsfuß (IRR) erwirtschaften, der sich dem gesetzten Zielwert in Höhe von 4,16 % weitgehend annähert? Welche Auswirkungen zeigen sich für eine daraus abgeleitete Funktion unter variierenden Anfangsvergütungshöhen?“

Durch unterschiedliche Varianten-Berechnungen in den nachfolgenden Kapiteln 3.1 bis 3.4 wird diesen Fragen nachgegangen.

3.1 Anpassungen für einen Vergütungszeitraum von 20 Jahren

Im ersten Schritt der Untersuchung wird geprüft, welche Anfangsvergütungszeiträume sich unter den in Kapitel 2 gesetzten Annahmen mit einer Anfangsvergütung von 8,9 ct/kWh und einem Grundwert von 4,95 ct/kWh ergeben. Analysen für ein modifiziertes Referenzertragsmodell nach EEG 2014 schließen sich an.

Variiert wird der minimale Zeitraum der Anfangsvergütung (betrachtet werden fünf oder drei Jahre) sowie die kleinste berücksichtigte Standortqualität (kleiner oder gleich 70 % bzw. 80 %). In Tabelle 3 sind die Variationen aufgelistet, die Ergebnisse in grafischer Form zeigen die Abbildung 2 bis Abbildung 5.

Tabelle 3 Untersuchte Varianten für einen Anfangsvergütungszeitraum von 20 Jahren
Quelle: IE Leipzig 2015

Varianten	Maximaler Zeitraum Anfangsvergütung	Standortqualität	Minimaler Zeitraum Anfangsvergütung	Standortqualität
Variante 1 a "5 Jahre/130%; 20 Jahre/80%"	20 Jahre	80 % und kleiner	5 Jahre	130 % und größer
Variante 1 b "5 Jahre/130%; 20 Jahre/70%"	20 Jahre	70 % und kleiner	5 Jahre	130 % und größer
Variante 2 a "3 Jahre/130%; 20 Jahre/80%"	20 Jahre	80 % und kleiner	3 Jahre	130 % und größer
Variante 2 b "3 Jahre/130%; 20 Jahre/70%"	20 Jahre	70 % und kleiner	3 Jahre	130 % und größer

In den Abbildungen stellen die blau markierten Punkte die notwendigen Anfangsvergütungszeiträume dar, die zu einer IRR von 4,16 % an den verschiedenen Standorten unter den Eingangsparametern führen. Dies kann nicht für den 70%-Standort mit einem Anfangswert von 8,9 ct/kWh erzielt werden. Daher ist diese Standortkategorie nicht mit einem blauen Punkt gekennzeichnet und auch nicht auf der blauen Kurve abgebildet.

Die rote Kurve zeigt die Ergebnisse für die untersuchten Varianten. Weicht die blaue Kurve (benötigter Anfangsvergütungszeitraum) von der roten Kurve (berechnete Varianten 1a bis 2b) ab, zeigt dies eine Unter- bzw. Überdeckung der Kosten.

Ergebnisse

Bei einem maximalen Anfangsvergütungszeitraum von 20 Jahren und einem Anfangswert in Höhe von 8,9 ct/kWh kann für die Standortqualität von 70 % die angestrebte IRR von 4,16 % nicht erreicht werden. Es lassen sich lediglich 3,91 % errechnen. Der 20-Jahre-Wert ist daher in den Kurven der Varianten kursiv abgebildet

Um den 80%-Standort angemessen zu vergüten, d.h. um ihn nicht zu bevorteilen (siehe in Abbildung 2 Abstand rot und blau am 80%-Standort), ist der maximale Zeitraum der Anfangsvergütung nicht für den 80%-Standort, sondern kleiner anzusetzen. Gewählt wurde hier der 70%-Standort (siehe Abbildung 3). Eine angemessene Vergütung der 130- bis 150%-Standorte setzt voraus, dass unter den gewählten Bedingungen der Anfangsvergütungszeitraum kleiner als fünf Jahre ist. Der hier gewählte Mindestvergütungszeitraum der Anfangsvergütung von drei Jahren erfüllt diesen Anspruch (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5).

Abschließend betrachtet zeigen sich die besten Ergebnisse für folgende Variante: maximaler Zeitraum der Anfangsvergütung von 20 Jahren für Anlagen mit einer Standortqualität von 70 % und kleiner sowie einem minimalen Zeitraum der Anfangsvergütung von drei Jahren für Anlagen mit einer Standortqualität von 130 % und größer (Variante 2b, siehe Abbildung 5). Hier ergeben sich die größten Übereinstimmungen mit den benötigten Anfangsvergütungszeiträumen.

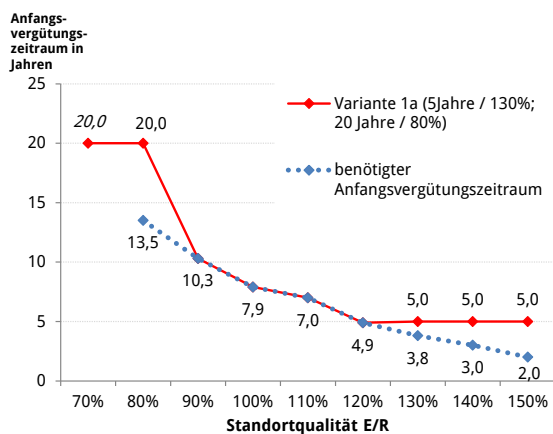


Abbildung 2 Variante 1a (5 Jahre/130%; 20 Jahre/80%)
Quelle: IE Leipzig 2015

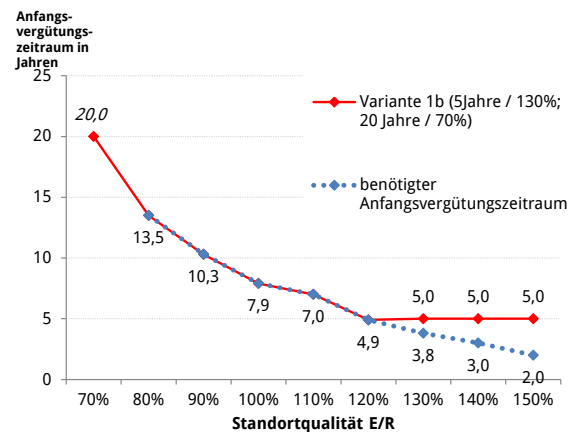


Abbildung 3 Variante 1b (5 Jahre/130%; 20 Jahre/70%)
Quelle: IE Leipzig 2015

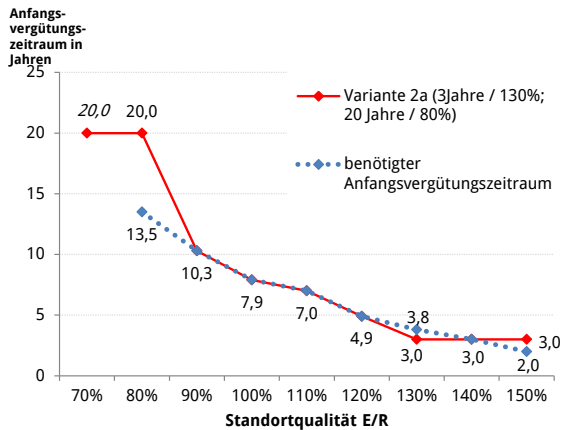


Abbildung 4 Variante 2a (3 Jahre/130%; 20 Jahre/80%)
Quelle: IE Leipzig 2015

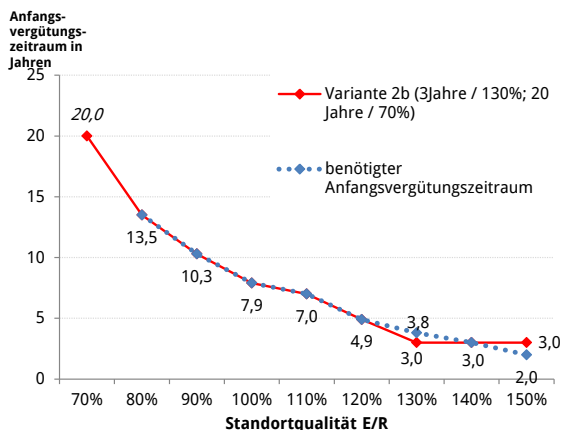


Abbildung 5 Variante 2b (3 Jahre/130%; 20 Jahre/70%)
Quelle: IE Leipzig 2015

Sucht man nach einer Trendfunktion für den benötigten Anfangsvergütungszeitraum von maximal 20 Jahren und einem Anfangswert von 8,9 ct/kWh, so ergibt sich eine Exponentialfunktion, deren Verlauf in Abbildung 6 dargestellt wird. Die damit verknüpfte Funktion beschreibt die Formel 1.

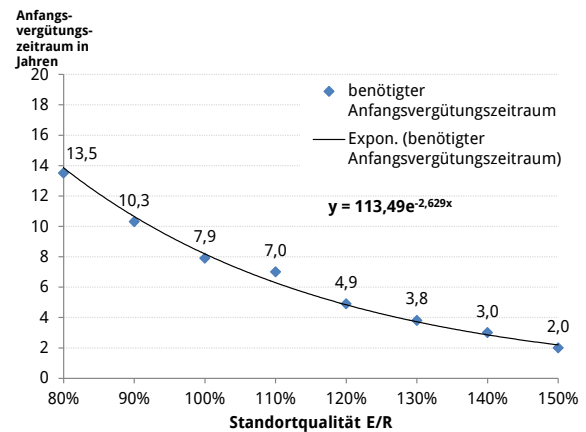


Abbildung 6 Funktion für benötigten Zeitraum der Anfangsvergütung (Maximum 20 Jahre; Anfangswert: 8,9 ct/kWh)
Quelle: IE Leipzig 2015

Formel 1 Funktion für einen Anfangsvergütungszeitraum von maximal 20 Jahren

$$y = 113,49e^{-2,629 \cdot \frac{E}{R}}$$

- E: Prognostizierter Energieertrag am Standort
- R: Referenzertrag der Anlage

3.2 Anpassungen für einen Vergütungszeitraum größer als 20 Jahre

Damit schließt sich die Frage an, welcher Zeitraum der Anfangsvergütung in dieser Modellanalyse für den 70%-Standort benötigt wird. Für die Berechnung gewählt wurde eine kalkulatorische Nutzungsdauer von 25 Jahren. Die berechneten Varianten (siehe Tabelle 4) variieren den minimalen Zeitraum der Anfangsvergütung (fünf oder drei Jahre).

Durch Abbildung 7 und Abbildung 8 wird sichtbar, dass der 70%-Standort mit 20,7 Jahren maximaler Anfangsvergütung die angestrebte IRR von 4,16 % erreicht. Wird ein minimaler Anfangsvergütungszeitraum von drei Jahren gewählt, werden in diesem Berechnungsmodell auch die Standortkategorien 130 % bis 150 % angemessen erfasst.

Tabelle 4 Untersuchte Varianten für einen Anfangsvergütungszeitraum von 25 Jahren
Quelle: IE Leipzig 2015

Varianten	Maximaler Zeitraum Anfangsvergütung	Standortqualität	Minimaler Zeitraum Anfangsvergütung	Standortqualität
Variante 3 a "5 Jahre/130%; 25 Jahre/70%"	25 Jahre	70 % und kleiner	5 Jahre	130 % und größer
Variante 3 b "3 Jahre/130%; 25 Jahre/70%"	25 Jahre	70 % und kleiner	3 Jahre	130 % und größer

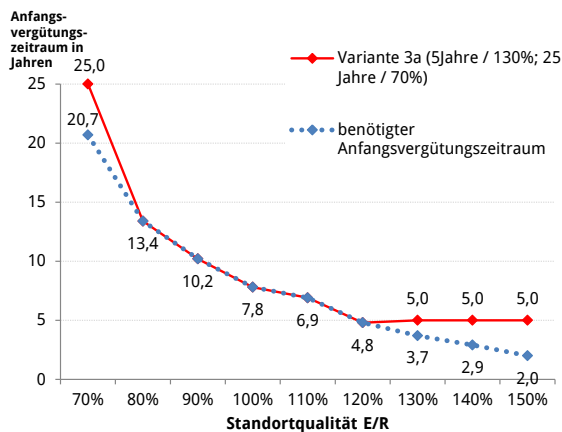


Abbildung 7 Variante 3a (5 Jahre/130%; 25 Jahre/70%)
Quelle: IE Leipzig 2015

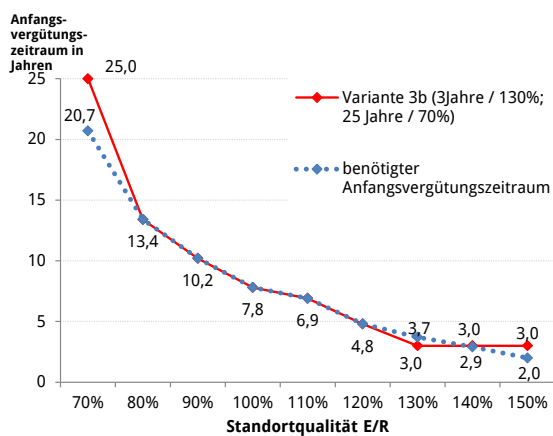


Abbildung 8 Variante 3b (3 Jahre/130%; 25 Jahre/70%)
Quelle: IE Leipzig 2015

Für die Trendfunktion bei einem Anfangsvergütungszeitraum von maximal 25 Jahren ergibt sich erneut eine Exponentialfunktion (siehe Abbildung 9 und Formel 2).

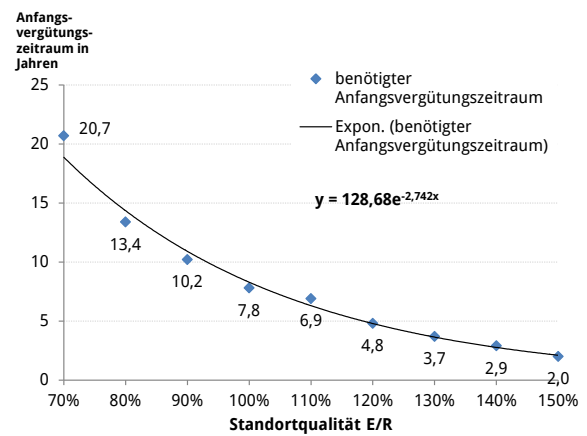


Abbildung 9 Funktion für benötigten Zeitraum der Anfangsvergütung (Maximum 25 Jahre, Anfangswert: 8,9 ct/kWh)
Quelle: IE Leipzig 2015

Formel 2 Funktion für einen Anfangsvergütungszeitraum von 25 Jahren
$$y = 128,68e^{-2,742 \cdot \frac{E}{R}}$$

- E: Prognostizierter Energieertrag am Standort
- R: Referenzertrag der Anlage

3.3 Exponentialfunktionen

Geeignet für die weitere Betrachtung der Standortkategorien 70 % bis 150 % ist damit die in Formel 2 dargestellte Funktion, die sich aus den genannten Annahmen (siehe Kapitel 2), einem Anfangswert von 8,9 Cent/kWh, einem Grundwert von 4,95 ct/kWh und einer kalkulatorischen Nutzungsdauer von 25 Jahren ableiten lässt.

Da die Punkte für den 70- und 80%-Standort über die Exponentialkurve vergleichsweise schlecht abgebildet werden, wird die Kurve jeweils am 70- und 80%-Standort auf eine IRR von 4,16 % eingestellt. Es soll ermittelt werden, wie sich der interne Zinsfuß als Maßgröße für die Mindestrendite über alle Standortkategorien hinweg entwickelt.

Die sich daraus ergebenden Veränderungen für den Anfangsvergütungszeitraum werden durch die Abbildung 10 visualisiert, die Auswirkungen auf den internen Zinsfuß sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Durch die Anpassung der Kurve auf den 70%-Standort (dies entspricht einer Anhebung), erhält dieser das Mindestmaß mit einer IRR von 4,16 %, gleichzeitig erhöht sich der interne Zinsfuß aller weiteren Standortkategorien.

Wird die Kurve auf den 80%-Standort ausgerichtet (dies entspricht einer Absenkung der Ausgangskurve), erreicht die IRR bei der Mehrzahl der Standortkategorien nicht den angestrebten Prozentsatz von 4,16 %.

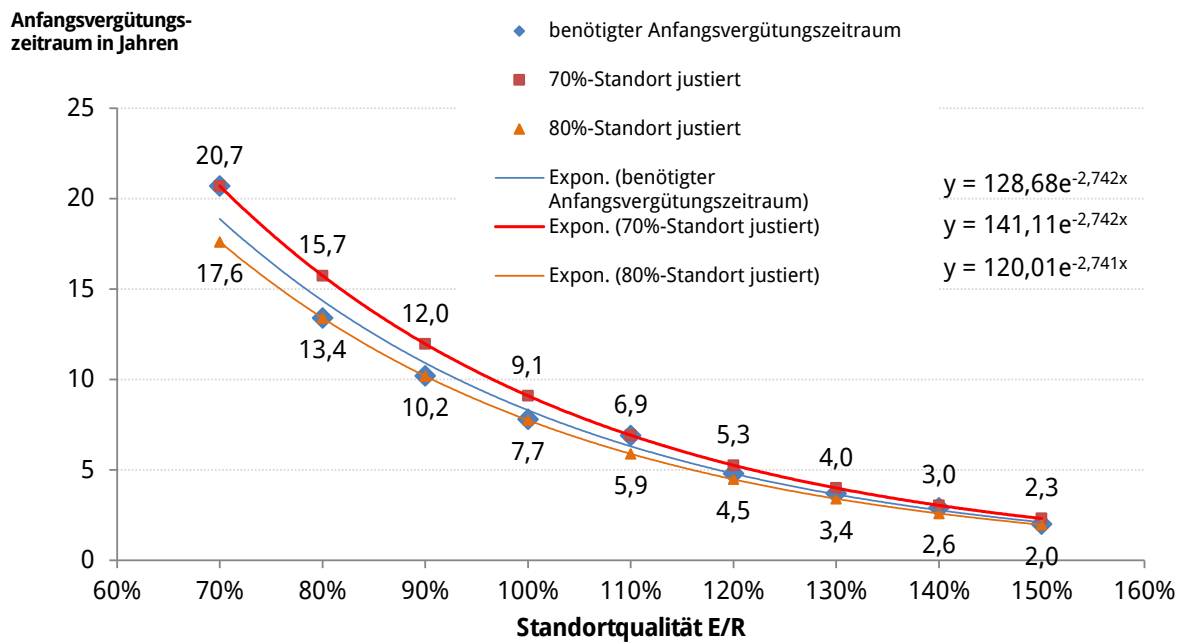


Abbildung 10 Anfangsvergütungszeiträume verschiedener Varianten (Anfangswert: 8,9 ct/kWh)
Quelle: IE Leipzig 2015

Tabelle 5 IRR je Standortkategorie nach Varianten für Exponentialfunktionen (Abbildung 10)
Quelle: IE Leipzig 2015

IRR je Standortkategorie (Anfangswert: 8,9 ct/kWh)	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%
Exponentialfunktion „Benötigter Anfangsvergütungszeitraum“	3,62%	4,65%	4,72%	4,73%	3,46%	4,21%	4,11%	3,89%	4,49%
Exponentialfunktion „70%-Standort justiert“	4,16%	5,25%	5,46%	5,52%	4,21%	5,00%	4,77%	4,35%	4,91%
Exponentialfunktion „80%-Standort justiert“	3,19%	4,16%	4,17%	4,10%	2,93%	3,74%	3,67%	3,55%	4,26%

3.4 Lineare Funktionen und variierende Anfangsvergütungshöhen

Löst man sich von der Exponentialfunktion und wählt als Ausgangsgrößen die benötigten Anfangsvergütungszeiträume pro Standortkategorie als Einzelpunkte, lassen sich lineare Funktionen entwickeln. Dafür sind lineare Teilabschnitte zu definieren. Dadurch kann besser gewährleistet werden, dass in diesem Modellansatz möglichst alle Standorte gleichgestellt werden. Dies lässt sich erneut über die IRR je Standortkategorie darlegen.

Untersucht wurden drei Varianten, Ausgangspunkt der Berechnungen sind die Anfangsvergütungszeiträume aus Abbildung 9 (siehe Kapitel 3.2).

Jede der drei entwickelten Varianten wurde aus unterschiedlichen linearen Teilabschnitten zusammengefügt (siehe Tabelle 6).

Für die Varianten A und B wurden drei lineare Teilabschnitte gebildet, für die Variante C wurden vier herangezogen.

Tabelle 6 Varianten mit linearen Teilabschnitten
Quelle: IE Leipzig 2015

Variante mit ihren linearen Teilabschnitten	A	B	C
70% bis 80%	X	X	X
80% bis 100%	X		X
80% bis 110 %		X	
100% bis 120%			X
100% bis 150%	X		
110% bis 150%		X	
120% bis 150%			X

Darauf aufbauend lassen sich für die Varianten A, B und C die in Tabelle 7 zusammengestellten IRR-Werte für die einzelnen Standortkategorien errechnen.

Tabelle 7 IRR-Ergebnisse für unterschiedliche lineare Varianten (Anfangswert: 8,9 ct/kWh)
Quelle: IE Leipzig 2015

IRR je Standortkategorie und Varianten	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%
Variante A	4,16%	4,16%	4,49%	4,21%	3,83%	5,16%	5,12%	4,35%	3,82%
Variante B	4,16%	4,16%	4,93%	5,43%	4,16%	5,61%	5,65%	4,93%	4,69%
Variante C	4,16%	4,16%	4,49%	4,21%	3,45%	4,22%	4,55%	4,27%	4,35%

Die Resultate in Tabelle 7 zeigen, dass mit vier linearen Teilbereichen (Variante C) annähernd gleiche IRR-Werte ermittelt werden können. Beschränkt man sich auf drei lineare Bereiche, sind die Abweichungen der einzelnen Standortkategorien untereinander größer. Die Variante A zeigt gegenüber der Variante B weniger starke Schwankungen.

Soll ein angepasstes Referenzertragsmodell im Rahmen von Ausschreibungen herangezogen werden, sind voraussichtlich (stark) variierende Anfangswerte zu berücksichtigen. Wählt man den Ansatz, die Ausgangsfunktion zur Berechnung des Anfangsvergütungszeitraumes nicht zu verändern – und lässt diese damit für unterschiedliche Ausschreibungsrunden konstant – ist zu prüfen, welche Auswirkungen sich je Standortkategorie bei unterschiedlichen Anfangswerten zeigen.

Dieser Aspekt wird hier folgendermaßen aufgegriffen: Für zwei ausgewählte Varianten werden je Standortkategorie vier Anfangswerte zugrunde gelegt. Darauf aufbauend wird erneut der interne Zinsfuß (IRR) berechnet.

Herangezogen werden die Varianten A und C mit den genannten linearen Teilabschnitten (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7; für Formeln und Anfangsvergütungszeiträume siehe Abbildung 11 und Abbildung 13).

Als Basisfall für den Anfangswert wird 8,9 ct/kWh gewählt. Der maximale Anfangswert wird auf 9,5 ct/kWh gesetzt. Darüber hinaus zählen 8,0 ct/kWh und 8,5 ct/kWh zur Auswahl der berücksichtigten Anfangswerte. Hierbei handelt es sich um mögliche Werte, die sich aus der Degression im Rahmen des EEG 2014 ergeben können.

Ergebnisse

Grundsätzlich zeigt sich, dass mit einer Erhöhung der Anfangsvergütung die IRR-Werte in den einzelnen Standortkategorien ansteigen, mit geringeren Anfangswerten sinken diese. Gleichzeitig wird deutlich, dass für die Standorte ab 120 % die prozentualen Abweichungen gegenüber dem Basisfall (8,9 ct/kWh) geringer ausfallen.

Bei einer Standortkategorie von 120 % und größer nähern sich bei den unterschiedlichen Anfangswerten die IRR-Werte, und damit die Projektrenditen, stärker an den Basisfall an. Im Gegensatz dazu zeigen die anderen Standortkategorien einen annähernd gleichbleibenden Abstand (siehe Abbildung 12 und Abbildung 14 sowie Tabelle 9 und Tabelle 11). Dies kann als Anzeichen gewertet werden, dass bei sinkenden Anfangsvergütungswerten ein Anreiz hin zu besseren Standorten erzielt wird.

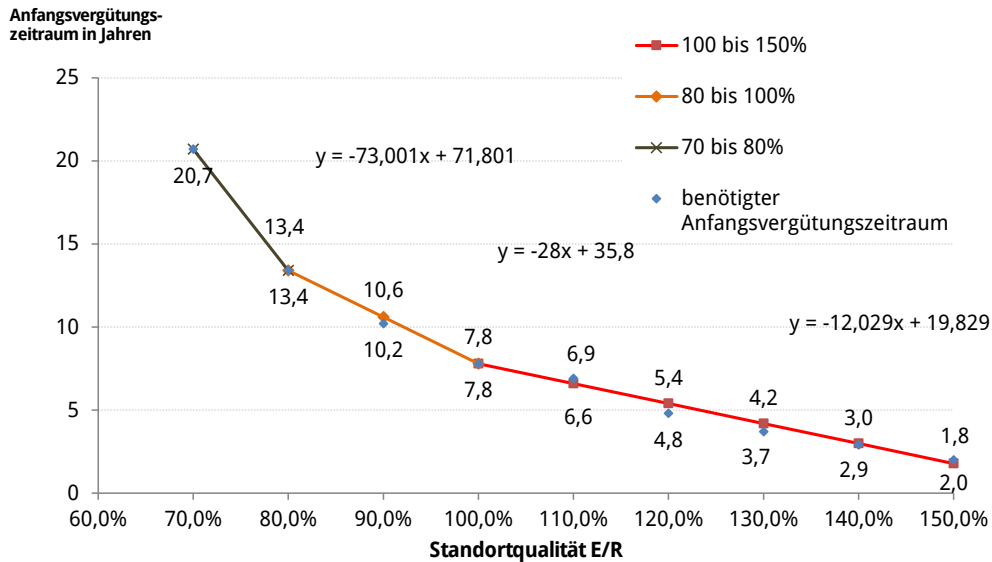


Abbildung 11 Anfangsvergütungszeiträume und Formeln² für drei lineare Teilabschnitte (Anfangswert: 8,9 ct/kWh)
Quelle: IE Leipzig 2015

Tabelle 8 IRR für verschiedene Anfangswerte
(Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 11)
Quelle: IE Leipzig 2015

IRR je Standortkategorie bei verschiedenen Anfangswerten	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%
8,9 ct/kWh	4,16%	4,16%	4,49%	4,21%	3,83%	5,16%	5,12%	4,35%	3,82%
9,5 ct/kWh	5,39%	5,62%	6,04%	5,74%	5,29%	6,63%	6,43%	5,34%	4,44%
8,5 ct/kWh	3,28%	3,15%	3,44%	3,20%	2,89%	4,21%	4,29%	3,72%	3,43%
8,0 ct/kWh	2,13%	1,86%	2,11%	1,96%	1,74%	3,07%	3,30%	2,97%	2,95%

² Das „x“ kann als E/R ergänzt werden (E = prognostizierter Energieertrag am Standort / R = Referenzertrag der WEA)

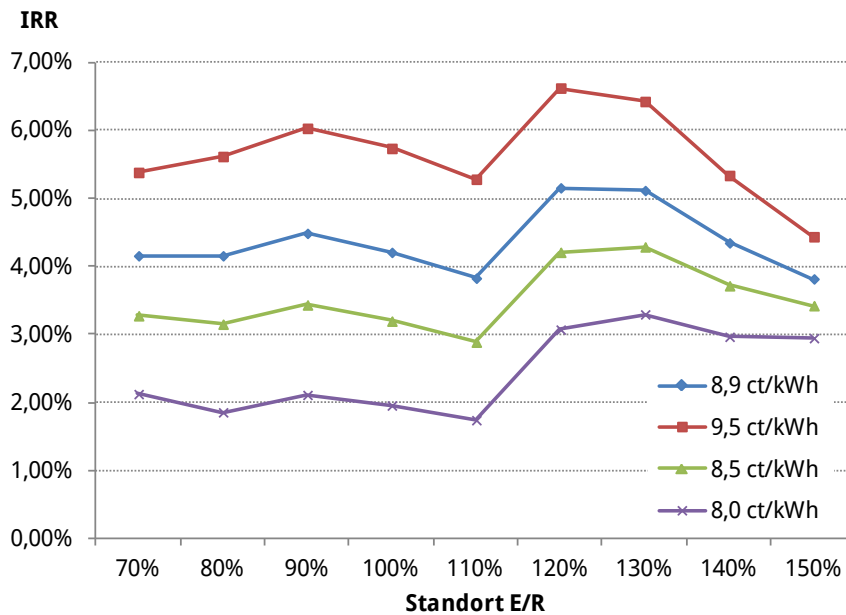


Abbildung 12 IRR für verschiedene Anfangswerte
(Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 11)
Quelle: IE Leipzig 2015

Tabelle 9 Prozentuale Abweichungen der IRR von verschiedenen Anfangswerten zum Basisfall
(Anfangsvergütungszeiträume über drei lineare Teilabschnitte)
Quelle: IE Leipzig 2015

Abweichungen der IRR zum Basisfall (8,9 ct/kWh) je Standortkategorie bei verschiedenen Anfangswerten	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%
9,5 ct/kWh	+29,6%	+35,1%	+34,5%	+36,3%	+38,1%	+28,5%	+25,6%	+22,8%	+16,2%
8,5 ct/kWh	-21,2%	-24,3%	-23,4%	-24,0%	-24,5%	-18,4%	-16,2%	-14,5%	-10,2%
8,0 ct/kWh	-48,8%	-55,3%	-53,0%	-53,4%	-54,6%	-40,5%	-35,5%	-31,7%	-22,8%

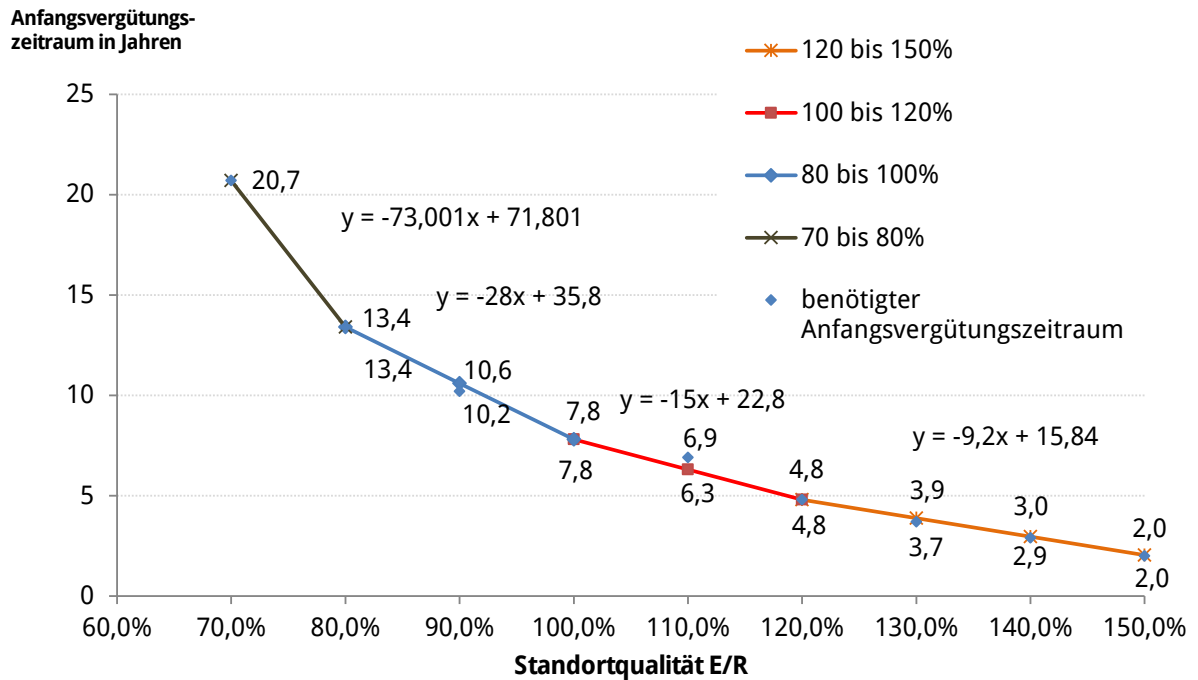


Abbildung 13 Anfangsvergütungszeiträume und Formeln³ für vier lineare Teilabschnitte (Anfangswert: 8,9 ct/kWh)
Quelle: IE Leipzig 2015

Tabelle 10 IRR für verschiedene Anfangswerte
(Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 13)
Quelle: IE Leipzig 2015

IRR	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%
8,9 ct/kWh	4,16%	4,16%	4,49%	4,21%	3,45%	4,22%	4,55%	4,27%	4,35%
9,5 ct/kWh	5,39%	5,62%	6,04%	5,74%	4,85%	5,54%	5,75%	5,24%	5,07%
8,5 ct/kWh	3,28%	3,15%	3,44%	3,20%	2,54%	3,38%	3,79%	3,65%	3,88%
8,0 ct/kWh	2,13%	1,86%	2,11%	1,96%	1,44%	2,37%	2,88%	2,91%	3,33%

³ Das „x“ kann als E/R ergänzt werden (E = prognostizierter Energieertrag am Standort / R = Referenzertrag der WEA)

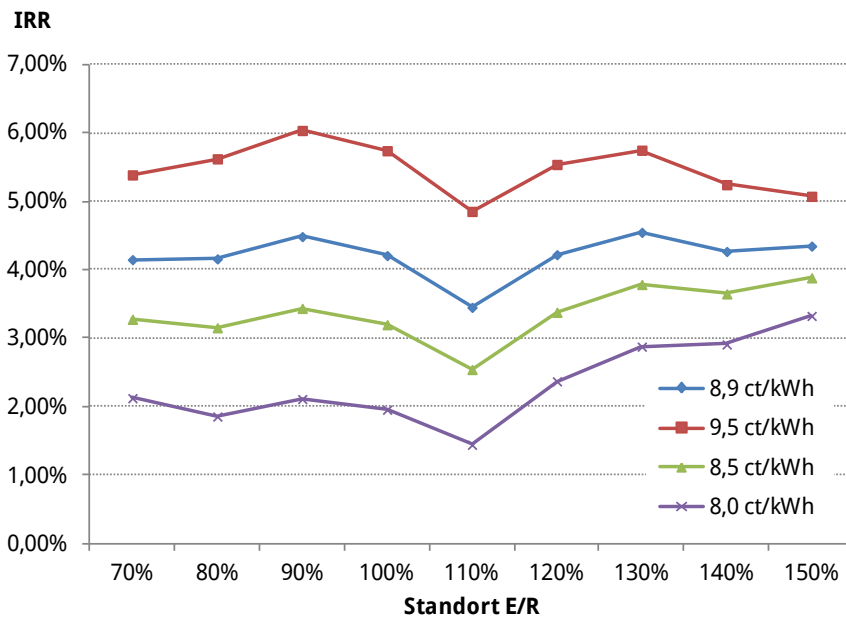


Abbildung 14 IRR für verschiedene Anfangswerte
(Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 13)
Quelle: IE Leipzig 2015

Tabelle 11 Prozentuale Abweichungen der IRR von verschiedenen Anfangswerten zum Basisfall
(Anfangsvergütungszeiträume über vier lineare Teilabschnitte)
Quelle: IE Leipzig 2015

Abweichungen der IRR zum Basisfall (8,9 ct/kWh) je Standortkategorie bei verschiedenen Anfangswerten	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%
9,5 ct/kWh	+29,6%	+35,1%	+34,5%	+36,3%	+40,6%	+31,3%	+26,4%	+22,7%	+16,6%
8,5 ct/kWh	-21,2%	-24,3%	-23,4%	-24,0%	-26,4%	-19,9%	-16,7%	-14,5%	-10,8%
8,0 ct/kWh	-48,8%	-55,3%	-53,0%	-53,4%	-58,3%	-43,8%	-36,7%	-31,9%	-23,4%

4 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis	19
Tabellenverzeichnis	20
Literaturverzeichnis	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Bandbreite der Stromgestehungskosten für Windenergieanlagen im Bereich von 2,0 bis 3,5 MW.....	5
Abbildung 2	Variante 1a (5 Jahre/130%; 20 Jahre/80%).....	8
Abbildung 3	Variante 1b (5 Jahre/130%; 20 Jahre/70%)	8
Abbildung 4	Variante 2a (3 Jahre/130%; 20 Jahre/80%).....	9
Abbildung 5	Variante 2b (3 Jahre/130%; 20 Jahre/70%)	9
Abbildung 6	Funktion für benötigten Zeitraum der Anfangsvergütung (Maximum 20 Jahre; Anfangswert: 8,9 ct/kWh).....	9
Abbildung 7	Variante 3a (5 Jahre/130%; 25 Jahre/70%).....	10
Abbildung 8	Variante 3b (3 Jahre/130%; 25 Jahre/70%)	10
Abbildung 9	Funktion für benötigten Zeitraum der Anfangsvergütung (Maximum 25 Jahre, Anfangswert: 8,9 ct/kWh).....	10
Abbildung 10	Anfangsvergütungszeiträume verschiedener Varianten (Anfangswert: 8,9 ct/kWh)...	11
Abbildung 11	Anfangsvergütungszeiträume und Formeln für drei lineare Teilabschnitte (Anfangswert: 8,9 ct/kWh).....	14
Abbildung 12	IRR für verschiedene Anfangswerte (Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 11).....	15
Abbildung 13	Anfangsvergütungszeiträume und Formeln für vier lineare Teilabschnitte (Anfangswert: 8,9 ct/kWh).....	16
Abbildung 14	IRR für verschiedene Anfangswerte (Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 13).....	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Investitionskosten (2 bis 3,5 MW)	6
Tabelle 2	Vollbenutzungsstunden (2 bis 3,5 MW)	6
Tabelle 3	Untersuchte Varianten für einen Anfangsvergütungszeitraum von 20 Jahren	7
Tabelle 4	Untersuchte Varianten für einen Anfangsvergütungszeitraum von 25 Jahren	10
Tabelle 5	IRR je Standortkategorie nach Varianten für Exponentialfunktionen (Abbildung 10)	12
Tabelle 6	Varianten mit linearen Teilabschnitten	12
Tabelle 7	IRR-Ergebnisse für unterschiedliche lineare Varianten (Anfangswert: 8,9 ct/kWh)	12
Tabelle 8	IRR für verschiedene Anfangswerte (Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 11).....	14
Tabelle 9	Prozentuale Abweichungen der IRR von verschiedenen Anfangswerten zum Basisfall (Anfangsvergütungszeiträume über drei lineare Teilabschnitte)	15
Tabelle 10	IRR für verschiedene Anfangswerte (Anfangsvergütungszeiträume der linearen Teilbereiche nach Abbildung 13).....	16
Tabelle 11	Prozentuale Abweichungen der IRR von verschiedenen Anfangswerten zum Basisfall (Anfangsvergütungszeiträume über vier lineare Teilabschnitte).....	17

Literaturverzeichnis

- IE Leipzig u.a. 2014 Leipziger Institut für Energie GmbH, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg und BioConsult GmbH & Co.KG (IE Leipzig u.a.): Vorhaben Iie - Stromerzeugung aus Windenergie, Wissenschaftlicher Bericht EEG 2012, FKZ 03MAP262, Hamburg/Husum, 2014.
- IE Leipzig 2015 Leipziger Institut für Energie GmbH (IE Leipzig): Marktanalyse Windenergie an Land. Untersuchung im Rahmen des Vorhaben Iie zur Stromerzeugung aus Windenergie, Hamburg, 2015.