

Vom Bruttoenergieertrag zum Nettoenergieertrag

Der Energieverlustfaktor Abschattungseffekt

von Jasmin Brenneis

Im Rahmen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2004 wurde auch die Technische Richtlinie für Windenergieanlagen Teil 6 (TR6) veröffentlicht. Diese sollte unter anderem den im EEG eingeführten Begriff des Referenzertrages und Standards für dessen Berechnung definieren. Seit dem Jahr der ersten Veröffentlichung hat die Technische Richtlinie zahlreiche Überarbeitungen erfahren. Sie wird in Deutschland als Standard für die Bestimmung des Windpotenzials und des Energieertrags zu Grunde gelegt und ist daher wesentliches Kriterium zur Akzeptanz von Versicherungen und Investoren.

Am 22. September 2014 wurde durch den Fachausschuss der Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien (FGW e.V.) die Revision 9 der Technischen Richtlinie 6 veröffentlicht. Diese neue Version enthält gegenüber den Vorgängerversionen zahlreiche Detaillierungen, wie Anforderungen an die

Repräsentativität der Eingangsdaten. Des Weiteren ist die Energieertragsberechnung wesentlich genauer beschrieben. Im Zuge dessen wurden die Begriffe des Brutto- und Nettoenergieertrags neu eingeführt und inhaltlich abgegrenzt. Der Bruttoenergieertrag wird auch als freier Energieertrag definiert. Der Nettoertrag wird durch die Berücksichtigung der Energieverlustfaktoren berechnet.¹

Die Energieverlustfaktoren sind in sechs Hauptgruppen und weitere Untergruppen unterteilt: Zu den Hauptgruppen zählen

neben dem Abschattungseffekt auch die Verfügbarkeit, die Elektrische Effizienz, das Leistungsverhalten der Anlagen, die Umgebungsbedingungen und Leistungseinschränkungen. Nicht jeder der aufgeführten Energieverlustfaktoren wird bei einer Windparkplanung berücksichtigt. Teilweise hängen die Energieverlustfaktoren auch von den Eingangsdaten ab. Beispielsweise kann bei der Berechnung mit Referenz-Windenergieanlagen davon ausgegangen werden, dass einige Verluste

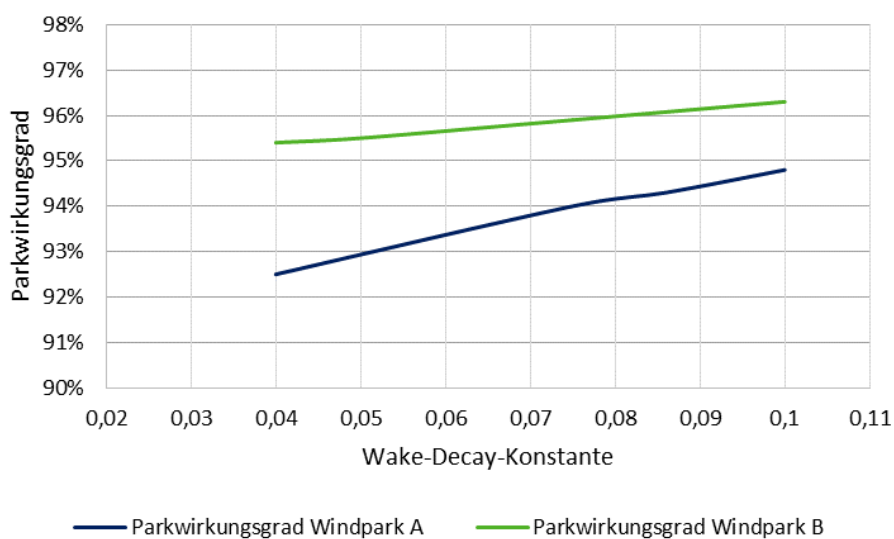


¹ Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien: Technische Richtlinien für Windenergieanlagen. Teil 6 Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen. 9. Auflage, Berlin 2014

bereits in den verwendeten Daten enthalten sind und nicht erneut berücksichtigt werden müssen. In der Praxis werden zur Berechnung verschiedener Energieverlustfaktoren Modelle verwendet und Erfahrungswerte herangezogen. Dabei stellt sich die Frage, wie gut diese Modelle die Realität abbilden können und welche Unsicherheiten in die Berechnungen einfließen.

Um die Aussagekraft der Modelle zur Berechnung der einzelnen Verlustfaktoren zu bewerten, können Realdaten aus einer oder mehreren Windkraftanlagen herangezogen werden. Jede Windkraftanlage sendet alle 10 Minuten Daten an die Betriebsführungssoftware, die unter anderem die momentane Windgeschwindigkeit, Leistung, Windrichtung, Außentemperatur und weitere Parameter am Standort enthalten. Des Weiteren werden von der Windkraftanlagen Statusdaten an die Betriebsführungssoftware gesendet. Sowohl die 10-Minuten-Daten als auch die Statusdaten sind zur Auswertung der einzelnen Energieverlustfaktoren notwendig. Ebenso hilft die Analyse der Modelle zur Feststellung der verschiedenen Eingangsparameter und ihrer Verluste.

Der Verlustfaktor „interner Abschattungseffekt“ ist auch als Parkwirkungsgrad bekannt und definiert sich wie folgt: Windkraftanlagen entnehmen dem Wind Energie und reduzieren so die Windgeschwindigkeit. Somit entsteht hinter einer Windkraftanlage eine Nachlaufströmung (engl. „Wake“), in der die Windgeschwindigkeit geringer ist und die Turbulenzen der Luftströmung erhöht sind. Diese Strömung



erholt sich mit zunehmendem Abstand zur Windkraftanlage, bis sie ihre Ausgangswindgeschwindigkeit erreicht. Die dahinter platzierten Windkraftanlagen haben aufgrund des „Windklaus“ einen geringeren Energieertrag.

Die Berechnung des Parkwirkungsgrades erfolgt mittels der Software WindPRO. Diese nutzt mit kleinen Modifikationen das Wake-Modell von N.O. Jensen: ein einfaches kinetisches Modell, welches das Windgeschwindigkeitsprofil über eine Ausbreitungskonstante (auch: Wake-Decay-Konstante) berechnet. Das Modell nimmt eine lineare Ausbreitung der Nachlaufströmung an und definiert sich über die Größe des Rotors und die Ausbreitungskonstante. In die Berechnung der Windgeschwindigkeit hinter einer Windkraftanlage gehen zudem auch die Ausgangswindgeschwindigkeit und der Abstand hinter dem Rotor ein.² All diese Eingangsparameter stellen jedoch im Gegen-

zug auch Unsicherheiten dar, welche die Vorhersagegenauigkeit des Effektes beeinflussen.

Während der Abstand zwischen den einzelnen Anlagen fest definiert ist, die Schubbeiwerte der Anlagen durch den Anlagenhersteller vermessen sind und die Größe des Rotors auch keine Unsicherheit darstellt, können die eingehende Windgeschwindigkeit und -richtung, die Größe des Windparks und somit die Überlagerungen der Nachlaufströmungen und die Wake-Decay-Konstante variieren und die Genauigkeit der Berechnung beeinflussen. Generell gilt bei der Größe des Windparks: Je weniger Anlagen in einem Windpark stehen, desto genauer kann die Vorhersage des Abschattungseffektes getroffen werden, da hier keine komplexen Überlagerungen der Nachlaufströmungen stattfinden. Zudem zeigt sich, dass auch die Komplexität des Geländes die Vorhersagegenauigkeit beeinflusst. Je komplexer das

² Nielsen, P.: WindPRO Benutzerhandbuch, Aalborg 2013

Gelände, desto ungenauer die eingehende Windstatistik und auch die Berechnung des Abschattungseffektes verliert an Genauigkeit. Die Windstatistik ist von großer Bedeutung, da hierin sowohl festgehalten wird, wie die Windrichtungsverteilung ausfällt und somit die Richtung der Nachlaufströmungen beeinflusst wird, zum anderen aber auch, wie die Windgeschwindigkeitsverteilung aufgestellt ist. Nach ihr richtet sich die Höhe der Ausgangswindgeschwindigkeit.

Eine andere Unsicherheit stellt die Wake-Decay-Konstante dar. Sie gibt an, wie stark sich die Wake-Decay-Konstante in die Breite bzw. in die Länge ausbreitet und berechnet sich über die Nabenhöhe einer Windkraftanlage und die Rauigkeit am jeweiligen Standort. Die Berechnungssoftware WindPRO empfiehlt einen Standardwert von 0,075 für Onshore-Windparks. Dabei stellt sich jedoch die Frage, wie sich eine standortspezifische Wake-Decay-Konstante auf den Parkwirkungsgrad auswirkt.

Berechnungen mit unterschiedlichen Wake-Decay-Konstanten zeigen: Die Wake-Decay-Konstante hat auf Windkraftanlagen, die in Hauptwindrichtung auf der Rückseite eines Windparks stehen, einen größeren Einfluss als auf Windenergieanlagen in erster Reihe. Zudem zeigt sich: je kleiner die Wake-Decay-Konstante, desto größer ist auch der Einfluss auf den Parkwirkungsgrad. In Abbildung 1 sind die Parkwirkungsgrade zweier Windparks, in Abhängigkeit der Wake-Decay-Konstante, dargestellt. Während Windpark A ein Windpark mit größerer Anlagenanzahl in der Mittelgebirgslandschaft ist, befindet sich Windpark B an der Nordseeküste und setzt sich aus drei Anlagen

zusammen. Es ist zu erkennen, dass die Wake-Decay-Konstante einen größeren Einfluss auf den Parkwirkungsgrad des Windparks A hat. Dies hängt sowohl mit der Größe des Windparks als auch mit der Rauigkeit des Standortes zusammen. Es ist jedoch auch ersichtlich, dass bei realitätsnahen Werten die Änderung des Abschattungseffektes nur minimal ist. Daher ist für die Planung und Berechnung des Abschattungseffektes die Eingabe des Standardwertes von 0,075 ausreichend.

Haftungsausschluss & Copyright:

Bild auf Seite 2: Horns Reef Wind Farm (Denmark), unter: <http://www.solaripedia.com/images/large/711.jpg> (Stand: 03. Mai 2016)

Sämtliche Informationen des 4initia Newsletters wurden mit höchster Sorgfalt erstellt. Für die Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität der Daten kann jedoch keine Gewähr übernommen werden. Alle Inhalte des 4initia Newsletters sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung von der 4initia GmbH unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Speicherung in elektronischen Systemen und das Weiterleiten per E-Mail.