

26 Statistik bestimmt die Wahl der Windturbine

Welcher Windturbinentyp liefert an welchem Standort die meiste Energie? Dazu müssen Sie wissen, wie hoch die Chancen für alle Windgeschwindigkeiten an diesem Ort sind. Die Weibullfunktion liefert diese Chance.



Nichts ist so variabel wie der Wind. Manchmal stürmt es, manchmal ist es windstill. Manchmal weht der Wind aus dem Westen, manchmal aus dem Osten. Aber wo immer man die Windgeschwindigkeit auf der Erde misst, ist die Chance auf eine bestimmte Windgeschwindigkeit durch eine mathematische Funktion gegeben, die Weibull-Funktion. Der schwedische Ingenieur und Wissenschaftler Waloddi Weibull beschrieb diese Funktion erstmals 1939.

Die Weibull-Funktion unterscheidet sich von der bekanntesten Verteilung aus der Statistik, der Standard- oder Normalverteilung. Die Standardverteilung ist symmetrisch; die Weibull-Funktion ist asymmetrisch. Es handelt sich eigentlich um eine Standardverteilung, die bei positiven Windgeschwindigkeiten abgetastet wird. Für die Weibull-Funktion zählt nur die Größe der Geschwindigkeit und nicht die Richtung. Wie bei einer Windkraftanlage spielt auch hier die Windrichtung keine Rolle, denn die Anlage dreht sich mit dem Wind.

In der Weibull-Funktion ist die Wahrscheinlichkeit der Windgeschwindigkeit Null sehr klein. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit steigt die Wahrscheinlichkeit zunächst bis zu einem bestimmten Maximum. Danach nimmt die Chance, die Windgeschwindigkeit zu erhöhen, langsam ab. Nur zwei Faktoren bestimmen, wie gestreckt oder spitz die Wahrscheinlichkeitsverteilung ist: ein Skalierungsfaktor und ein Formfaktor.

In den Niederlanden gibt es viele verschiedene Windgeschwindigkeiten, was bedeutet, dass die Weibull-Funktion weit über das ganze Land ausgedehnt ist. Auf der anderen Seite gibt es am Äquator relativ wenige unterschiedliche Windgeschwindigkeiten: Dort weht er entweder hart oder nicht. Dies führt zu einer stark ausgeprägten Weibull-Funktion. Bei der Installation einer Windkraftanlage oder eines Windparks ist es un-

erlässlich, die Weibull-Funktion am vorgesehenen Standort genau zu kennen. Denn damit ist es möglich, den zu erwartenden Energieertrag zu berechnen.

Kommunizierende Schiffe

„Um die Weibull-Funktion an einem bestimmten Standort zu bestimmen, muss man den Wind an diesem Standort mindestens ein Jahr lang kontinuierlich messen“, sagt der Professor für Windenergie Gerard van Bussel von der Technischen Universität Delft. „Wenigstens haben Sie alle Jahreszeiten einmal erlebt. Sie müssen dann die Informationen aus der gemessenen Weibull-Funktion mit den von den Turbinenherstellern gelieferten Informationen über die Beziehung zwischen Turbinenleistung und Windgeschwindigkeit für einen bestimmten Typ von Windturbinen kombinieren. Daraus können Sie berechnen, welche Windkraftanlage an diesem Standort am besten passt und wie hoch der geschätzte Energieertrag ist.“

Zuerst könnte man meinen, dass man sich für eine Windkraftanlage entscheiden sollte, die so viel Energie wie möglich liefert. In der Praxis sind die Energieunternehmen jedoch eher an einer möglichst zuverlässigen Versorgung mit einer bestimmten Energie interessiert. „Leider sind eine maximale Energieausbeute und maximale Zuverlässigkeit zwei kommunizierende Gefäße“, sagt van Bussel, „und so muss man sich zwischen beiden entscheiden. Dann mag es sein, dass Sie mit einer Fünf-Megawatt-Anlage die meiste Kilowattstunde produzieren, aber mit einer Zweieinhalb-Megawatt-Anlage liefern Sie die zuverlässigste Energie, einfach weil diese zweieinhalb Megawatt früher erreicht werden.“

Im Jahr 2014 werden die Niederlande 4,5% ihrer Energie aus Windkraft gewinnen, das sind 2.300 Megawatt. Der Plan für 2020 sieht vor, dass nicht weniger als zwölftausend Megawatt aus Wind kommen sollen, davon die Hälfte aus Onshore-Windparks und die andere Hälfte aus Offshore-Windparks.

Windmühlen auf See

Die Niederlande verfügen nun über zwei Offshore-Windparks: North Sea Wind in Egmond aan Zee und den Offshore-Windpark Prinses Amalia in IJmuiden. Bis 2020 sollen noch drei weitere hinzukommen. „Wir sind noch dabei zu lernen, wie man Windparks auf See baut“, sagt van Bussel. „Es ist nicht klug, landgestützte Turbinen auch auf See einzusetzen. Auf See verschleißten Windturbinen viel schneller, auch weil die Luft so salzig ist und der Wind stärker weht. Hinzu kommt, dass Reparaturen auf See teuer und bei weitem nicht jeden Tag möglich sind. Das erfordert robuste Turbinen.“

Viele Menschen unterschätzen die Anforderungen, die an Windkraftanlagen gestellt werden, sagt van Bussel. „Die größte Turbine der Welt hat Rotorblätter mit einem Durchmesser von hundertachtzig Metern. Das ist zweieinhalb Mal so lang wie das größte Passagierflugzeug der Welt, die A380. Und dieser Rotordurchmesser geht sogar bis zu zweihundertfünfzig Meter.“ Hinzu kommt, dass eine Windkraftanlage zwanzig Jahre

Abbildung 28: Beispiel für Weibull-Funktionen bei verschiedenen Formfaktoren (k).

lang ununterbrochen unter Bedingungen arbeiten muss, die mit den Start- und Landebedingungen eines Flugzeugs vergleichbar sind, also genau in den Momenten, in denen ein Flugzeug am meisten leidet. Van Bussel: „In zwanzig Jahren werden die Windturbinen gleich aussehen, aber sie werden alle clevere Tricks haben, so wie sich auch Autos und Flugzeuge in den letzten Jahrzehnten von Low-Tech zu High-Tech entwickelt haben. Aber die Weibull-Funktion bleibt unverändert.“