

Quantitative Due Diligence, Teil 1 - Sind Windenergieerträge normalverteilt?

von Lars Deckert

Ähnlich wie die Lage im Immobiliensektor ist die standortspezifische Windgeschwindigkeit der wichtigste Eingangsparameter der Ertragsberechnung und damit der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Windparkinvestition. Da die Windgeschwindigkeit in weiten Teilen der Leistungskennlinie einer Windenergieanlage kubisch in den Energieertrag eingeht, hat sie somit einen enormen Hebel. So hat beispielsweise eine Erhöhung der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 6,0 m/s auf 6,5 m/s eine Steigerung des Windenergieertrages um ca. 25% zur Folge. Eine möglichst genaue Einschätzung des Windstandortes ist somit essentiell, um die Machbarkeit, den wirtschaftlichen Erfolg und die Risiken des Projektes richtig beurteilen zu können. Die richtige Einschätzung des langfristig erzielbaren Windertrages (im Mittel der anstehenden 20-Jahres-Periode) ist hierbei ein wichtiger, aber nicht der einzige Aspekt. Auch wenn der durchschnittliche Windertrag in der Gesamtbetriebslaufzeit die Prognosewerte erreicht, so kann allein eine ungünstige Verteilung der Winderträge, die Wirtschaftlichkeit des Projektes enorm beeinflussen, insbesondere dann, wenn, wie in der Praxis üblich, Windparkinvestitionen zu großen Teilen kreditfinanziert werden. Was nützte es dem Betreiber, dass im 20-jährigen Mittel die Energieertragsprognose bestätigt wird, aber im dritten Jahr die Kredite nicht mehr bedient werden können. Aus dieser Erwägung heraus ist eine genauere Analyse der Verteilung

von Winderträgen so wichtig. Eine generelle Annahme bei der Bewertung von Windpotentialen und der daraus abgeleiteten Windenergieerträge, u.a. bei Windgutachten, ist, dass diese bei der Betrachtung der Überschreitungswahrscheinlichkeiten normalverteilt sind. Also, dass ausgehend vom prognostizierten Ertragserwartungswert einer Windkraftanlage Chancen und Risiken gleichverteilt sind. Diese Annahme ist insofern relevant, da die Überschreitungswahrscheinlichkeiten dem Investor dazu dienen, die eigene Risikoneigung zu bestimmen und diese wiederum mit geschäftspolitischen Entscheidungsparametern wie z.B. WACC, (risikoadjustierter) Gesamt- und Eigenkapitalrendite, abzugleichen.

Der deutsche Statistiker Prof. Frank Hampel schrieb schon 1980 im Journal of Biometrics zur Normalverteilung: „Eine Zeitlang glaubte (fast) jeder an das ‚normale Fehlergesetz‘, die Mathematiker, weil sie es für ein empirisches Faktum hielten, und die Anwender, weil sie es für ein mathematisches Gesetz hielten.“¹ Noch wesentlich kritischer äußerte sich zur Annahme von normalverteilten Zufallsparametern Robert C. Geary (1947) mit der Aussage: „Normality is a myth; there never was, and never will be, a normal distribution.“² Wenn zwei Koryphäen der Statistik das Thema Normalverteilung so kritisch sehen, sollte angesichts

1 Hampel, F. 1980. Biometrics.

2 Geary, R. C. 1947. Testing for normality. Biometrika, 34, page 209-241.

der Höhe der Investitionsvolumina im Bereich der Windenergie und den daraus resultierenden Risikopositionen, diese Thematik von höchster Relevanz sein. Dennoch unterstellt jedes Windgutachten normalverteilte Winderträge.

Methodisch betrachtet ist die empirische Untersuchung von zwei Vorgängen geprägt.

1. Erstellung eines windparkbezogenen Ertragsindex
2. Anpassungstest des Windertragsindex auf Normalität

Erstellung eines windparkbezogenen Ertragsindex³

Die Erstellung eines windparkbezogenen Ertragsindex folgt im Allgemeinen einem 3-stufigen Verfahren, siehe Abbildung 1. Im ersten Schritt wird aus historisch gemessenen Windgeschwindigkeiten (MERRA Daten⁴ oder offiziellen Daten von Wetterstationen) ein Windgeschwindigkeitsindex erstellt. Dieser bildet Windgeschwindigkeiten im Zeitablauf ab.

3 UNEP 2008. Weather Derivative Solutions for Wind Farms Financing in Mexico – Feasibility Study.

4 4initia besitzt die Möglichkeit, empirische Zeitreihen ab 1979 (stündliche Windgeschwindigkeiten, Windrosen und logarithmische Windprofile) für jeden potentiellen Windstandort in Europa zu erstellen. Als Ausgangsbasis dienen dafür die MERRA („Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications“) Daten der NASA, ermittelt durch GEOS5.

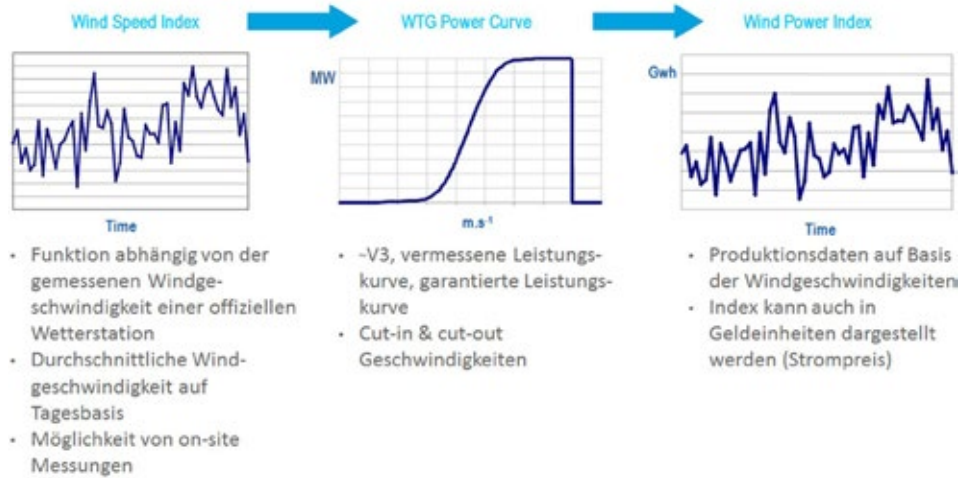


Abbildung 1: Definition Windertragsindex

Der zweite Schritt bezieht sich auf die Leistungskurve der Turbine. Zur Fertigstellung werden im dritten Schritt die Leistungskennziffern der jeweiligen Windgeschwindigkeit zugeordnet und daraus resultierend die Windertragsindizes generiert.

Anpassungstest des Windertragsindex auf Normalität

Das Problem klassischer Test- und Schätzverfahren ist, dass diese oft unter der Normalverteilungsannahme konzipiert sind. Um zu überprüfen, ob die erstellten Windertragsindizes normalverteilt sind, wird im Rahmen eines Anpassungstests (Chi-Quadrat-Test) geprüft, ob die vorliegenden Daten normalverteilt sind. Dabei wird ein statistisches Merkmal gegen eine vorläufige allgemein formulierte Nullhypothese getestet⁵. Abbildung 2 vergleicht die relativen Häufigkeiten eines täglich rollierenden jährlichen Windertragsindex auf Basis der Daten der Wetterstation Halle Leipzig mit

den relativen Häufigkeiten normalverteilter Zufallsvariablen bei identischem Erwartungswert und Standardabweichung.

Der in Abbildung 2 durchgeführte Chi-Quadrat Test für die Windertragsdaten der Wetterstation Halle/Leipzig ergab einen Signifikanzwert von kleiner als 0,001. Dieser beschreibt die Beziehung zur Nullhypothese und vari-

iert zwischen 0 und 1. Im u.a. Fall war die Nullhypothese, dass der Windertragsindex normalverteilt ist, je kleiner also der Signifikanzwert ist, desto stärker die Ablehnung der Nullhypothese. Das Ergebnis bestätigt somit auch den optischen Eindruck, dass die historischen Windertragsdaten für die Wetterstation Halle/Leipzig nicht normalverteilt sind.

Neben dem Ergebnis zum Anpassungstest sind die farblich eingekreisten Flächen (Lila und Grün) von größerer Bedeutung. Die lila markierte Fläche illustriert die historischen relativen Häufigkeiten unterdurchschnittlicher Winderträge, die über der Normalverteilungsannahme liegen. Die Unterschätzung der Häufigkeiten im unteren Ertragsbereich hat zur Folge, dass die Überschreitungswahrscheinlichkeit durch die Normalverteilungsannahme überschätzt wird und somit unmittelbaren, negativen Einfluss auf die Risikoneigung des Investors, den Enterprise Value des Projekts und ab-

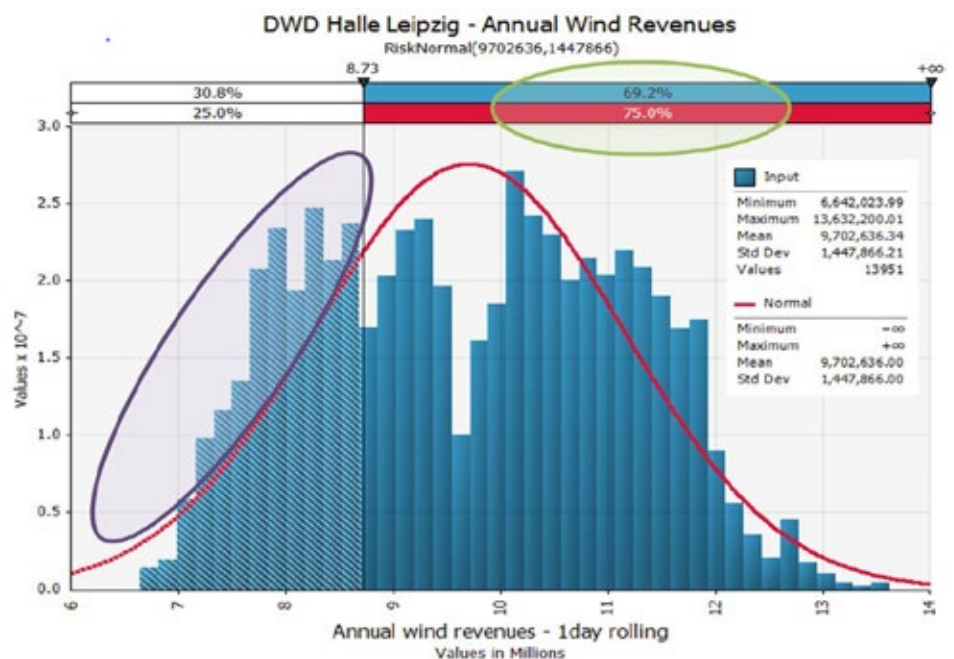


Abbildung 2: Anpassungstest - jährliche Winderträge für DWD Halle Leipzig

5 Schmidt, Thorsten. 2006. Mathematische Statistik I. Vorlesung 2006. Fakultät für Mathematik und Informatik, Universität Leipzig.

leitend davon auf die Gesamt- und Eigenkapitalrendite hat. Die grün markierte Fläche zeigt beide P – Werte, P75 repräsentiert die Überschreitungswahrscheinlichkeit gegeben durch die Normalverteilung und P69 durch die historischen Ertragsdaten. Die Differenz von 6 Prozentpunkten wirkte sich in einer Beispielrechnung von 9 WEA mit 2.200 Netto-Volllaststunden wie folgt aus:

- Überschätzung des Enterprise Value um ca. EUR 2,5 Millionen
- Überschätzung der Gesamtkapitalrendite um ca. 0,7 Prozentpunkt

Ergebnis

Zur Klärung der Fragestellung wurden 24 Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes mit Hilfe der oben beschriebenen methodischen Herangehensweise untersucht und mit folgendem Ergebnis belegt. Unter der Annahme der Nullhypothese, dass Windertragsindizes normalverteilt sind, wies jede dieser 24 Stationen einen Signifikanzwert kleiner als 0,001 auf. Keine der Stationen erfüllte damit die Normalverteilungsannahme. Abbildung 3 beschreibt die Differenz der P75 Werte unter der Normalverteilungsannahme zu den gemessenen Überschreitungswahrscheinlichkeiten in Bezug auf die empirischen Ertragsdaten der Wetterstationen. Mit Ausnahme von 2 Wetterstationen war die Differenz positiv und damit hätte die

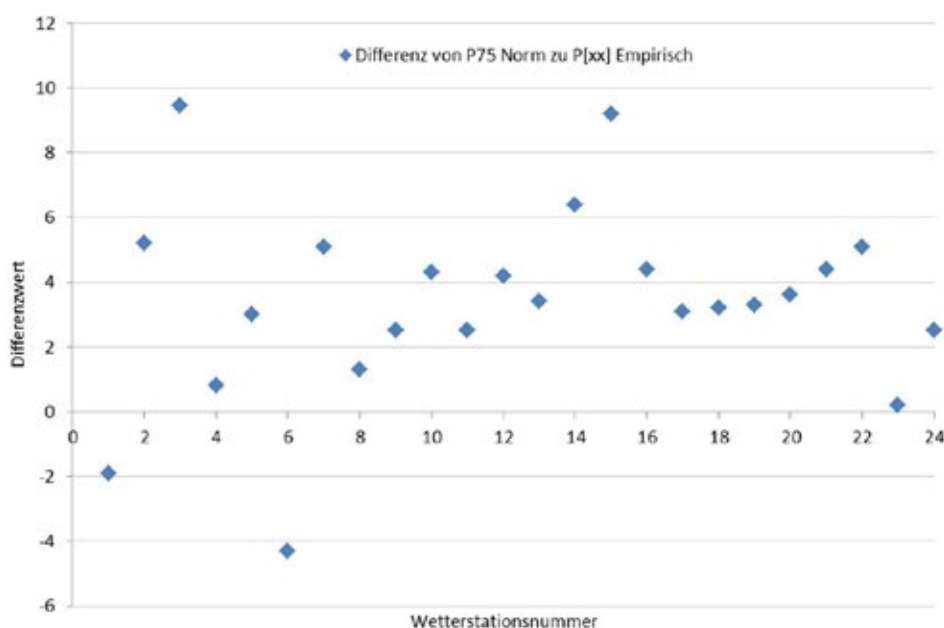


Abbildung 3: Vergleich P75 Normalverteilung zu P[xx] Empirisch

Bewertung unter der Normalverteilungsannahme die Überschreitungswahrscheinlichkeiten überschätzt.

Fazit

Obwohl 100% der untersuchten Fälle die Normalverteilungshypothese ablehnen, bedarf es einer größeren Stichprobe um ein Abbild auf die Gesamtpopulation zu erhalten. Besonders die Betrachtung der Überschreitungswahrscheinlichkeiten zwischen der Normalverteilungsannahme und der historischen Daten, siehe Abbildung 3, zeigt, wie individuell jede Wetterstation und davon ableitend jedes Windprojekt zu behandeln ist. Eine standortspezifische, empirische Betrachtung der Windenergieerträge

und ihrer Verteilung unterstützt den potentiellen Investor bei der monetären Bewertung des Windprojekts und bei der Einschätzung der persönlichen Risikoneigung in Anlehnung an unternehmensspezifische Kennziffern.