

DIE BEDEUTUNG VON LEISTUNGSKURVEN IM RAHMEN VON PROJEKTPRÜFUNGEN

H. Klug

Vortrag gehalten auf der 6. Deutschen Windenergie-Konferenz (DEWEK 2002)
23. bis 24. Okt. 2002 in Wilhelmshaven

Die Bedeutung von Leistungskurven im Rahmen von Projektprüfungen

The Meaning of Power Curves in the Technical Due Diligence of a Wind Farm Project

Helmut Klug

DEWI-Deutsches Windenergie-Institut, Ebertstrasse 96, 26382 Wilhelmshaven, Germany
Tel.: ++49 4421 480815, FAX: ++49 4421 480843. E-mail: h.klug@dewi.

Abstract

In the planing and financing stage of a wind farm project a risk assessment is required quantifying all risks related to the wind farm financing (Due Diligence). Banks, owners or investors contract independent experts, which analyse all aspects of the wind farm planning and their related financial risks. Such risks are site assessment including wind speed measurements, wind farm lay out, load spectra and lifetime of the components (related to the distances between the turbines), the foundation requirements, the electrical losses, noise limits, experience with the planned type of turbines and the contractual issues dealing with energy production warranties. The risks will be identified, quantified and minimised (if possible and if the time schedule allows to do so). A technical Due Diligence of a wind farm project includes the plausibility check of the guaranteed power curve. The whole power performance measurement report is reviewed in order to quantify the uncertainties of the power curve measurement and the possible deviation of the measurement to the relevant standards. Site specific influences on the power curve like air density, icing, and turbulence intensity are considered as well. Another source of financial risks are the uncertainties related to different types of anemometers which behave different in the turbulent wind field even if they are calibrated according to MEASNET.

A crucial point for the economy of a wind farm are the contractual issues dealing with energy production warranties. These performance warranties guarantee that the turbines produce the energy expected from the existing wind conditions. In terms of risk management or risk assessment the difficulty lies in the split of the risk 'wind conditions' normally taken by the owner and the risk 'wind farm performance' or 'individual turbine performance' normally taken by the manufacturer. Another difficulty is which measurement procedure can be used for the verification of the guaranteed performance and which terms of payment can be agreed upon if the verification shows that the turbines don't pass the acceptance test.

Einleitung

Um den Anlegern bei einem Windparkprojekt die Gewissheit zu geben, dass ihr Projekt mit der größtmöglichen Sicherheit geplant wurde, ist bei der Finanzierung von Windparks eine Prüfung damit verbundenen Risiken unerlässlich. Die einzelnen Risiken werden im Rahmen einer solchen Projektprüfung identifiziert, quantifiziert und (wenn die Projektprüfung rechtzeitig durchgeführt wird) minimiert. Banken, Investoren oder Projektentwickler schalten dazu unabhängige Experten ein, die alle Aspekte der Windparkplanung auf ihre finanziellen Risiken hin analysieren, wie z. B.:

- Standort / Pachtverträge / Genehmigung / Netzanschlußbedingungen
- Windparkoptimierung (Nabenhöhe! / Leitungsverluste / Infrastrukturkosten)
- Ertragsgutachten (Windmessung?! / Windindex, jährliche Windschwankungen)
- Leistungskurve / Schallgutachten / Schattenwurfgutachten
- Ertragsgarantien (Beurteilung der garantierten Leistungskurve / Kaufverträge)
- Anlagentechnik (Wartung / Ersatzteilbeschaffung) / Investitionsnebenkosten/Wartungskosten

Im Rahmen einer Projektprüfung werden die einzelnen Unsicherheiten ermittelt, um den für das Projekt erforderlichen Sicherheitsabschlag zu bestimmen. Die leider immer noch häufig verwendeten pauschalen Sicherheitsabschläge bieten dem Anleger keine ausreichende Finanzierungssicherheit. Es gibt sowohl Projekte mit weitaus höheren Risiken, als auch Projekte, bei denen die Unsicherheiten so weit minimiert wurden, daß ein hoher pauschaler Sicherheitsabschlag nicht angemessen ist.

Leistungskurven

Für die Wirtschaftlichkeit von Windparkprojekten kommt dabei neben der Bestimmung des Windpotenzials der zugrundegelegten Leistungskurve /5/ eine besondere Bedeutung zu. Die Leistungskurve einer Windenergieanlage beschreibt das Leistungsverhalten in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit bei einer normierten Luftdichte. Die Leistungskurven werden bei Ertragsgutachten häufig ungeprüft übernommen, obwohl nur eine sorgfältige Plausibilisierung der Leistungskurve eine bestmögliche finanzielle Sicherheit bietet. Bei der Auswahl des Anlagentyps wird hierbei häufig schon der Fehler gemacht, daß in einem frühen Stadium der Projektplanung die Entscheidung für einen Anlagentyp fällt, der den vermeintlich (rechnerisch) höchsten Energieertrag aufweist.

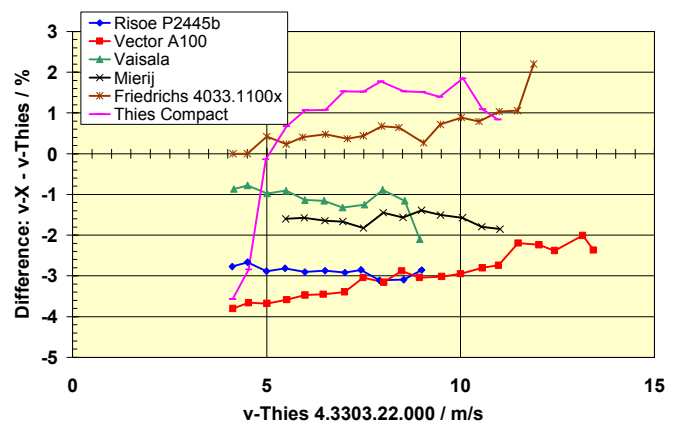


Abb. 1: Einfluss des verwendeten Anemometertyps, s.a. /1/

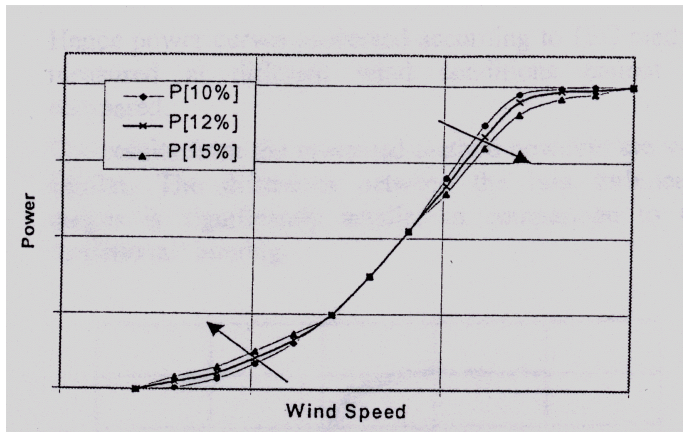


Abb. 2: Einfluss der Turbulenzintensität auf die LK, Bild aus /8/.

Daß es durch unterschiedliche Anemometertypen im wesentlichen zwei Klassen von Leistungskurven gibt, die sich im Energieertrag um etwa 5 % unterscheiden (s. Abb. 1) ist inzwischen bekannt /1/, wird aber beim Vergleich zweier Anlagentypen oft nicht ausreichend berücksichtigt. Bei der Projektprüfung wird deshalb der gesamte Meßbericht der Leistungskurvenmessung herangezogen und nicht nur der "Auszug aus dem Prüfbericht", da nur anhand des Meßberichtes die Qualität, eventuelle Besonderheiten und die Unsicherheit (bis hin zu eventuellen Abweichungen von den Normen) der Leistungskurve beurteilt werden kann. Wird eine Anlage zum Beispiel innerhalb eines Windparks vermessen, bei der die Anlagen sehr dicht stehen (wie z.B. of in Spanien), wird die Windgeschwindigkeit am Messmast durch den Druckvorstau (Anlagen wirken wie "Mauer") abgemindert, so dass Leistungskurvenergebnisse zu gut ausfallen können und ggf. korrigiert werden müssen /4/. Falls statt eines Sta-

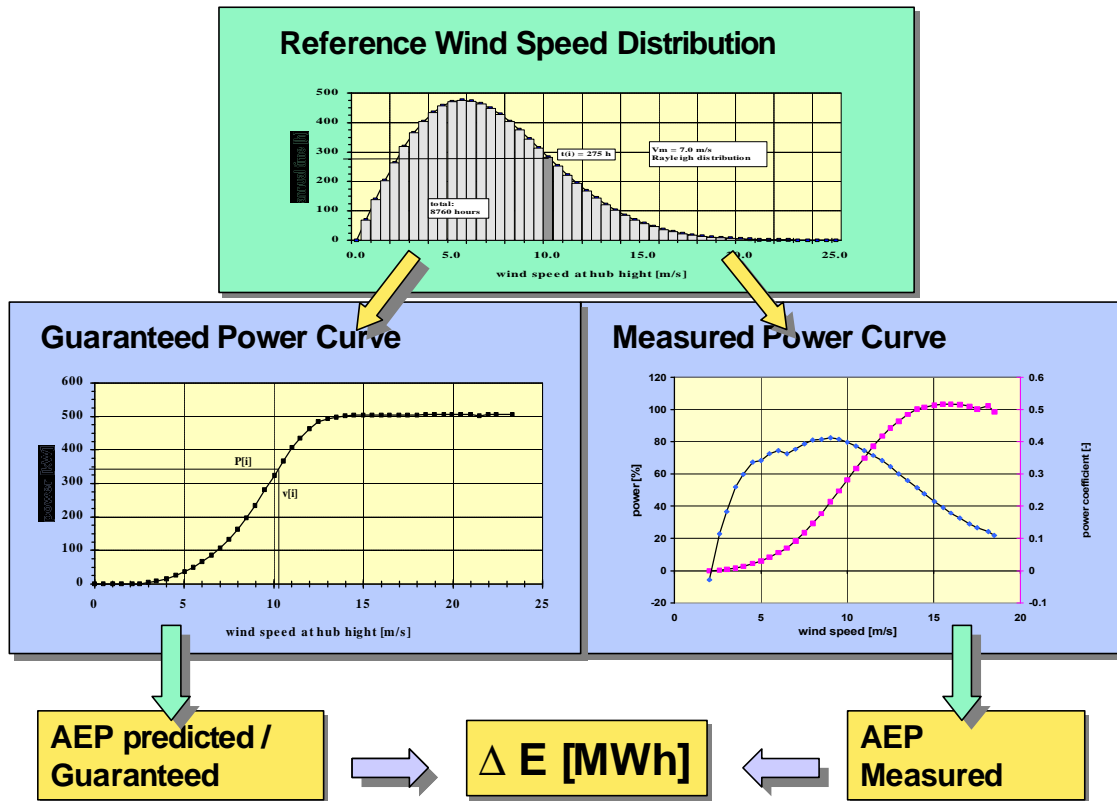
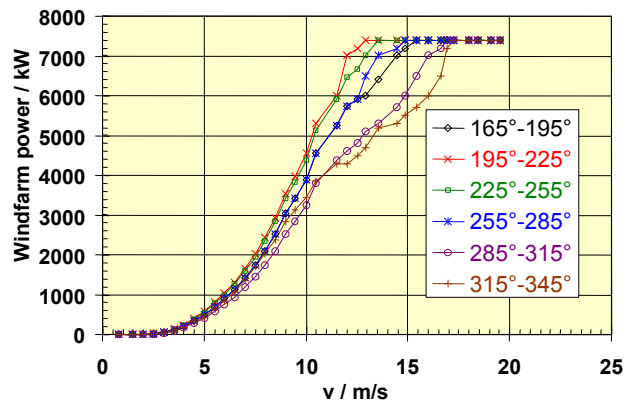
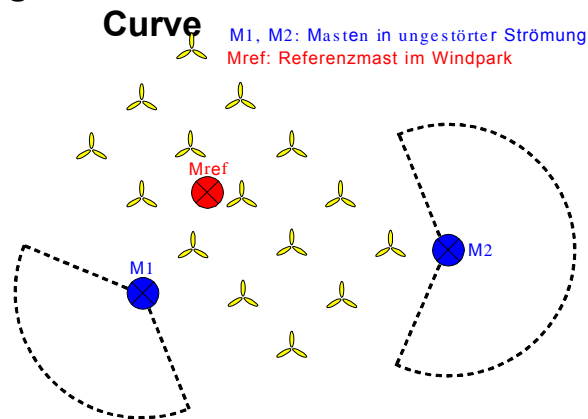


Abb3: Bestimmung des Jahresenergieertrages mit Hilfe der garantierten und mit Hilfe der nachgemessenen Leistungskurve.

Fig. 4: Wind Farm Power Curve

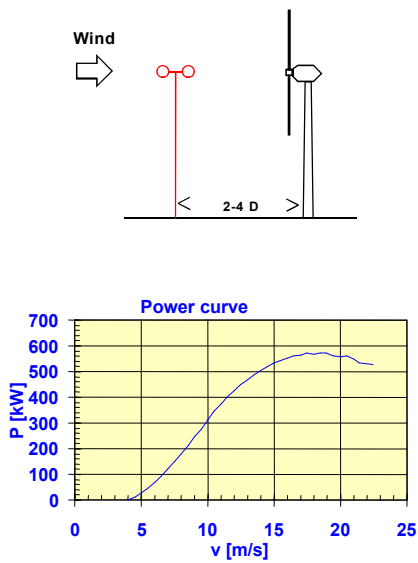


- Wind Farm Power Curve for different wind direction sectors (30°)

Abb. 4: Leistungskurve eines gesamten Windparks

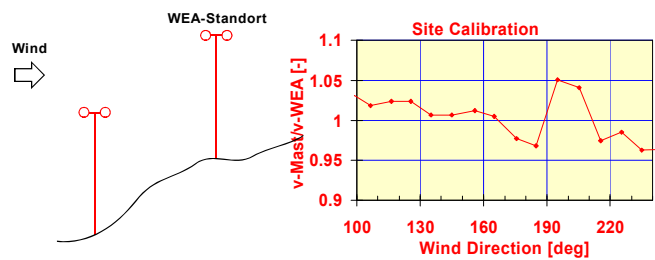
Standards (IEC, MEASNET)

Flat Terrain



Complex Terrain

1. Site Calibration



2. Power Curve Measurement

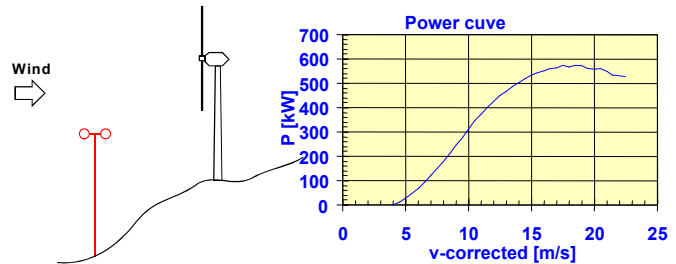
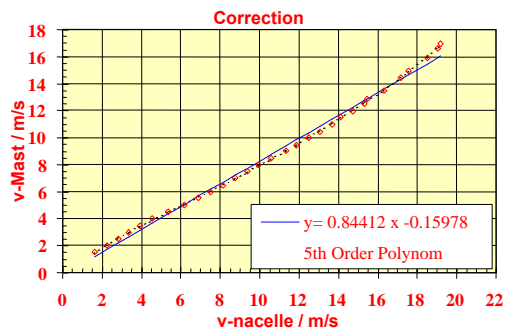
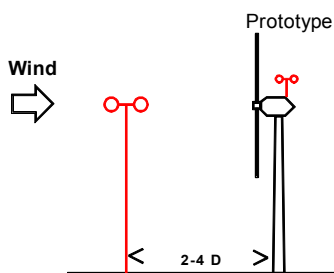


Abb. 5: Vermessung einzelner Leistungskurven nach IEC 61400-12 im flachen und im komplexen Gelände (mit vorheriger Standortkalibration)

1. Correction function



2. Power curve measurement

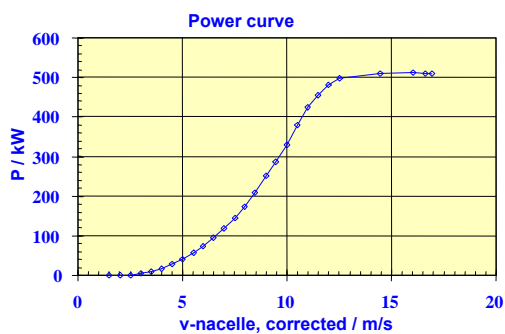
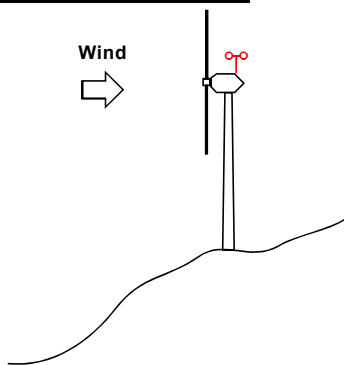


Abb.: 6: Vermessung einer Leistungskurve mit Hilfe des Gondelanemometers und vorangehender Bestimmung der Relation freier Wind-Gondelwind an einer Anlage des gleichen Typs

tussignals "Betriebsbereit" ein anderes Statussignal wie z.B. "Netzkopplung" verwendet wird, gibt die vermessene Leistungskurve nicht das reale Verhalten der Anlage im späteren Betrieb wieder, d.h. es ist mit entsprechenden Ertragseinbußen zu rechnen. Aus dem Meßbericht können des weiteren Besonderheiten der vermessenen Leistungskurve (z.B. die Verwendung von Vortex-Generatoren oder Stallstrips, Blatteinstell- und Drehzahlverhalten, Turbulenzintensität während der Vermessung) und die Übertragbarkeit auf den geplanten Standort (z.B. niedrige Luftdichte, häufige Vereisung, hohe Turbulenz, s.Abb.2 und /8/,/9/) bewertet werden.

Leistungsgarantien

Auch die Gewährleistungen der Hersteller bezüglich der Leistungskurven (s. Abb. 3) können sich so stark unterscheiden, daß der Garantiefall mit erheblichen finanzielle Risiken behaftet sein kann /3/,/6/,/7/. Meist ist die Gewährleistung des Energieertrages des gesamten Windparks in Relation zu einem Meßmaststandort (s. Abb. 4) mit wesentlich geringeren Risiken (und Nachweiskosten) verbunden als die (aufwendig nachzumessende) Gewährleistung einzelner Leistungskurven (s.Abb.5) aller Anlagen des Windparks. Bei der Garantie einer Leistungskurve mit Hilfe des Gondelanemometers (s. Abb. 6) sind die anlegensspezifi-

schen (Position des Gondelanemometers) und standortspezifischen (Einschränkungen durch starke Schräganströmung der Gondel bedingt durch Geländesteigungen) Besonderheiten in der Garantief Formulierung zu berücksichtigen /2/.

Als sinnvoll erweist sich im flachen Land eine sogenannte "Komplettlösung", bei der ein Windmeßmast am Rande des Windparkgebietes schon in der frühen Planungsphase zur Bestimmung des Windpotenzials errichtet wird. Dieser Meßmast wird dann nach Inbetriebnahme des Windparks zur Verifizierung der im Kaufvertrag gewährleisteten Energieerträge herangezogen und erlaubt zudem ein Langzeitmonitoring im Rahmen der Überwachung durch die technische Betriebsführung.

References:

- /1/ Albers, Klug: Open Field Cup Anemometry, Proceedings of EWEC 2001, Copenhagen, 276-279.
- /2/ Albers, Klug, Westermann: Power Performance Verification, Proceedings of EWEC 99, Nice, 657-660.
- /3/ Klug Wind Farm Financing: Lessons learned from Contractual Issues dealing with Energy Production Warranties, Proceedings of the Global WindPower Conference, Paris, 2002.
- /4/ Frandsen et al: Improved Power Performance Assessment Methods, Proceedings of EWEC 99, Nice, 18-21
- /5/ Klug, Albers, Hinsch, Strack: How complex can a Power Curve Measurement be ? Proceedings of EWEC 97, Dublin; 225-228.
- /6/ Klug, Strack: Technical Risks related to Wind Farm Financing, Proceedings of the WindPower 2001, Washington, 2002.
- /7/ Klug, Helmut: Energieertrag garantiert?: Gewährleistungsfragen in Kaufverträgen von Windenergieanlagen. - Erneuerbare Energien 9 (1999) 2, S. 34-35
- /8/ Langreder, Hohlen, Kaiser : Numerics of Power Curve Measurements, Global WindPower 2002, Paris
- /9/ Albers,Hinsch: Influence of different meteorological conditions on the power performance of large wind turbines; DEWI-Magazin 9, Wilhelmshaven,1992.