



# Ringvergleich Windgutachten des BWE- Windgutachterbeirats – Ablauf und Ergebnisse

Stand: 17.12.2015

## 1. Einleitung

Wind- bzw. Energieertragsgutachten sind eine der wichtigsten Bewertungs- und Entscheidungsgrundlagen für die Planung und Finanzierung von Windenergieprojekten.

Die berechneten Energieerträge verschiedener Marktteilnehmer unterscheiden sich in der Praxis allerdings zum Teil erheblich. Als mögliche Gründe sind zu nennen:

- Unterschiedliche Eingangsdaten (insbesondere Winddaten und Ertragsdaten benachbarter WEA)
- Verschiedene Modellansätze (z.B. WASP, CFD)
- Unterschiedlicher Umgang mit den Standortbedingungen (z.B. Waldeinfluss, komplexes Gelände)
- Nicht eindeutig zu definierende Vorgehensweise (Technische Richtlinie Nr. 6 (TR6) der Fördergesellschaft für Windenergie und andere erneuerbare Energien e.V. (FGW)) bzw. uneinheitliche Interpretation des Stands der Technik.

Die Motivation zur Organisation und Durchführung dieses Ringvergleiches ist, Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse zu identifizieren und Lösungsvorschläge für eine zukünftige Verringerung dieser Unterschiede herauszuarbeiten. Zudem ist für nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Unternehmen die regelmäßige Teilnahme an Ringvergleichen nachzuweisen.

Der Windgutachterbeirat des Bundesverband WindEnergie e.V. (BWE) hat in den Jahren 2005, 2008 und 2013 bereits Ringvergleiche zur Herstellung des Langzeitbezugs von Ertragsdaten bestehender Windenergieanlagen (WEA) durchgeführt. Im Verlauf dieser Ringvergleiche konnten die Teilnehmer ihre eigene Position bestimmen und es wurde ein besseres gemeinsames Verständnis der Problematik erzielt.

Um nunmehr die Strömungsmodelle und Herangehensweisen bei der Erstellung von Windgutachten zu vergleichen, wurde am 14.05.2014 im Rahmen einer Sitzung des Windgutachterbeirats des BWE beschlossen, zu diesem Thema einen Ringvergleich durchzuführen.

Ziel des vorliegenden Ringvergleichs war, die Schwankungsbreite heutiger Windgutachten herauszuarbeiten und die Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse zu identifizieren. Auf eine Langzeiteinordnung von Ertragsdaten wurde hier bewusst verzichtet.

Mit der Organisation des Ringvergleichs ist eine Arbeitsgemeinschaft aus den Unternehmen *DNV GL (GL Garrad Hassan Deutschland GmbH)*, *Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH*, *Meteorologisches Beratungsbüro Dr. S. Theunert*, *WIND-consult GmbH* sowie dem BWE betraut worden.



## 2. Ablauf und Teilnehmer

Der Ringvergleich hat am 24.11.2014 mit dem Versand der Teilnahmebedingungen begonnen. Die 30 angemeldeten Teilnehmer hatten bis zum 15.04.2015 Zeit, die Aufgaben zu bearbeiten und ihre Ergebnisse an den BWE zurückzusenden. Dieser hat die Ergebnisse anonymisiert und dem Organisationsteam zur Auswertung übergeben. Am 30.09.2015 wurden im Rahmen eines Teilnehmerworkshops die Ergebnisse diskutiert und auf der Sitzung des Windgutachterbeirates öffentlich vorgestellt. Am 12.10.2015 wurde der interne Abschlussbericht an alle Teilnehmer versendet.

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>ABO Wind AG</b>                        | <b>DNV GL (GL Garrad Hassan Deutschland GmbH)</b>  | <b>RSC GmbH</b>                          |
| <b>AL-PRO GmbH &amp; Co. KG</b>           | <b>IEL GmbH</b>                                    | <b>SOLvent GmbH</b>                      |
| <b>anemos GmbH</b>                        | <b>Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH</b>                 | <b>SOWITEC development GmbH</b>          |
| <b>anemos-jacob GmbH</b>                  | <b>JH Wind GmbH</b>                                | <b>TÜV NORD SysTec GmbH &amp; Co. KG</b> |
| <b>BBB Umwelttechnik</b>                  | <b>Lahmeyer International GmbH</b>                 | <b>TÜV SÜD Industrie Service GmbH</b>    |
| <b>CUBE Engineering GmbH</b>              | <b>Meteorologisches Beratungsbüro S. Theunert</b>  | <b>UL International GmbH (DEWI)</b>      |
| <b>Deutsche WindGuard Consulting GmbH</b> | <b>MeteoServ GbR</b>                               | <b>WIND-consult GmbH</b>                 |
| <b>Energiewerkstatt Consulting GmbH</b>   | <b>PLANKon Ingenieurbüro</b>                       | <b>WINDTEST Grevenbroich GmbH</b>        |
| <b>EuroWind GmbH</b>                      | <b>ProfEC Ventus GmbH</b>                          | <b>WKN AG</b>                            |
| <b>GEO-NET Umweltconsulting GmbH</b>      | <b>reko Windenergie-Analysen GmbH &amp; Co. KG</b> | <b>WSB Projekt GmbH</b>                  |

Tabelle 1: Liste der Teilnehmer am Ringvergleich Windgutachten



## 3. Daten und Aufgabenstellungen

Die Teilnehmer erhielten alle zur Bearbeitung der Aufgaben benötigten Daten inklusive eines detaillierten Berichtes der Standortbegehung sowie der langzeitrepräsentativen Energieerträge benachbarter Windparks. Eine individuelle Langzeiteinordnung sowie eine Standortbegehung durch die Teilnehmer waren somit nicht nötig. Der Grund für die Bereitstellung der langzeitrepräsentativen Ertragsdaten war, dass der Fokus auf Unterschiede in den Winddaten und der Strömungsmodellierung gerichtet werden sollte und daher die Freiheitsgrade beschränkt werden mussten, um die Einflussfaktoren zu begrenzen.

Drei Modellläufe unterschiedlicher Ausgestaltung der vorgegebenen und nicht veränderbaren Eingangsparameter waren zu absolvieren. Dabei konnten die Orografie- und Landnutzungsdaten angepasst werden, durften sich aber bei den unterschiedlichen Modellläufen nicht voneinander unterscheiden.

Modelllauf A: Hier waren die Berechnungsparameter, insbesondere die Windstatistik und die Vergleichsdaten, frei wählbar.

Modelllauf B: Wie A, mit der Einschränkung, dass nur einer der drei Vergleichswindparks als Bestandteil der Winddatenbasis verwendet werden durfte.

Modelllauf C: Wie A, allerdings wurde hier die zu verwendende Windstatistik vorgegeben.

Ziel war es, Ursachen für eventuell auftretende Differenzen zu identifizieren. Es wurde erwartet, dass die Streubreite der Ergebnisse mit der Verringerung der Freiheitsgrade von Modelllauf A zu C sinkt.

Beim zu untersuchenden Standort handelt es sich um eine fiktive Planung eines Windparks mit 10 WEA mit einer Nabhöhe von 119 m, einem Rotordurchmesser von 112 m und einer Nennleistung von 3,3 MW. Der Standort ist bezüglich der Orografie als nicht komplex einzuordnen, jedoch stehen einige WEA im Wald und einige am Waldrand. Somit ist die Bewertung des Rauigkeits- und Waldeinflusses nicht trivial. Die Planung entspricht also einem in der Praxis häufig auftretenden Fall.

Die Vergleichs-WEA befinden sich maximal ca. 10 km vom geplanten Projekt entfernt.

Die Berechnungen sollten soweit möglich konform der TR6 der erfolgen.

## 4. Auswertungsergebnisse

### 4.1 Energieerträge der Vergleichsstandorte und der geplanten WEA

Die Aufgabenstellung des Modelllaufs A orientierte sich an dem für Projekte in Deutschland häufig verfolgten Vorgehen, bei dem wesentliche Informationen zum Niveau des Windangebots den auf ein einheitliches Langzeitniveau normalisierten Betriebsdaten von Vergleichswindparks entstammen. Für jeden Teilnehmer galt es also zunächst, Randbedingungen und Parameter des eingesetzten Strömungsmodells so einzustellen, dass die vorgegebenen Langzeiterträge von bis zu drei Vergleichswindparks realistisch durch das Modell abgebildet wurden. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse für die Vergleichswindparks, jeweils normiert auf den bekannten Langzeitertrag, zusammengefasst.



|                    | VergleichsWP 1 | VergleichsWP 2 | VergleichsWP 3 |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| Minimum (MIN)      | 95,5%          | 94,6%          | 94,0%          |
| Maximum (MAX)      | 112,6%         | 108,9%         | 107,8%         |
| Spanne (MAX - MIN) | 17,1%          | 14,2%          | 13,8%          |
| Standardabweichung | 3,3%           | 2,8%           | 2,6%           |

Tabelle 2: Zusammenfassung der Ergebnisse an den Vergleichswindparks

Die anhand der Aufgabenstellung A vorbereiteten Strömungsmodelle wurden dann dazu verwendet, die Windfeldparameter und Energieertragswerte für den fiktiven geplanten Windpark zu ermitteln. Aus Abbildung 1 geht hervor, dass die Spannweite der Ergebnisse beim Schritt von den Vergleichswindparks zum geplanten Windpark – wie erwartet – steigt. Die relative Standardabweichung der gemeldeten Ertragsmittelwerte beträgt am geplanten Windpark 5,8 %, die Spannweite der Ergebnisse umfasst den Bereich 86,6...112,9 %.

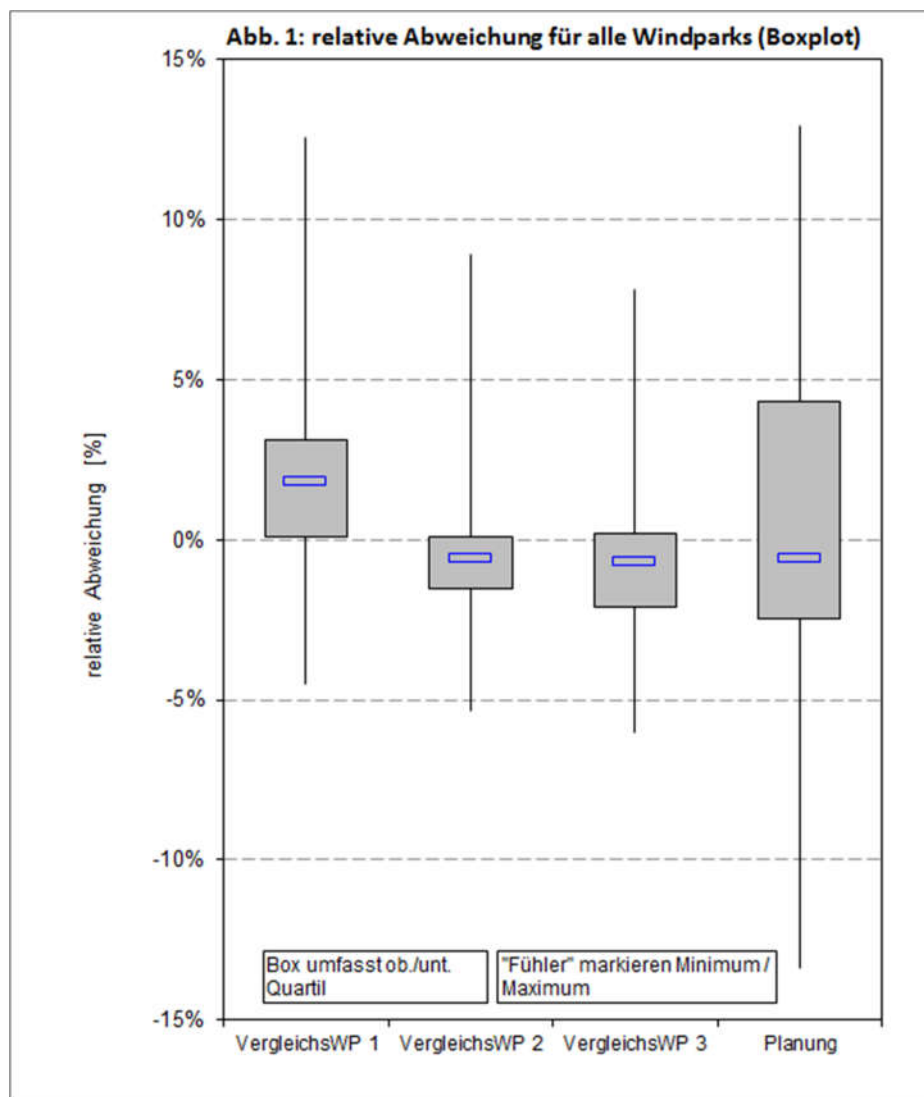




Tabelle 3 zeigt für den geplanten Windpark, dass die in den Modellläufen B und C vorgenommenen Einschränkungen der Freiheit der Wahl der Randbedingungen die Variabilität der Ergebnisse wider Erwarten nur wenig beeinflusste.

|                    | Modelllauf A | Modelllauf B | Modelllauf C |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| Minimum (MIN)      | 86,6%        | 86,7%        | 85,3%        |
| Maximum (MAX)      | 112,9%       | 114,5%       | 112,1%       |
| Spanne (MAX-MIN)   | 26,3%        | 27,8%        | 26,9%        |
| Standardabweichung | 5,8%         | 6,3%         | 5,3%         |

Tabelle 3: Ergebnisvergleich der Modellläufe A...C

## 4.2 Angewandte Strömungsmodelle und Modifikationen von Daten

Als Strömungsmodell kam bei 27 der 30 Teilnehmer WAsP in unterschiedlichen Versionen zum Einsatz. Zudem wurden jeweils einmal das Modell WIEN, WindFarm sowie ein nicht näher spezifiziertes CFD-Modell verwendet. Auch bei der Wahl des Parkmodells gab es mit dem Modell von N.O. Jensen eine klare Mehrheit (26 Teilnehmer). Weiterhin kamen das Eddy-Viscosity-Modell (zweimal) und je einmal das Frandsen-Modell und ein Modell von Garrad Hassan zur Anwendung. Die knappe Hälfte der Teilnehmer nahm projektspezifische Anpassungen der Parameter des Parkmodells vor. Die WEA des geplanten Windparks befanden sich zum Teil innerhalb von Waldflächen; die Modellierung des Waldeinflusses wurde von den Teilnehmern in unterschiedlicher Weise vorgenommen. Die Auswertung der Ergebnisse deutet darauf hin, dass ein nicht unwesentlicher Teil der Ergebnisvariabilität auf die unterschiedliche Modellierung und Bewertung des Waldeinflusses durch die Teilnehmer zurückzuführen ist. Weiterhin zeigte die Variabilität der berechneten Erträge keine eindeutige Abhängigkeit von dem Eingangsdatenset der Windstatistik oder dem Höhenprofil.

## 4.3 Unsicherheit und ihre Teilkomponenten

Tabelle 4 fasst die wesentlichen Ergebnisse der von 28 der 30 Teilnehmer vollständig zurückgemeldeten Angaben bzgl. der Unsicherheitsbereiche gemäß TR6 zusammen.

|               | 1) Winddatenbasis [%] | 2) Mod. Windfeld [%] | 3) Mod. Parkeffekt [%] | 4) Eingangsdaten WEA [%] | 5) Gesamtunsicherheit [%] |
|---------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Mittelwert    | 8,9                   | 7,7                  | 2,8                    | 7,2                      | 14,8                      |
| Minimum (MIN) | 4,0                   | 2,3                  | 0,4                    | 3,2                      | 12,3                      |
| Maximum (MAX) | 15,1                  | 12,4                 | 6,0                    | 11,5                     | 18,0                      |

Tabelle 4: Zusammenfassung der Unsicherheitsangaben

Es wird deutlich, dass die Abschätzung der Größenordnung der Unsicherheitsbereiche 1)...4) von den Teilnehmern sehr unterschiedlich gehandhabt wurde. Einheitlich war dagegen das Vorgehen bei der Aggregation der Unsicherheit der Teilbereiche zur Gesamtunsicherheit; es wurde davon ausgegangen, dass sie voneinander unabhängig sind.

Die Variabilität der gemeldeten Erwartungswerte des Energieertrags am geplanten Windpark (Standardabweichung für den Modelllauf A: 5,8 % gemäß Abschnitt 4.1) könnte als sichtbarer Ausdruck der gemeldeten Unsicherheiten interpretiert und mit ihnen verglichen werden. Dabei ist korrekterweise in Betracht zu ziehen, dass die Unsicherheitsbereiche 1) und 4) bei den Berechnungen wegen der für alle Teilnehmer identischen Voraussetzungen nicht oder jedenfalls nicht voll wirksam waren. Die Standardabweichung der Ertragsergebnisse war sogar geringer, als man es anhand der Größenordnung der zweifelsohne wirksamen Unsicherheitskomponenten 2) und 3) hätte erwarten können.

## 5. Fazit und Ausblick

Mit dem Ergebnis des Ringvergleichs Windgutachten des BWE-Windgutachterbeirats liegt erstmals eine relativ umfangreiche und detaillierte Erhebung von Auswertungsergebnissen zum Thema Energieertragsberechnung in Anlehnung an die TR6 vor. Dabei wurde das Thema des Langzeitbezugs von Ertragsdaten bewusst ausgelassen, da dies zum einen schon Thema vergangener Ringvergleiche war. Zum Zweiten wurde versucht, die Freiheitsgrade in der Bearbeitung zu beschränken – um die Identifikation der auf Winddatenbasis und Modelle zurückführbaren Unterschiede zu erleichtern.

Die Standardabweichung der Energieerträge ist niedriger als die mittlere angegebene Unsicherheit, was darauf hindeutet, dass die Unsicherheit tendenziell nicht zu gering eingeschätzt wurde. Zu beachten ist hierbei aber, dass die Berechnungen für einen fiktiven Standort gelten und auch in Zukunft nicht mit realen Daten nachprüfbar sein werden.

Die Ergebnisse bieten zunächst jedem der 30 Teilnehmer Hinweise zur Bestimmung der eigenen Position im Teilnehmerfeld. Weitere Untersuchungen sollten beispielsweise auf eine stärker vereinheitlichte Bewertung der Unsicherheiten bzw. der Modellierung des Waldeinflusses gerichtet sein. Ein möglicher Ansatzpunkt hierzu wäre auch die Weiterentwicklung des in Normen fixierten Standes der Technik.

Dem interessierten Anwender bieten die Ergebnisse zudem einen Einblick in die mögliche Spannweite insbesondere von Energieerträgen und Unsicherheiten heutiger Windgutachten.

### Autoren:

**Stephan Fiedler**, DNV GL (GL Garrad Hassan Deutschland GmbH)

**Henning Krebs**, Ingenieurbüro Kuntzsch GmbH

**Stefan Müller**, WIND-consult GmbH

**Sabine Theunert**, Meteorologisches Beratungsbüro

### Literaturquellen

Henning Krebs, Torsten Frey, Ingo Wendt: „Ringversuch Langzeitbezug“ des BWE-Windgutachterbeirats: Ablauf und Ergebnisse. – URL: <https://www.wind-energie.de/sites/default/files/attachments/page/windgutachterbeirat/bwe-ringversuch-langzeitbezug2008-publikation.pdf> (27.10.2015)

Karl Breckner, Stephanie Dix: Gleiche Erwartungen. Langzeitprojektionen der Erträge von Nachbaranlageeichen die Wirtschaftlichkeitsprüfungen für geplante Windparks – immer besser – Erneuerbare Energien, 12/2013.

Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien e.V. (FGW): Technische Richtlinien für Windenergieanlagen, Teil 6 „Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen“, Rev. 9, Stand 22.09.2014, Berlin 2014.