



FGW e. V. • Oranienburger Straße 45 • 10117 Berlin • Deutschland

FA LK - Beschluss zur
Technischen Richtlinie
TR 2 Rev. 17

FGW e.V.

Fördergesellschaft Windenergie und
andere Dezentrale Energien

Oranienburger Straße 45
10117 Berlin

Tel. : +49 (0)30 / 3010 1505 0

E-Mail : info@wind-fgw.de

www.wind-fgw.de

Berlin, 25.06.2020

FA LK – Beschluss vom 25.06.2020

Der Fachausschuss Leistungskennlinie (FA LK) beschließt den Anhang B „Nennleistungsanpassung“ der Revision 17 der Technischen Richtlinie Teil 2 (TR 2) zu ändern.

Die Ergänzung der TR 2 um den Anhang B geht auf den Beschluss des FA LK vom 09.09.2019 zurück.

Den Anhang B mit den beschlossenen Änderungen finden Sie auf den folgenden Seiten.

i.A. des FA Leistungskennlinie

Bente Klose

Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr.-Ing. habil. Detlef Schulz / Jens Rauch

Bankverbindung: IBAN DE72 222 500 2000 5301 5301 • BIC NOLADE 21 WHO • Sparkasse Westholstein

USt-ID: DE203774047 Steuernummer: 19/293/16463

Anhang B Nennleistungsanpassung

B.1 ALLGEMEINES

Moderne pitchgeregelte Windenergieanlagen können mit unterschiedlichen Nennleistungen betrieben werden, ohne dass eine Veränderung anderer Betriebsparameter erforderlich ist. So wird lediglich die Nennleistung angehoben bzw. gesenkt ohne eine Änderung der Betriebskennlinie im Teillastbereich (Windgeschwindigkeitsbereich bis zum Erreichen der Nennleistung).

In Anhang B wird ein Verfahren zur Anpassung der Messdaten der vermessenen Leistungskennlinie an eine veränderte Nennleistung beschrieben und ist auch nur hierfür gültig. Das Verfahren berücksichtigt dabei, dass eine Veränderung der Nennleistung nicht nur den Nennleistungsbereich der vermessenen Leistungskennlinie beeinflusst, sondern auch den „Knie“ oder „Schulter“ genannten Abschnitt vor Erreichen der Nennleistung (siehe Abb. B-1).

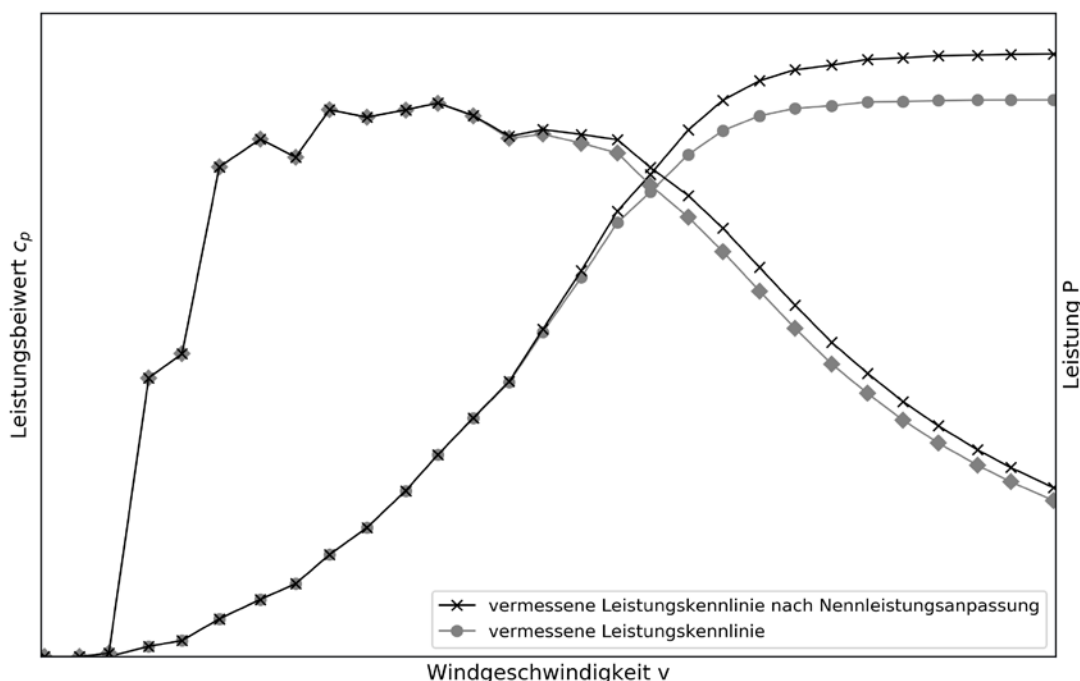


Abb. B-1: Vermessene Leistungskennlinie vor und nach* Nennleistungsanpassung; *ist das Ergebnis des in Anhang B definierten Prozesses

B.2 VERFAHREN DER NENNLEISTUNGSANPASSUNG

Das Verfahren der Nennleistungsanpassung basiert auf dem in der aktuellen Version der IEC 61400-12-1 [1] vorgeschlagenen Verfahren zur Normierung der Messdaten der Leistungskennlinie auf die Turbulenzintensität¹. Dabei werden Grundkonzepte, wie die Bestimmung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie aufgegriffen und ggf. an die Anforderungen des Verfahrens angepasst. Wenn nicht anders beschrieben, gelten die im Anhang M der IEC 61400-12-1 [1] genannten Verfahren und Richtwerte.

Das Grundkonzept der Nennleistungsanpassung ist die Ermittlung zweier Nullturbulenz-Leistungskennlinien für die vermessene Leistungskennlinie mit und ohne veränderter Nennleistung. Mithilfe dieser wird für jedes 10-min-Intervall eine simulierte Leistung auf Basis der gemessenen Windgeschwindigkeit und Turbulenzintensität bestimmt. Im Ergebnis

¹ [1], Anhang M, S. 229ff

kann die Differenz aus der simulierten Leistung mit und ohne veränderter Nennleistung auf die tatsächlich gemessene Leistung angewendet werden.

Daher gilt in Anlehnung an Gleichung M.2²:

$$\overline{P_{P_{adapted}}(v)} = \overline{P(v)} + \overline{P_{sim,P_{adapted}}(v)} - \overline{P_{sim,P}(v)} \quad (\text{B-1})$$

Dabei ist

$\overline{P(v)}$	der 10-min-Mittelwert der gemessenen Leistung
$\overline{P_{sim,P}(v)}$	der simulierte 10-min-Mittelwert der gemessenen Leistung nach der angegebenen Bedingung 1 ² : Gleichung M.1 ² gilt für die gemessene Windgeschwindigkeitsverteilung (gemessene mittlere Windgeschwindigkeit und gemessene Turbulenzintensität); Anwendung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie ohne Nennleistungsanpassung;
$\overline{P_{sim,P_{adapted}}(v)}$	der simulierte 10-min-Mittelwert der gemessenen Leistung nach der angegebenen Bedingung 1 ² : Gleichung M.1 ² gilt für die gemessene Windgeschwindigkeitsverteilung (gemessene mittlere Windgeschwindigkeit und gemessene Turbulenzintensität); Anwendung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie mit Nennleistungsanpassung.

B.3 BESTIMMUNG DER NULLTURBULENZ-LEISTUNGSKENNLINIEN

Die Nullturbulenz-Leistungskennlinie für den Fall ohne Nennleistungsanpassung (siehe Abb. B-2) wird gemäß Kapitel M.3³ im Zuge der Normierung der Messwerte auf eine Turbulenzintensität von 10 % ermittelt.

Für die Ermittlung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie mit Nennleistungsanpassung wird auf das Zwischenergebnis der Nullturbulenz-Leistungskennlinie ohne Nennleistungsanpassung nach Abbildung M.4⁴ und M.5⁵ zurückgegriffen, indem ~~nur~~ die Nennleistung auf die Zielennleistung angepasst P_{rated} (maximale BIN-gemittelte Leistung) um die Differenz zwischen Zielennleistung und spezifizierter Nennleistung der vermessenen Windenergieanlage angepasst wird. ~~und~~ Die Einschaltwindgeschwindigkeit v_{cut-in} sowie der maximale Leistungsbeiwert $c_{p,max}$ werden unverändert übernommen **werden**. Entsprechend der angepassten Nennleistung und des angenommenen kubischen Anstiegs der Leistung mit der Windgeschwindigkeit unterhalb der Nennleistung ergibt sich damit eine angepasste Nennwindgeschwindigkeit v_{rated} . Mit der so veränderten korrigierten Anfangs-Nullturbulenz-Leistungskennlinie wird das Verfahren nach Abbildung M.6⁶ und M.7⁶ durchgeführt, um die Nullturbulenz-Leistungskennlinie für den Fall der Nennleistungsanpassung zu ermitteln. Es ist zu beachten, dass \hat{P} in M.6 auf Basis der korrigierten Anfangs-Nullturbulenz-Leistungskennlinie ohne Nennleistungsanpassung bestimmt werden muss.

² [1], Anhang M, S. 230

³ [1], Anhang M, S. 231ff

⁴ [1], Anhang M, S. 234

⁵ [1], Anhang M, S. 235

⁶ [1], Anhang M, S. 236

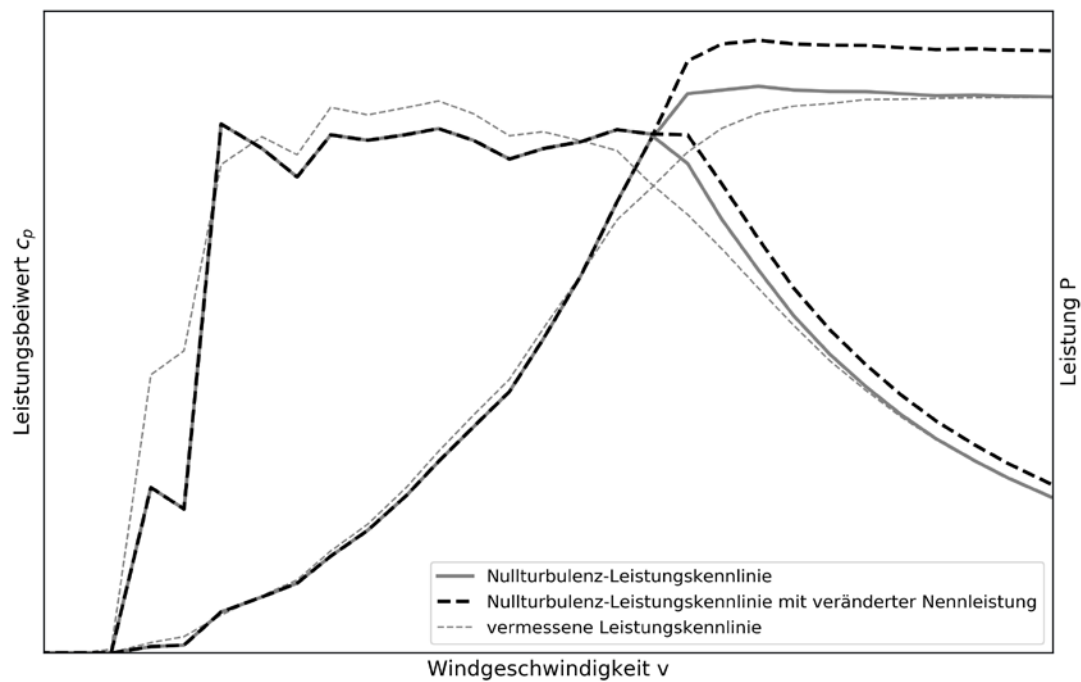


Abb. B–2: Nullturbulenz-Leistungskennlinien mit* und ohne** veränderter Nennleistung mit Hilfe derer $\overline{P_{P_{adapted}}(v)}$ bestimmt wird; *Basis für $\overline{P_{sim,P_{adapted}}(v)}$; **Basis für $\overline{P_{sim,P}(v)}$

Zitierte Normen und Richtlinien:

- [1] DIN EN 61400-12-1 (VDE 0127-12-1): 2017-12; Windenergieanlagen - Teil 12-1: Messung des Leistungsverhaltens einer Windenergieanlage (IEC 61400-12-1:2017).

Anhang B Nennleistungsanpassung

B.1 ALLGEMEINES

Moderne pitchgeregelte Windenergieanlagen können mit unterschiedlichen Nennleistungen betrieben werden, ohne dass eine Veränderung anderer Betriebsparameter erforderlich ist. So wird lediglich die Nennleistung angehoben bzw. gesenkt ohne eine Änderung der Betriebskennlinie im Teillastbereich (Windgeschwindigkeitsbereich bis zum Erreichen der Nennleistung).

In Anhang B wird ein Verfahren zur Anpassung der Messdaten der vermessenen Leistungskennlinie an eine veränderte Nennleistung beschrieben und ist auch nur hierfür gültig. Das Verfahren berücksichtigt dabei, dass eine Veränderung der Nennleistung nicht nur den Nennleistungsbereich der vermessenen Leistungskennlinie beeinflusst, sondern auch den „Knie“ oder „Schulter“ genannten Abschnitt vor Erreichen der Nennleistung (siehe Abb. B-1).

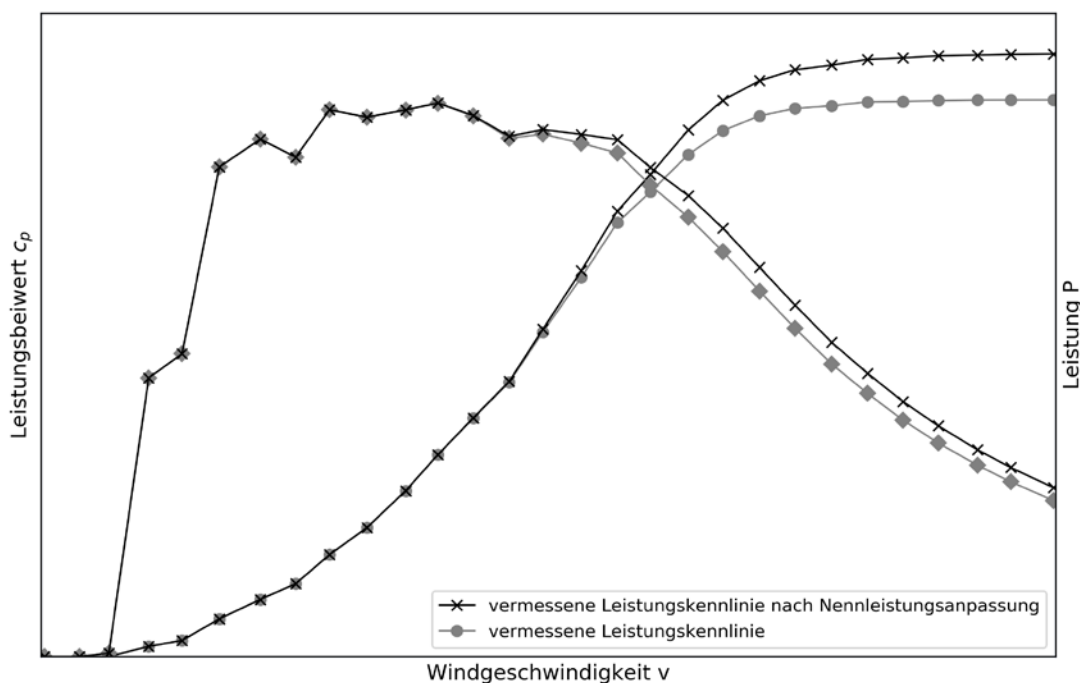


Abb. B-1: Vermessene Leistungskennlinie vor und nach* Nennleistungsanpassung; *ist das Ergebnis des in Anhang B definierten Prozesses

B.2 VERFAHREN DER NENNLEISTUNGSANPASSUNG

Das Verfahren der Nennleistungsanpassung basiert auf dem in der aktuellen Version der IEC 61400-12-1 [1] vorgeschlagenen Verfahren zur Normierung der Messdaten der Leistungskennlinie auf die Turbulenzintensität¹. Dabei werden Grundkonzepte, wie die Bestimmung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie aufgegriffen und ggf. an die Anforderungen des Verfahrens angepasst. Wenn nicht anders beschrieben, gelten die im Anhang M der IEC 61400-12-1 [1] genannten Verfahren und Richtwerte.

Das Grundkonzept der Nennleistungsanpassung ist die Ermittlung zweier Nullturbulenz-Leistungskennlinien für die vermessene Leistungskennlinie mit und ohne veränderter Nennleistung. Mithilfe dieser wird für jedes 10-min-Intervall eine simulierte Leistung auf Basis der gemessenen Windgeschwindigkeit und Turbulenzintensität bestimmt. Im Ergebnis

¹ [1], Anhang M, S. 229ff

kann die Differenz aus der simulierten Leistung mit und ohne veränderter Nennleistung auf die tatsächlich gemessene Leistung angewendet werden.

Daher gilt in Anlehnung an Gleichung M.2²:

$$\overline{P_{P_{adapted}}(v)} = \overline{P(v)} + \overline{P_{sim,P_{adapted}}(v)} - \overline{P_{sim,P}(v)} \quad (\text{B-1})$$

Dabei ist

$\overline{P(v)}$	der 10-min-Mittelwert der gemessenen Leistung
$\overline{P_{sim,P}(v)}$	der simulierte 10-min-Mittelwert der gemessenen Leistung nach der angegebenen Bedingung 1 ² : Gleichung M.1 ² gilt für die gemessene Windgeschwindigkeitsverteilung (gemessene mittlere Windgeschwindigkeit und gemessene Turbulenzintensität); Anwendung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie ohne Nennleistungsanpassung;
$\overline{P_{sim,P_{adapted}}(v)}$	der simulierte 10-min-Mittelwert der gemessenen Leistung nach der angegebenen Bedingung 1 ² : Gleichung M.1 ² gilt für die gemessene Windgeschwindigkeitsverteilung (gemessene mittlere Windgeschwindigkeit und gemessene Turbulenzintensität); Anwendung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie mit Nennleistungsanpassung.

B.3 BESTIMMUNG DER NULLTURBULENZ-LEISTUNGSKENNLINIEN

Die Nullturbulenz-Leistungskennlinie für den Fall ohne Nennleistungsanpassung (siehe Abb. B–2) wird gemäß Kapitel M.3³ im Zuge der Normierung der Messwerte auf eine Turbulenzintensität von 10 % ermittelt.

Für die Ermittlung der Nullturbulenz-Leistungskennlinie mit Nennleistungsanpassung wird auf das Zwischenergebnis der Nullturbulenz-Leistungskennlinie ohne Nennleistungsanpassung nach Abbildung M.4⁴ und M.5⁵ zurückgegriffen, indem die Nennleistung P_{rated} (maximale BIN-gemittelte Leistung) um die Differenz zwischen Zielnennleistung und spezifizierter Nennleistung der vermessenen Windenergieanlage angepasst wird. Die Einschaltwindgeschwindigkeit v_{cut-in} sowie der maximale Leistungsbeiwert $c_{p,max}$ werden unverändert übernommen. Entsprechend der angepassten Nennleistung und des angenommenen kubischen Anstiegs der Leistung mit der Windgeschwindigkeit unterhalb der Nennleistung ergibt sich damit eine angepasste Nennwindgeschwindigkeit v_{rated} . Mit der so veränderten korrigierten Anfangs-Nullturbulenz-Leistungskennlinie wird das Verfahren nach Abbildung M.6⁶ und M.7⁶ durchgeführt, um die Nullturbulenz-Leistungskennlinie für den Fall der Nennleistungsanpassung zu ermitteln. Es ist zu beachten, dass \hat{P} in M.6 auf Basis der korrigierten Anfangs-Nullturbulenz-Leistungskennlinie ohne Nennleistungsanpassung bestimmt werden muss.

² [1], Anhang M, S. 230

³ [1], Anhang M, S. 231ff

⁴ [1], Anhang M, S. 234

⁵ [1], Anhang M, S. 235

⁶ [1], Anhang M, S. 236

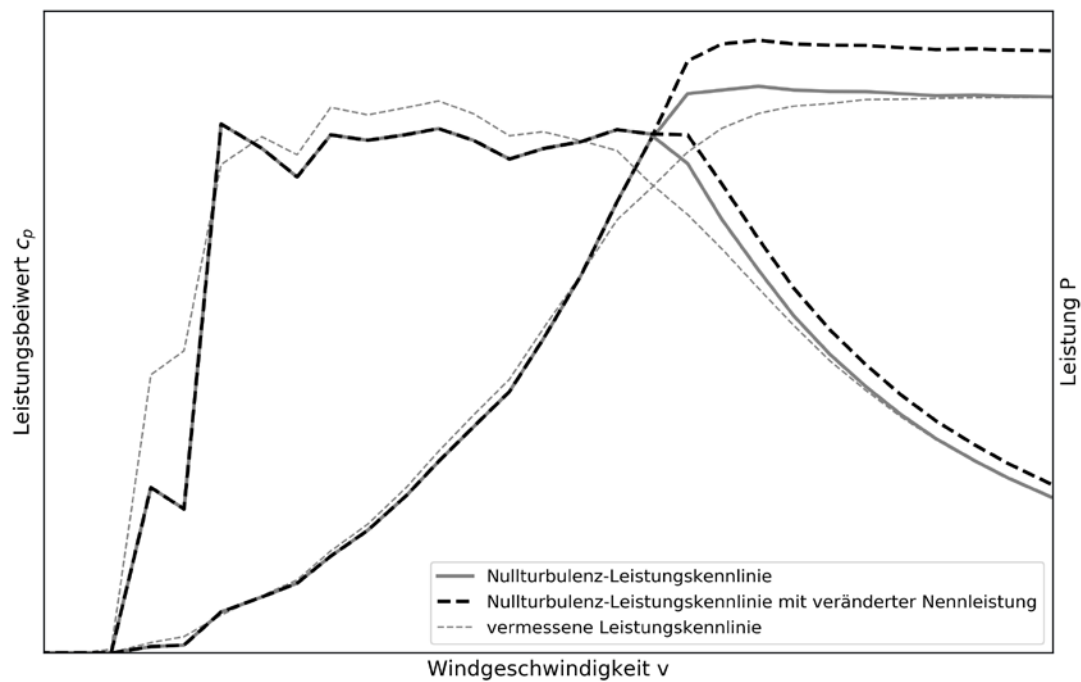


Abb. B–2: Nullturbulenz-Leistungskennlinien mit* und ohne** veränderter Nennleistung mit Hilfe derer $\overline{P_{P_{adapted}}(v)}$ bestimmt wird; *Basis für $\overline{P_{sim,P_{adapted}}(v)}$; **Basis für $\overline{P_{sim,P}(v)}$

Zitierte Normen und Richtlinien:

- [1] DIN EN 61400-12-1 (VDE 0127-12-1): 2017-12; Windenergieanlagen - Teil 12-1: Messung des Leistungsverhaltens einer Windenergieanlage (IEC 61400-12-1:2017).