



Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
Postfach 601150 | 14411 Potsdam

Landesamt für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz
Der Präsident
Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam, OT Groß Glienicke

Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam

Bearb.: Herr Krüsmann
Gesch.Z.: 5-3342/9+80#219210/2013
Hausruf: +49 331 866-7911
Fax: +49 331 27548-7911
Internet: www.mugv.brandenburg.de
Jens.Kruesmann@MUGV.Brandenburg.de

Potsdam, 28. April 2014

**Anforderungen an die Geräuschimmissionsprognose und die Nachweis-
messung von Windenergieanlagen (WEA)**

- (WEA-Geräuschimmissionserlass) -
vom 28. April 2014

Anlage: Anhang zum WEA-Geräuschimmissionserlass mit den Anlagen 1 und 2

Bei der Genehmigung von Windenergieanlagen (WEA) ist auf der Grundlage der Sechsten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm – vom 26.08.1998 (GMBl.S.503)) zu prüfen, ob die von den Anlagen ausgehenden Geräusche keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorrufen können und ob Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird.

Zu diesem Zweck ist vom Antragsteller eine Geräuschimmissionsprognose vorzulegen.

Grundlagen für die Ermittlung und Bewertung der Geräuschimmission von WEA sind im Anhang beigefügt.

Für die Prognose ist der Schalleistungspegel zu verwenden, der entsprechend DIN IEC 61400-11 und der Technischen Richtlinie zur akustischen Vermessung von Windenergieanlagen der Fördergesellschaft für Windenergie (Anhang, [12]) ermittelt wurde. Auf Empfehlung des Länderausschusses für Immissionsschutz (Anhang, [3]) ist für die Prognose im Regelfall der Schalleistungspegel zu verwenden, der bei einer standardisierten Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe, aber bei nicht mehr als 95 % der Nennleistung der WEA ermittelt wurde.

Dienstgebäude

- Heinrich-Mann-Allee 103
 Albert-Einstein-Straße 42-46

14473 Potsdam
14473 Potsdam

Telefon

Zentrale
Vermittlung über

Fax

(0331) 866-70 70/71
(0331) 866-7240

Tram-Haltestelle

Kunersdorfer Straße
Hauptbahnhof

Linien

91,92,93,96,X98,99
91,92,93,96,X98,99

Bei der Erstellung der Prognose ist zu beachten:

1. Die Ausbreitungsrechnung ist nach dem alternativen Verfahren gemäß 7.3.2 der DIN ISO 9613-2 (Anhang, [5]) durchzuführen.
2. Auf der Grundlage der Standardabweichungen der Eingangsgrößen und der entfernungsabhängigen Standardabweichung ist die obere Grenze des Vertrauensbereiches des Beurteilungspegels für eine Sicherheit von 90 % - „obere Vertrauensbereichsgrenze“ - zu berechnen.

Die Prüfung der Einhaltung der Schutzpflichten nach 3.2 TA Lärm hat auf der Grundlage der zuvor ermittelten oberen Vertrauensbereichsgrenze zu erfolgen.

Liegt für bereits bestehende WEA die obere Vertrauensbereichsgrenze nicht vor, so ist bei der Ermittlung der Vorbelastung mit einem pauschalen Sicherheitszuschlag von 2 dB (Produktions- und Wiederholungsstandardabweichung, entfernungsbedingte Standardabweichung) zum Beurteilungspegel zu rechnen. In die Ermittlung der Vorbelastung sind alle genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, die der TA Lärm unterliegen, einzubeziehen. Dazu gehören auch stationäre Geräte (Luftwärmepumpen, Lüftungs- und Klimaanlage, usw.) im Umfeld der maßgeblichen Immissionsorte.

Im Genehmigungsbescheid sind Kontrollwerte als anlagenbezogene Emissionswerte mit Angabe der oberen Vertrauensbereichsgrenze (Schalleistungspegel mit einer Sicherheit der Einhaltung von 90 % - $L_{WA,90}$) festzuschreiben. Wird ein geräuschreduzierter Betrieb angeordnet, so ist der zugehörige Schalleistungspegel als $L_{WA,90}$ festzulegen. Für die Nachprüfbarkeit des Betriebszustandes sind neben dem Betriebsmodus auch die elektrische Leistung, die Drehzahl sowie meteorologische Parameter für mindestens ein Jahr aufzuzeichnen und auf Verlangen der Überwachungsbehörde vorzulegen.

Die Prüfung der Einhaltung der Vorsorgepflicht erfolgt nach Nr. 3.3 TA Lärm; die Geräuschemissionen müssen so niedrig sein, wie dies zur Erfüllung der Vorsorgepflicht nötig ist. Der Stand der Technik zur Lärminderung ist einzuhalten.

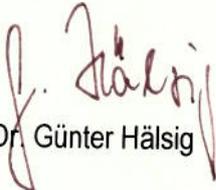
Im Regelfall hat nach Inbetriebnahme der Nachweis der Einhaltung der anlagenbezogenen Emissionswerte ($L_{WA,90}$) (Anlage liefert einen relevanten Beitrag bezogen auf den Immissionsrichtwert) zu erfolgen. Der Emissionswert ist eingehalten, wenn der messtechnisch ermittelte Beurteilungspegel zuzüglich der ausgewiesenen Messunsicherheit den $L_{WA,90}$ nicht überschreitet.

Der Nachweis hat für eine standardisierte Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe, aber für nicht mehr als 95 % der Nennleistung der WEA bzw. mit der in der Geräuschimmissionsprognose für den höchsten Schalleistungspegel zu Grunde gelegten Windgeschwindigkeit zu erfolgen. Ist für WEA ein geräuschoptimierter Betrieb angeordnet, so ist der Nachweis für dieses Betriebsregime zu erbringen. Die elektrische Leistung der WEA und die meteorologischen Parameter sind parallel zur Messung aufzuzeichnen und zu dokumentieren.

Die Überwachungsbehörde erstellt spätestens zum 30.04.2019 einen Bericht zu den gewonnenen Vollzugserfahrungen und unterbreitet Vorschläge zur Aktualisierung der Anforderungen an die Geräuschimmissionsprognose und die Nachweismessung von Windenergieanlagen (WEA).

Der Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg vom 31. Juli 2003, geändert durch Erlass vom 23.05.2013, wird hiermit aufgehoben.

Im Auftrag


Dr. Günter Hälsig

Anhang

zum WEA-Geräuschimmissionserlass vom 28.04.2014

Grundlagen für die Ermittlung und Bewertung der Geräuschimmission von Windenergieanlagen (WEA)

1 Ermittlung und Bewertung der Geräuschimmission im Rahmen von Genehmigungsverfahren

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren ist die Einhaltung der Immissionsrichtwerte nach 6.1 TA Lärm [1] durch eine Geräuschimmissionsprognose nachzuweisen. Diese Prognose ist für konkrete WEA-Standorte und konkrete Immissionsorte zu erarbeiten. Die maßgeblichen Immissionsorte sind genau zu bezeichnen und so zu wählen, dass es keine anderen bewohnten Orte gibt, an denen höhere Beurteilungspegel zu erwarten sind. Unbebaute Flächen, auf denen nach dem Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzbedürftigen Räumen erstellt werden dürfen, sind zu berücksichtigen. Zusätzlich zu diesen ortsbezogenen Geräuschimmissionsprognosen soll die zu erwartende Geräuschsituation in Form von Isophonen dargestellt werden.

1.1 Emissionsdaten

- (1) Die Ermittlung der Geräuschimmission erfolgt entsprechend A.2.2 TA Lärm für den Nennleistungsbetrieb der WEA. Bei WEA wird der Schalleistungspegel (L_{WA}) entsprechend [2] für standardisierte Windgeschwindigkeiten (v_{Std}) von 6, 7, 8, 9 und 10 m/s in einer Höhe von 10 m angegeben. Die standardisierte Windgeschwindigkeit ist eine rechnerische Größe. Sie wird unter Annahme eines Standardwindprofils aus der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe berechnet. Die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe wird über die Leistungskurve aus der gemessenen elektrischen Wirkleistung ermittelt.

Für die Geräuschimmissionsprognose wird der Schalleistungspegel für $v_{Std} = 10$ m/s bzw. der bei einer niedrigeren standardisierten Windgeschwindigkeit auftretende höchste Pegel verwendet. Bei großen Nabenhöhen können Fälle auftreten, in denen sich die WEA bei diesen Geschwindigkeiten im nichtlinearen Leistungsbereich oberhalb 95 % der Nennleistung befinden. In diesen Fällen wird der Schalleistungspegel bei 95 % Nennleistung (L_{WA-95}) angegeben und für die Geräuschimmissionsberechnung verwendet. Die dazugehörige standardisierte Windgeschwindigkeit kann dem ausführlichen anlagenbezogenen Schallgutachten entnommen werden. Sie wird in der Geräuschimmissionsprognose mit angegeben.

- (2) Bei älteren WEA-Typen wurden die Schalleistungspegel bei einer standardisierten Windgeschwindigkeit $v_{Std} = 8$ m/s ermittelt. Eine Umrechnung auf die standardisierte Windgeschwindigkeit $v_{Std} = 10$ m/s erfolgt durch Addition von 3 dB [3]. Bei Stall-geregelten WEA (i.d.R. nur noch bei vorhandenen älteren Anlagen) sind Aussagen zum Emissionsverhalten bis zur Abschaltgeschwindigkeit zu berücksichtigen.
- (3) Die Geräuschimmissionsberechnung erfolgt im Regelfall auf der Grundlage des mittleren Schalleistungspegels für den jeweiligen WEA-Typ. Wenn diese Mittelwerte nicht von den Herstellern angegeben werden, sind sie entsprechend Anlage 1 zu ermitteln. Dabei ist zu beachten, dass in die

Mittelwertbildung nur repräsentative Messwerte von WEA mit gleicher Nabenhöhe eingehen. Die Umrechnung auf einheitliche Nabenhöhen erfolgt entsprechend Anlage 1.

- (4) Kann der Schalleistungspegel nur auf der Basis eines anlagenbezogenen Schallgutachtens ermittelt werden, so ist für die Produktionsstandardabweichung σ_P entsprechend [3] ein Wert von $\sigma_P = 1,2$ dB anzunehmen (Anlage 1).
- (5) Bei der Errichtung von Prototypen, die noch nicht akustisch in einem Testfeld vermessen worden sind, ist eine besondere Sorgfalt bei der akustischen Planung erforderlich. Die zu erwartenden Schallemissionsdaten müssen durch den Hersteller verbindlich erklärt werden (Garantierter Schalleistungspegel).
- (6) Um den unterschiedlichen Standortbedingungen bezüglich der einzuhaltenden Immissionsrichtwerte Rechnung tragen zu können, gibt es bei einigen Herstellern mehrere Betriebsmodi. So gibt es Leistungskurven für eine schalloptimierte Betriebsweise von WEA. Der schalloptimierte Betrieb ist insbesondere bei pitchgeregelten WEA wirkungsvoll.

1.2 Ermittlung der Geräuschimmission durch Berechnung

- (1) Die allgemeinen Regelungen gemäß A.2 TA Lärm sind zu beachten.
- (2) Untersuchungen über die Schallausbreitung von hochliegenden Quellen zeigten [4], dass bei Anwendung des frequenzselektiven allgemeinen Berechnungsverfahrens nach 7.3.1 der DIN ISO 9613-2 [5] bei Ausbreitung über porösem Untergrund die berechnete Schalldämpfung größer ist als die messtechnisch ermittelte. Deshalb ist in Anlehnung an [6] als Berechnungsmethodik für die Schallausbreitung das alternative Verfahren nach 7.3.2 der DIN ISO 9613-2 [5] anzuwenden.
- (3) Eine meteorologische Korrektur erfolgt nicht. Für alle WEA ist mit $C_0 = 0$ zu rechnen.
- (4) Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung gemäß 2.4 TA Lärm sind zu berechnen. Zur Vorbelastung gehören nicht nur die bereits vorhandenen bzw. die geplanten WEA außerhalb der zu beurteilenden Windfarm, sondern auch alle genehmigungs- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, die der TA Lärm unterliegen, somit auch vorhandene und grundsätzlich zugelassene stationäre Geräte im Umfeld der maßgeblichen Immissionsorte.
- (5) Entsprechend TA Lärm sind bei Geräuschimmissionsprognosen auch Angaben über die Qualität der Prognose erforderlich. Als Qualitätsmaß des Beurteilungspegels ist in Anlehnung an [9] und [10] die obere Vertrauensbereichsgrenze mit einer statistischen Sicherheit von 90 % zu verwenden (Anlage 2).

1.3 Bewertung der Geräuschimmission

Die Bewertung der Zulässigkeit von Vorhaben erfolgt hinsichtlich ihrer immissionsschutzrechtlichen Verträglichkeit mit bereits vorhandener oder planerisch zulässiger Bebauung. Dabei ist zu prüfen, ob es durch die zu genehmigenden WEA zu Gefahren, erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen kommen kann [11].

- (1) Die immissionsschutzrechtliche Verträglichkeit ist aus Sicht des Lärmschutzes gegeben, wenn die Anforderungen von 3.2 TA Lärm mit hinreichender Sicherheit erfüllt sind.
- (2) Die Sicherheit ist hinreichend, wenn durch die Geräuschimmissionsprognose nachgewiesen wird, dass die entsprechend Anlage 2 ermittelte obere Vertrauensgrenze des Gesamtbeurteilungspegels mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % die Anforderungen von 3.2 TA Lärm erfüllt.
- (3) Bei der akustischen Vermessung [2] werden auch Angaben zur Tonhaltigkeit gemacht. Diese Angaben haben nur Gültigkeit für den Nahbereich. WEA mit einer Tonhaltigkeit (K_{TN}) von mehr als 1 dB entsprechen in der Regel nicht dem Stand der Technik. Sie sind dann aus Vorsorgegründen nicht zuzulassen.
- (4) Ist im Einzelfall nach den örtlichen Verhältnissen, insbesondere bei Überschreitung eines Immissionspegels von 40 dB(A) allein durch die Zusatzbelastung, zu prüfen, ob von Geräuschen, die vorherrschende Energieanteile im Frequenzbereich unter 90 Hz besitzen (tieffrequente Geräusche), schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen, ist die Beurteilung gemäß Nummer 7.3 TA Lärm und dem Anhang A.1.5 TA Lärm vorzunehmen. Dabei kann auf den Normentwurf DIN (E) 45680 als aktuelle Erkenntnisquelle zurückgegriffen werden.

2 Nachweismessung

Soweit im Regelfall der Nachweis der Einhaltung der anlagenbezogenen Emissionswerte ($L_{WA,90}$) gefordert wird, ist in den Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheides festzulegen, dass dies durch eine nach § 26 Bundes-Immissionsschutzgesetz bekanntgegebene Messstelle zu erfolgen hat.

Der Nachweis hat für eine standardisierte Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe, aber bei nicht mehr als 95 % der Nennleistung der WEA bzw. mit der in der Geräuschimmissionsprognose für den höchsten Schalleistungspegel zu Grunde gelegten Windgeschwindigkeit zu erfolgen. Ist ein schalloptimierter Betrieb angeordnet, so ist auch für dieses Betriebsregime der Nachweis zu erbringen. Die für den genehmigten Betriebszustand zutreffende standardisierte Windgeschwindigkeit wird im Folgenden als Sollwindgeschwindigkeit v_{soll} bezeichnet.

Neben den akustischen Daten müssen synchron die Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 10 m Höhe und die Betriebsdaten der WEA erfasst und aufgezeichnet werden.

Der Messaufwand zum Nachweis der Einhaltung der zulässigen Pegel ist auf das erforderliche Maß zu begrenzen. Akustische Besonderheiten der WEA sind zu berücksichtigen. Die Nachweismessung soll i.d.R. nachts stattfinden. Die erforderliche Messplanung ist zwischen Antragsteller und zuständiger Überwachungsbehörde abzustimmen.

Im Allgemeinen ist es hinreichend, Stichprobenmessungen vorzunehmen und Messungen nur an den WEA durchzuführen, die maßgeblich zur Schallimmission beitragen.

3 Quellenverzeichnis

- [1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI 1998 Nr. 26, S. 503)
- [2] DIN IEC 61400-11 Wind turbine generator systems, Part 11-Acoustic noise measurement techniques
- [3] Länderausschuss für Immissionsschutz: Beratungsunterlage und Niederschrift zu TOP A 1.4 der 99. Sitzung vom 10. bis 12. Mai 2000 in Lübbenau
- [4] Klug, H.; Mellert, V.; Radek, U.: Zuverlässigkeit von Geräuschemissionsprognosen bei gewerblichen Anlagen. Forschungsbericht 89-105 02 702. Umweltbundesamt Berlin (1989)
- [5] DIN ISO 9613-2:1999-10 Akustik; Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien, Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren
- [6] Fronz, W.; Piorr, D.; Kindel, R.: Windenergieanlagen und Immissionsschutz. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Materialien Nr. 63; Essen (2002)
- [7] Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen: Deutsche Übersetzung des "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Beuth Verlag GmbH 2012
- [8] DIN IEC 61400-14 TS Ed. 1 Wind turbines, Part 14: Declaration of sound power level and tonality values of wind turbines
- [9] Probst, W.; Donner, U.: Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49 (2002) Nr. 3 S. 86 - 90
- [10] Piorr, D.: Zum Nachweis der Einhaltung von Geräuschemissionswerten mittels Prognose. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 48 (2001), Nr. 5 S. 172 -175
- [11] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG, in der jeweils gültigen Fassung)
- [12] Fördergesellschaft für Windenergie e. V. unter Mitwirkung des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“ der Immissionsschutzbehörden und Messinstitute: Technische Richtlinie für Windenergieanlagen Teil 1, Bestimmung der Schallimmissionswerte
- [13] Heimann, D.: Klimatologische Bedingungen der Schallausbreitung. Fortschritte der Akustik. DAGA' 03, Aachen (2003)

Anlage 1

Umrechnung des Schalleistungspegels auf andere Nabenhöhen

Die Umrechnung des Schalleistungspegels einer WEA auf eine andere Nabenhöhe erfolgt nach folgender Berechnungsvorschrift:

$$(1) \quad L_{WA,neu}(v_{Std}) = \Delta L_{WA} + L_{WA,verm}(v_{Std})$$

$$(2) \quad \Delta L_{WA} = a \cdot v_{Std,ref} \cdot \left[\frac{\ln \frac{z_{N,neu}}{z_{0,ref}}}{\ln \frac{z_{N,verm}}{z_{0,ref}}} - 1 \right]$$

$$(3) \quad a = \frac{L_{WA,v2} - L_{WA,v1}}{\Delta v}$$

$$(4) \quad \Delta v = v_{Std 2} - v_{Std 1} \quad v_{Std 2} > v_{Std 1} \quad \text{in m/s}$$

Es bedeuten:

$L_{WA,neu}(v_{Std})$ Schalleistungspegel der neuen WEA bei der standardisierten Windgeschwindigkeit v_{Std}

$L_{WA,verm}(v_{Std})$ Schalleistungspegel der vermessenen WEA bei der standardisierten Windgeschwindigkeit v_{Std}

$L_{WA,v1}$ Schalleistungspegel bei $v_{Std 1}$

$L_{WA,v2}$ Schalleistungspegel bei $v_{Std 2}$

$v_{Std,ref}$ standardisierte Referenzwindgeschwindigkeit in 10 m Höhe

$z_{0,ref}$ = 0,05 m Referenzrauhigkeitslänge

$z_{N,neu}$ Nabenhöhe der neuen WEA

$z_{N,verm}$ Nabenhöhe der vermessenen WEA

Berechnung des mittleren Schalleistungspegels $L_{WA,m}$ und der Standardabweichung σ_{LWA} [8]

$$(5) \quad L_{WA,m} = \sum_{j=1}^n \frac{L_{WA,j}}{n}$$

$$(6) \quad s = \sqrt{\left[\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (L_{WA,j} - L_{WA,m})^2 \right]}$$

$$(7) \quad \sigma_{LWA} = \sqrt{\left[\frac{1+n}{n} \cdot (\sigma_R^2 + \sigma_P^2) \right]}$$

$$(8) \quad L_{WA,90} = L_{WA,m} + k \cdot \sigma_{LWA}$$

Es bedeuten:

- s Standardabweichung des Schalleistungspegels
- n Anzahl der vermessenen WEA
- σ_R Wiederholstandardabweichung; ein typischer Wert ist $\sigma_R = 0,5$ dB,
- σ_P Produktionsstandardabweichung; als Näherung gilt: $\sigma_P = s$,
wenn der Schalleistungspegel nur von einer WEA vorliegt $\sigma_P = 1,2$ dB (gemäß DIN EN 50376)
- $L_{WA,90}$ Obere 90 %ige Vertrauensbereichsgrenze,
- k Standardnormalvariable (für eine Sicherheit von 90 %: $k = 1,28$)

Anlage 2

Berechnung der Prognosequalität

In Anlehnung an [9] wird von dem Modell ausgegangen, dass die Prognoseunsicherheit mit zunehmender Entfernung von der Schallquelle zunimmt.

Demzufolge ist bei der Berechnung der Standardabweichung des Beurteilungspegels neben der Standardabweichung des Schalleistungspegels auch eine entfernungsabhängige Standardabweichung zu berücksichtigen. In Anlehnung an Abb. 1 von VDI 2714 und an Untersuchungen über den Einfluss der atmosphärischen Stabilität auf die Schallausbreitung [13] kann die entfernungsabhängige Standardabweichung der Schallpegel für Entfernungen ab 100 m abgeschätzt werden aus:

$$(9) \quad \sigma_d = 2 \cdot \lg \frac{d}{d_0} - 3 \quad \text{in dB}$$

Für $d \leq 100$ m gilt $\sigma_d = 1,0$ dB.

Die Standardabweichung ($\sigma_{p,j}$) der Teilimmissionspegel ($L_{p,j}$) ergibt sich aus:

$$(10) \quad \sigma_{p,j} = \sqrt{(\sigma_{LWA}^2 + \sigma_{d,j}^2)}$$

Die Standardabweichung des Gesamtpegels am Immissionsort ergibt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz [7] und in Anlehnung an [9] aus:

$$(11) \quad \sigma_p = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m (\sigma_{p,j} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p,j}})^2}}{\sum_{j=1}^m 10^{0,1 \cdot L_{p,j}}}$$

$$(12) \quad L_{p,90} = L_p + k \cdot \sigma_p$$

$$(13) \quad L_{r,90} = L_{p,90} + K_T + K_I$$

Es bedeuten:

σ_d Entfernungabhängige Standardabweichung

$d_0 = 1 \text{ m}$

d Abstand der WEA vom Immissionsort in m

$\sigma_{p,j}$ Standardabweichung der Teilimmissionspegel

σ_{LWA} Standardabweichung des Schalleistungspegels entsprechend Anlage 1

$L_{p,j}$ Teilimmissionspegel der einzelnen WEA

L_p Gesamtimmissionspegel der zu genehmigenden WEA

$L_{p,90}$ Obere Vertrauensbereichsgrenze des Gesamtimmissionspegels mit einer statistischen Sicherheit von 90 %

$L_{r,90}$ Obere Vertrauensbereichsgrenze des Gesamtbeurteilungspegels mit einer statistischen Sicherheit von 90 %

K_T Tonzuschlag am Immissionsort

K_i Zuschlag für Impulshaltigkeit am Immissionsort

k Standardnormalvariable (für eine Sicherheit von 90 %: $k = 1,28$)

m Anzahl der WEA