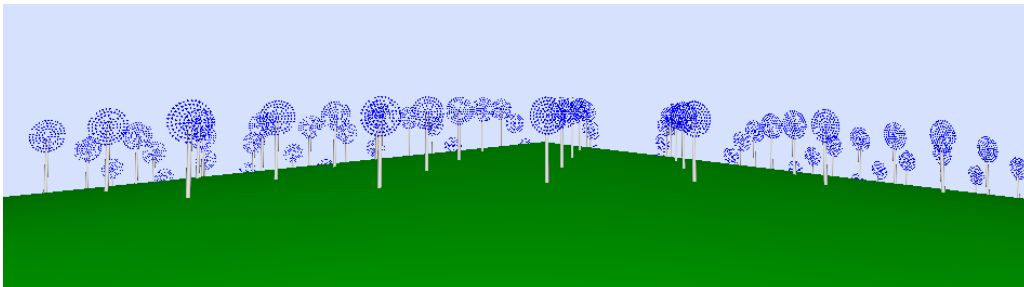


Berechnung der Unsicherheit bei Immissionsprognosen nach TA-Lärm



Wolfgang Probst
DataKustik GmbH
www.datakustik.de

April 2009

Einleitung

Nach TA-Lärm /1/ sind den mit einer Berechnung nachgewiesenen Beurteilungspegeln auch Angaben über die Qualität der Prognose beizufügen. Es ist allgemein anerkannter Stand der Technik, dass dies die Angabe einer Standardabweichung erfordert, mit der die Unsicherheit des ermittelten Beurteilungspegels mit einem bestimmten Vertrauensniveau gekennzeichnet wird.

Das Verfahren zur Berechnung dieser Unsicherheit ist 2002 in der Zeitschrift für Lärmbekämpfung /2/ veröffentlicht und seither umfassend eingesetzt worden. Es berücksichtigt die Unsicherheit der in der Prognose verwendeten Emissionsansätze für die relevanten Geräuschquellen sowie die Unsicherheit der Berechnung der Schallausbreitung auf der Basis der nach TA-Lärm anzuwendenden Internationalen Norm ISO 9613-2 /3/.

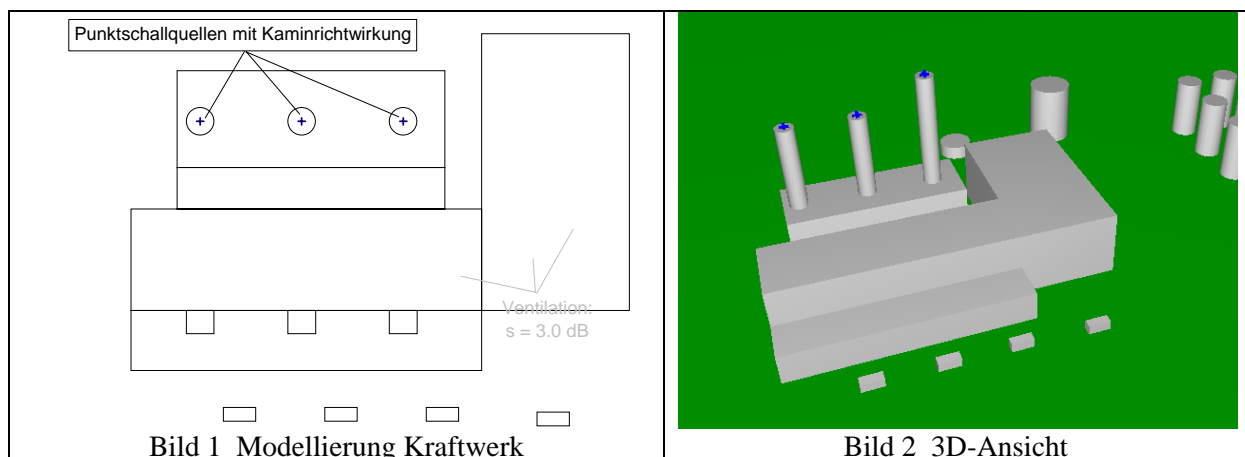
Inzwischen hat dieses Verfahren auch Eingang in rechtlich bindende Verordnungen und Erlasse gefunden (z. B. in /4/) und ist deshalb in dieser oder ähnlicher Form bei der Prognose von Geräuschimmissionen nach TA-Lärm in vielen Fällen zwingend anzuwenden.

Im folgenden wird dargestellt, wie einfach und zielgerichtet diese Einbeziehung der Unsicherheit in die Geräuschprognose mit dem Softwareprogramm CadnaA erfolgen kann.

Vorgehensweise

Ausgangspunkt zur Berechnung der Geräuschimmission ist eine Modellierung der zu beurteilenden Anlage sowie der Umgebung mit den Immissionsorten. Dabei sind alle topographischen und baulichen Gegebenheiten, die nach ISO 9613-2 einen relevanten Einfluss auf die Schallausbreitung haben können, zu berücksichtigen.

Im folgenden wird das Verfahren mit der – bewusst auf drei Schallquellen reduzierten – Kraftwerksanlage nach Bild 1 und 2 erläutert.



Die Emission der Schallquellen wird durch einen A-bewerteten Schallleistungspegel oder durch das Oktavband-Frequenzspektrum des Schallleistungspegels gekennzeichnet. Hierzu wird mit CadnaA – linkes Eingabefenster in Bild 3 – das entsprechende Frequenzspektrum der projektbezogenen Bibliothek referenziert. Bei vereinfachter Berechnung mit A-bewerteten Schallpegeln wird dieser Wert direkt eingetragen.

Zusätzlich zum Emissionswert oder –spektrum wird nunmehr auch die Standardabweichung eingegeben, mit der die Unsicherheit dieser Emissionsangabe gekennzeichnet wird. Dies erfolgt mit CadnaA im Memofenster (rechtes Fenster in Bild 3). Im Beispiel wird von einer Standardabweichung von 5 dB und damit von einer relativ unsicheren Angabe ausgegangen.

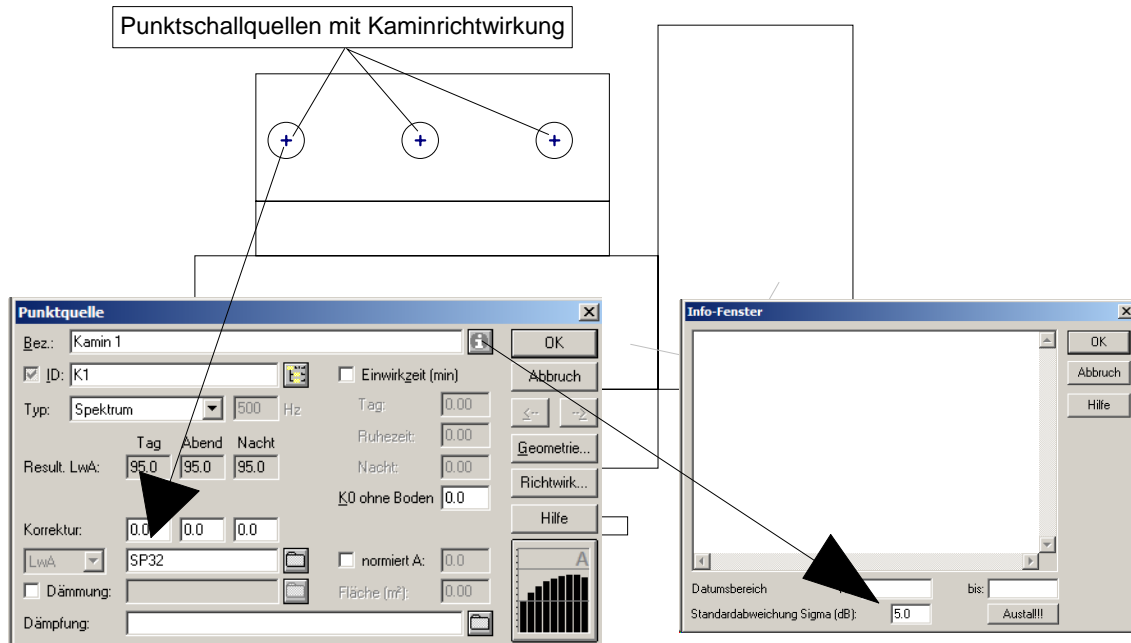


Bild 3 Eingabe von Emissionswert (linkes Fenster) und Standardabweichung (rechtes Fenster)

Entsprechend /2/ wird im ersten Schritt die Unsicherheit σ_n des Teilschallpegels L_n am Immissionsort aus

$$\sigma_n = \sqrt{\sigma_{E,n}^2 + \sigma_{D,n}^2} \quad (1)$$

mit

L_n von der Quelle n am Immissionsort verursachter Teilschallpegel

$\sigma_{E,n}$ Unsicherheit der Emissionsangabe von Quelle n

$\sigma_{D,n}$ Unsicherheit der Ausbreitungsrechnung von Quelle n zum Immissionsort

berechnet.

Im zweiten Schritt wird dann für jeden Immissionsort mit allen Teilschallpegeln L_n und deren Unsicherheiten σ_n die Unsicherheit des Beurteilungspegels L berechnet.

$$L = 10 \cdot \lg \left(\sum_n 10^{0,1 \cdot L_n} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_n (\sigma_n \cdot 10^{0,1 \cdot L_n})^2}}{\sum_n 10^{0,1 \cdot L_n}} \quad (3)$$

Für die o. g. Unsicherheit der Ausbreitungsrechnung σ_D sind unterschiedliche Vorschläge gemacht worden. In /2/ ist ein Ansatz der Form

$$\sigma_D = k \cdot \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) \text{ dB} \quad (4)$$

mit

k 2 dB bis 3 dB

d Abstand Quelle – Immissionsort

d₀ Bezugsabstand 10 m

gewählt worden. Mit $d < 10$ m ist der Wert für 10 m zu verwenden.

In einem Erlass zur Geräuschimmissionsprognose bei Windenergieanlagen in Brandenburg /4/ ist die Ausbreitungsunsicherheit festgelegt mit

$$\sigma_D = 2 \cdot \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) - 3 \text{ dB} \quad (5)$$

Wobei d₀ die Bezugsentfernung 10 m ist. Für $d \leq 100$ m gilt $\sigma_D = 1$ dB.

Mit CadnaA kann diese Ausbreitungsunsicherheit im Konfigurationsmenü allgemein für ein Projekt festgelegt werden.

In diesem Eingabefeld gelten die Abkürzungen

d 3D-Abstand Quelle Immissionsort

d2 2D-Abstand Quelle – Immissionsort

sowie alle weiteren für Ausdrücke in CadnaA verwendbaren Abkürzungen und Operatoren.

Somit können beliebige Formeln zur Festlegung der Ausbreitungsunsicherheit von Programmnutzer eingegeben und als Standardkonfiguration festgelegt werden. In der im Eingabefenster nach Bild 4 festgelegten Formel wird die Gleichung (4) verwendet, während mit einer Eingabe nach Bild 5 genau die Festlegung entsprechend dem o. g. brandenburgischen Erlass für die Geräuschprognose bei Windkraftanlagen umgesetzt wird.

Bild 4 Festlegung der Formel für die Ausbreitungsunsicherheit σ_D entsprechend Gleichung (4) mit $k=2$ dB

The screenshot shows the 'Berechnungskonfiguration' dialog box with the 'Zielgrößen' tab selected. The 'Ausbreitungskoeff Unsicherheit' field contains the formula $2.0 \cdot \log_{10}(\max(d, 100) / 10) - 3$. Other visible fields include 'Max. Fehler (dB): 0.0', 'Max. Suchradius (m): 2000.0', 'Mindestabstand Quelle-Immpkt (m): 0.0', 'Rasterinterpolation: (keine)', 'Max. Diff. Eckpunkte (dB): 10.0', 'Max. Diff. Mittelpkt (dB): 0.10', and checkboxes for 'Raster 'unter' Häusern extrapolieren' (checked) and 'Schnelle Abschirmung' (unchecked). The 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons are at the bottom.

Bild 4 Festlegung der Formel für die Ausbreitungsunsicherheit σ_D entsprechend Gleichung (5) gemäß dem brandenburgischen Erlass für die Geräuschprognose bei Windkraftanlagen.

Werden neben den Beurteilungspegeln Tag und Nacht auch die entsprechenden Standardabweichungen als Zielgrößen festgelegt, so erhält man an den Immissionspunkten oder auch im Raster sowohl den Beurteilungspegel wie auch die gewünschte Unsicherheit.

The screenshot shows the 'Berechnungskonfiguration' dialog box with the 'Zielgrößen' tab selected. It displays a table for defining target variables:

	Typ	Bez	Einheit	Formel
1:	Ld	<input checked="" type="checkbox"/> Tag	<input checked="" type="checkbox"/> dB(A)	ind
2:	Ln	<input checked="" type="checkbox"/> Nacht	<input checked="" type="checkbox"/> dB(A)	ind
3:	SigmaD	<input checked="" type="checkbox"/> Sigma Tag	<input checked="" type="checkbox"/> dB	indd+1.28*sigmad
4:	SigmaN	<input checked="" type="checkbox"/> Sigma Nacht	<input checked="" type="checkbox"/> dB	indn+1.28*sigman

Below the table, the checkbox 'Kompatibilitätsmodus für Industrie (Ruhezeit incl. Zuschlag im Tag enthalten)' is checked. The 'OK', 'Abbrechen', and 'Hilfe' buttons are at the bottom.

Bild 5 Festlegung der Zielgrößen, wobei sowohl die Beurteilungspegel wie auch die Sigma-Werte an den Immissionsorten getrennt nachgewiesen werden (zur Angabe der Qualität der Prognose nach TA-Lärm)

Mit dieser Angabe der Unsicherheit bzw. der Sigma an den Immissionsorten ist der diesbezüglichen Anforderung der TA-Lärm Rechnung getragen.

Damit kann aber auch ein Pegel bestimmt werden, der trotz der Prognoseunsicherheit entsprechend einem gewünschten Vertrauensniveau nicht überschritten werden soll.

Dieser Pegel kann aber auch direkt als Zielgröße festgelegt werden. Gemäß dem brandenburgischen Erlass für die Geräuschprognose bei Windkraftanlagen ist der Beurteilungspegel für ein Vertrauensniveau von 90 % zu bestimmen. Er ergibt sich aus

$$L_{p,90} = L_p + k \cdot \sigma_p \quad (6)$$

mit $k = 1.28$.

Hierzu wird im Eingabefenster der Berechnungskonfiguration die Zielgröße in entsprechender Weise festgelegt:

Typ	Bez	Einheit	Formel
Ld	Tag	dB(A)	ind
Ln	Nacht	dB(A)	ind
=f(x)	Ld,90	dB(A)	indd+1.28*sigmad
=f(x)	Ln,90	dB(A)	indn+1.28*sigman

Kompatibilitätsmodus für Industrie (Ruhezeit incl. Zuschlag im Tag enthalten)

Bild 6 Festlegung der Zielgrößen unter Berücksichtigung eines Vertrauensniveaus von 90 % gemäß brandenburgischem Erlass für die Geräuschprognose für Windkraftanlagen (Zielgrößen 3 und 4)

Damit kann mit CadnaA allen Anforderungen Rechnung getragen werden. Ob die immissionsbezogene Unsicherheit getrennt berechnet und nachgewiesen werden oder ob der entsprechend erhöhte Beurteilungspegel für ein bestimmtes Vertrauensniveau direkt berechnet werden soll – CadnaA erlaubt es, entsprechenden Anforderungen direkt und ohne den Aufwand erhöhende Zwischenschritte zu erfüllen.

Referenzen

[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] Probst, W.; Donner, U.: Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49 (2002) Nr. 3, S. 86 – 90

[3] DIN ISO 9613-2: Internationale Richtlinie : Akustik, Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien. Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, Beuth Verlag Berlin, 1998

[4] Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zu Anforderungen an die Geräuschemissionsprognose und an die Nachweismessung bei Windenergieanlagen (WEA) – (WEA – Geräuschemissionserlass) vom 31. Juli 2003