

Die Unsicherheit des Beurteilungspegels bei der Immissionsprognose

Ulrich Donner, Wolfgang Probst

ACCON GmbH, Berlin, München; Email: sekretariat@accon.de

Einleitung

Entsprechend TA-Lärm [1] ist es erforderlich, mit dem Ergebnis einer rechnerischen Immissionsprognose Angaben zur Unsicherheit der berechneten Immissionspegel mitzuteilen. Eine wesentliche und durch das gesamte Berechnungsverfahren nicht beeinflussbare Unsicherheit wird durch die Unsicherheit der Ausgangsdaten – i.d.R. die Schallleistungspegel der Quellen – verursacht.

Im vorliegenden Beitrag werden einige grundsätzliche Fragestellungen an Hand von Beispielen diskutiert und erläutert. Die Berechnungen erfolgen mit dem Programm Cadna/A [3], in dem die hier dargelegte Berechnungsmethodik bereits umgesetzt ist.

Grundlagen

Die statistischen Grundlagen zur Berechnung der Unsicherheiten bei der schalltechnischen Immissionsprognose sind in einem Artikel in der ZfL [2] erläutert. Hier erfolgt ein kurzer Abriss.

Der Teilbeurteilungspegel $L_{r,i}$, der von einer Schallquelle mit dem A-bewerteten Schallleistungspegel LWA_i am Immissionsort bewirkt wird, kann in seiner Berechnungsmethodik dargestellt werden als

$$L_{r,i} = LWA_i + D_i \quad \text{eq. 1}$$

D_i sind hierbei alle bei der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigenden Pegelminderungen (Abstandsmaß, Abschirmungen, Bodendämpfungen, etc.) und Pegelerhöhungen (Reflexionen, K0, etc.)

Ordnet man dem Schallleistungspegel eine Standardabweichung $\sigma_{LWA,i}$ und dem Term D_i eine Standardabweichung $\sigma_{D,i}$ zu, so ergibt sich für den berechneten Teilbeurteilungspegel $L_{r,i}$ eine Standardabweichung $\sigma_{r,i}$ aus

$$\sigma_{r,i}^2 = \sigma_{LWA,i}^2 + \sigma_{D,i}^2 \quad \text{eq. 2}$$

Im Sinne einer Arbeitshypothese wird im Programm CadnaA [4] von einer abstandsabhängigen Unsicherheit $\sigma_{D,i}$ ausgegangen:

$$\sigma_{d,i} = k \cdot \lg(d/d_0) ; \quad d_0 = 10m \quad \text{eq. 3}$$

Für $k=2$ entspricht dies einer Zunahme der Unsicherheit von 2 dB je Verzehnfachung der Abstandes des Immissionsortes von der Schallquelle.

Die Standardabweichung σ_r für den aus zwei Einzelpegeln L_{r1} und L_{r2} gebildeten Summenpegel L_r mit

$$L_r = 10 \cdot \lg(10^{0.1 \cdot L_{r1}} + 10^{0.1 \cdot L_{r2}}) \quad \text{eq. 4}$$

ergibt sich nach dem Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz:

$$\begin{aligned} \sigma_r^2 &= \left(\frac{\partial L_r}{\partial L_{r1}}\right)^2 \cdot \sigma_{r1}^2 + \left(\frac{\partial L_r}{\partial L_{r2}}\right)^2 \cdot \sigma_{r2}^2 \\ &+ 2 \cdot \left(\frac{\partial L_r}{\partial L_{r1}}\right) \cdot \left(\frac{\partial L_r}{\partial L_{r2}}\right) \cdot \sigma_{12} \end{aligned} \quad \text{eq. 5}$$

Als Parameter sind die Unsicherheiten der Ausgangspegel, die durch die Standardabweichungen σ_{r1} und σ_{r2} gekennzeichnet sind, sowie die Kovarianz σ_{12} der beiden Ausgangspegel zu berücksichtigen.

Für statistisch unabhängige Ausgangspegel ($\sigma_{12}=0$, paarweise für alle Ausgangspegel) berechnet sich die Unsicherheit des Beurteilungspegel nach

$$\sigma_{r,i} = \frac{\sqrt{\sum (\sigma_{r,i} \cdot 10^{0.1 \cdot L_{r,i}})^2}}{\sum 10^{0.1 \cdot L_{r,i}}} \quad \text{eq. 6}$$

Unsicherheit des Beurteilungspegels

In der folgenden Abbildung ist die Unsicherheit des Beurteilungspegels für zwei gleiche Schallquellen angegeben. In der Mitte zwischen den Quellen nimmt die Unsicherheit die geringsten Werte an, da hier der Beurteilungspegel am stärksten durch die Beiträge beider Quellen bestimmt werden. In den anderen Bereichen dominiert jeweils eine Schallquelle.

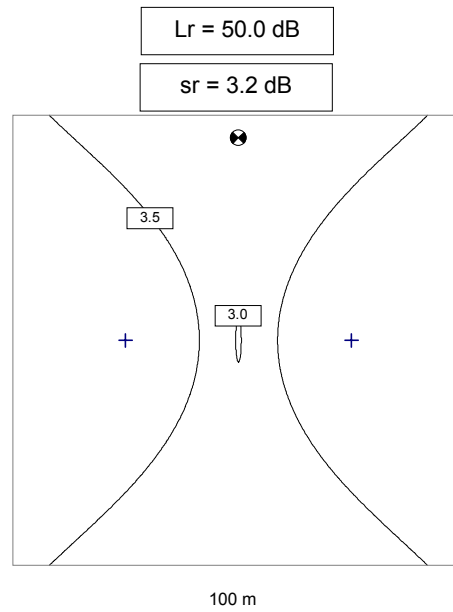


Abbildung 1: Unsicherheit des Beurteilungspegels von 2 gleichen Punktschallquellen ($LWA_i = 100 \text{ dB}$, $s_{LWA,i} = 4 \text{ dB}$, $k = 2$)

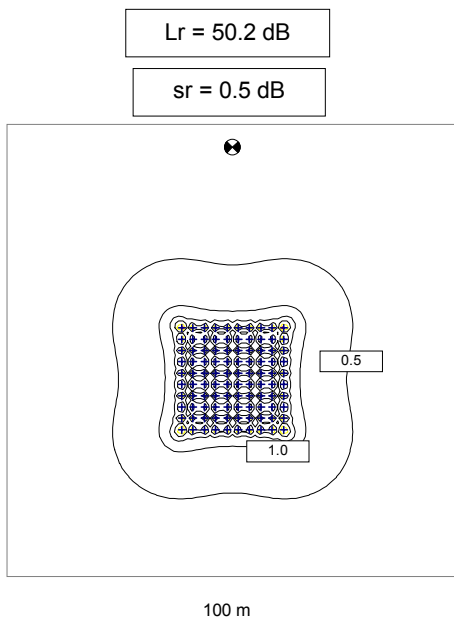


Abbildung 2: Unsicherheit des Beurteilungspegels von 100 gleichartigen Punktschallquellen ($LWA_i = 83 \text{ dB}$, $s_{LWA,i} = 4 \text{ dB}$, $k = 2$)

Im Falle von 100 Schallquellen, die alle einen ähnlichen Teilbeurteilungspegel bewirken, hat die Vielzahl der statistisch unabhängigen Werte einen drastischen Rückgang der Unsicherheit des prognostizierten Beurteilungspegels zur Folge.

Grundsätzlich zeigen die Berechnungen folgende für die Praxis relevanten Ergebnisse:

- Bei Anlagen mit wenigen pegelbestimmenden Teilbeurteilungspegeln sind die Unsicherheiten der prognostizierten Beurteilungspegel in der Regel relativ hoch (dies trifft oft für kleine Betriebe zu).
- Bei Anlagen mit einer Vielzahl von Schallquellen, die ähnliche Teilbeurteilungspegel bewirken, sind die Unsicherheiten der prognostizierten Beurteilungspegel in der Regel relativ gering (dies trifft oft für große, schalltechnisch optimierte Betriebe zu).
- Die Geräuschemissionsangaben pegelbestimmender Schallquellen sollten im Sinne einer geringen Unsicherheit der prognostizierten Beurteilungspegel möglichst genau ermittelt werden.
- Zum Erlangen einer hohen Prognosesicherheit ist es nicht erforderlich, die Geräuschemissionsangaben leiser Schallquellen mit geringen Teilbeurteilungspegeln sehr genau zu bestimmen.

Statistisch nicht unabhängige Ausgangspegel

Bei der Immissionsprognose werden Linien- und Flächenschallquellen unterteilt, so dass die Teilstücke als Punktschallquellen betrachtet werden können. In diesem Fall hat die Kovarianz aller Teilstücke paarweise untereinander den Wert $\sigma_{12} = 1$.

Bleibt dies unberücksichtigt, so führen die Berechnungen zu erheblich geringeren Unsicherheiten, als tatsächlich vorhanden. In dem folgenden Beispiel wird dies anhand einer Linienschallquelle erläutert. Abbildung 3 zeigt die Unsicherheit der Beurteilungspegel einer

Linienschallquelle und Abbildung 4 zeigt die Unsicherheiten bei Zerlegung dieser Schallquelle in 8 statistisch unabhängige Schallquellen.

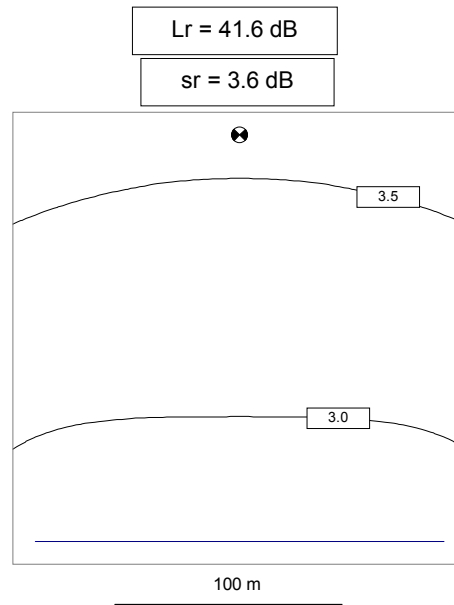


Abbildung 3: Unsicherheit des Beurteilungspegels einer Linienschallquelle ($LWA_i = 100 \text{ dB}$, $s_{LWA,i} = 2.5 \text{ dB}$, $k = 2$)

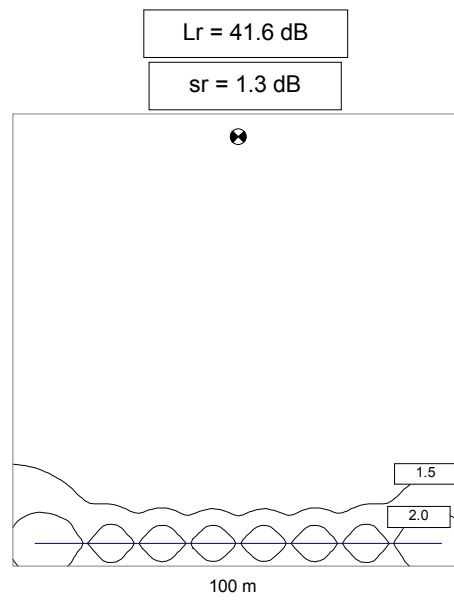


Abbildung 4: Unsicherheit des Beurteilungspegels der Linienschallquelle mit 8 statistisch unabhängigen Teilabschnitten ($LWA_i = 90.9 \text{ dB}$, $s_{LWA,i} = 2.5 \text{ dB}$, $k = 2$)

[1] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm vom 26.08.1998, (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 – Mai

[3] CADNA/A, Schallimmissionsprogramm der Fa. DataKustik