

Alternativkonzept zur Bestimmung des Impulszuschlages im Vergleich zum Taktmaximalpegel-Verfahren

Michael Köster, Berthold M. Vogelsang

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; Email: Dezernat45@nlloe.niedersachsen.de

Einleitung

Bei Geräuschen mit einer besonderen zeitlichen Struktur wird die höhere Lästigkeit gegenüber Geräuschen mit gleichem Energieinhalt durch den sogenannten Impulszuschlag KI berücksichtigt. Für Geräusche von gewerblichen Anlagen errechnet sich der Zuschlag nach [TA-Lärm 1998] aus der Differenz $LpAFTeq - LpAFeq$. Vorgeschaltet ist jedoch eine subjektive Entscheidung des Gutachters, ob ein impulshaltiges Geräusch vorliegt oder nicht (A.3.3.6). Das Taktmaximalpegel-Verfahren ist allerdings eine deutsche Besonderheit. Auf internationaler Ebene existiert es ebensowenig, wie ein anderes allgemein anerkanntes Verfahren zur Bestimmung eines Impulszuschlages. Im Rahmen der Überarbeitung der ISO 1996 [ISO/DIS 1996-1], [ISO/CD 1996-2], [ISO 2001] wurde von dänischer Seite ein Vorschlag für ein solches Verfahren (i. F. N027 genannt) eingebracht. Ein systematischer Vergleich des Verfahrens mit dem Verfahren nach TA-Lärm steht jedoch noch aus.

Beschreibung des Verfahrens

Das Verfahren nach N027

Das von dänischer Seite vorgeschlagene Verfahren und die zugrundeliegenden Untersuchungen sind von [Pedersen 2000/2001] beschrieben worden. Ausgehend von $LpAF(t)$ gelten Ereignisse als auffällig, die einen Pegelanstieg > 10 dB/s verursachen. Von den Parametern, die einen Impuls beschreiben, verwendet das Verfahren die Anstiegsgeschwindigkeit (Onset Rate OR) und die Pegeldifferenz (Level Differenz LD) zur Quantifizierung der Auffälligkeit (Prominence P) und der Berechnung des Impulszuschlages $KI(N027)$. Der Impulszuschlag wird für jeweils eine Zeit von 30 min repräsentativ durch den Impuls mit der höchsten Auffälligkeit bestimmt. Insbesondere dieser Teil des Vorschlages ist nicht durch spezielle Untersuchungen abgesichert, sondern muss als Vorschlag für eine Konvention verstanden werden. Vor allem an dieser Stelle erscheint es zulässig, das Verfahren zu modifizieren.

Ein modifiziertes Verfahren

Die hier vorgeschlagene Modifizierung des Verfahrens N027 beruht auf Anforderungen, die sich aus der Messpraxis ergeben:

Eine Anforderung ist, dass der gesuchte Impulszuschlag repräsentativ für die jeweilige während der Messdauer erfasste Geräuschsituation sein muss. Dies ist schwer zu gewährleisten, wenn der Impulszuschlag (unter der Annahme von realistischen Messzeiten) auf der Auswertung singularer Ereignisse beruht. Im Hinblick auf verbesserte Verfahrensweisen heißt das, es sollten bei üblichen Messzeiten mehrere auffällige Ereignisse in die Ermittlung des KI eingehen. Insbesondere erscheint es auch aus Gründen der Plausibilität erforderlich zu sein, die Impulsdichte zu berücksichtigen, weil es erfahrungsgemäß im Hinblick auf die Lästigkeit einen Unterschied darstellt, ob ein Ereignis einmal oder mehrfach innerhalb eines Zeitintervalls von z.B. 30 min auftritt (vgl. [Pompetzki 2002]). Die Vorschrift zur Bestimmung eines Gesamt-Impulszuschlages ist durch die maßgeblichen Regelwerke TA-Lärm und ISO 1996 in der Bildungsvorschrift für den Beurteilungspegel (Rating) bereits vorgegeben.

Bei dem hier vorgeschlagenen Verfahren wird die Messzeit zunächst in Intervalle gleicher Länge Δt unterteilt. Für jedes Intervall wird gemäß N027 ein Impulszuschlag $KI,i(X)$ berechnet, wobei X die Länge von Δt in s beschreibt. Die Teilbeurteilungspegel

($LpAeq,i + KI,i(X)$) aller Intervalle werden energetisch gemittelt. Der Impulszuschlag über die gesamte Messzeit ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Mittelwert aller Teilbeurteilungspegel und dem $LpAeq,Tr$ über die gesamte Beurteilungszeit Tr . Dieses Verfahren wird i. F. N027TX genannt.

$$KI(N027TX) = 10 * \log\left(\frac{1}{T_r} * \sum(10^{0,1*(KI,i(X)+LpAeq,i)}\right) - LpAeq, T_r \quad (1)$$

Ein wesentlicher Unterschied zu anderen bereits vorgeschlagenen Erweiterungen des N027-Verfahrens [Pompetzki 2002] ist hier, dass nicht jeder Impuls, der als solcher erkannt wird, in den Gesamt-Impulszuschlag eingeht, sondern nur jeweils derjenige, der innerhalb von Δt die größte Auffälligkeit besitzt.

Vergleich anhand von Geräuschbeispielen

Um die Auswirkungen der hier diskutierten Verfahren auf die Beurteilungs-Praxis abschätzen zu können, wurden Vergleichsrechnungen angestellt. Als Datengrundlage für den Vergleich dienten 59 Geräuschbeispiele, die bereits 1990 im Rahmen eines UBA-Forschungsberichtes [Kurze 1990] Verwendung fanden. Für einen Vergleich wurde jeweils die Differenz ΔKI der Impulszuschläge nach den unterschiedlichen Verfahren ausgewertet und mittels einiger statistischer Kenngrößen beschrieben. Der Impulszuschlag nach dem Taktmaximalpegel-Verfahren wird als $KI(TA)$ bezeichnet. Zusätzlich wurden der Korrelationskoeffizient R^2 für die Impulszuschläge und ebenfalls deren Extremwerte betrachtet.

Vergleich $LpAFTeq - N027$

Es wurde die Größe ΔKI gemäß (2) berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt.

$$\Delta KI = KI(TA) - KI(N027) \quad (2)$$

Es zeigt sich, dass die Abweichung der KI im Einzelfall erheblich ist. Im Mittel liefert das Verfahren nach N027 um 1,0 dB höhere Impulszuschläge als das Taktmaximalpegel-Verfahren. Der Korrelationskoeffizient (Tabelle 2) zeigt, dass der statistische Zusammenhang der Impulszuschläge nicht sehr eng ist. Die hier betrachteten Beispiele hatten eine Länge von einigen Minuten. Es kann erwartet werden, dass die mittlere Abweichung bei längeren Messzeiten wächst und die Korrelation schwächer wird.

ΔKI in dB	TA	N027	N027T5	N027T30
Minimum	-	-5,6	-2,1	-4,6
Maximum	-	2,7	5,2	3,7
Mittelwert	-	-1,0	2,2	0,4
Standardabw.	-	1,6	1,3	1,5
KI in dB				
Maximum	10,9	9,8	7,0	9,6
Minimum	1,9	0	0	0

Tabelle 1: Vergleich von ΔKI und KI bei Anwendung der verschiedenen Verfahren

Vergleich LpAFTeq - N027T5

Es wurde die Größe ΔKI gemäß (3) berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Intervalllänge Δt betrug 5 s.

$$\Delta KI = KI(TA) - KI(N027T5) \quad (3)$$

Das Verfahren führt auf KI , die im Mittel 2,2 dB geringer sind als nach Taktmaximalpegel-Verfahren. Die Einbeziehung vieler Impulse bei der Bestimmung von KI senkt erwartungsgemäß die Abweichung im Einzelfall und verbessert die Korrelation (Tabelle 2) mit den Zuschlägen nach Taktmaximalpegel-Verfahren.

Vergleich LpAFTeq - N027T30

Es wurde die Größe ΔKI gemäß (4) berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Intervalllänge Δt betrug 30 s.

$$\Delta KI = KI(TA) - KI(N027T30) \quad (4)$$

Die Anwendung dieses Verfahrens N027T30 führt auf um 0,4 dB geringere Impulszuschläge als das Taktmaximalpegel-Verfahren. Die Korrelation (Tabelle 2) ist geringfügig besser als zwischen Taktmaximalpegel-Verfahren und N027. Die Spanne der Abweichungen bleibt praktisch gleich.

	TA	N027	N027T5	N027T30
TA	1,00	0,72	0,81	0,77
N027	0,72	1,00	0,80	0,91
N027T5	0,81	0,80	1,00	-
N027T30	0,77	0,91	-	1,00

Tabelle 2: Vergleich der Korrelationskoeffizienten R^2 für die KI nach den jeweiligen Verfahren

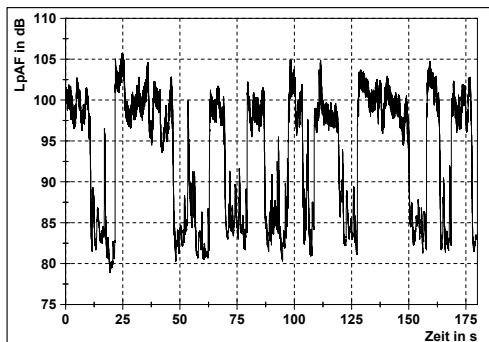


Abbildung 1: Geräuschbeispiel Hammer/Meißel.
 $KI(TA) = 4,1 \text{ dB}$, $KI(N027T30) = 8,7 \text{ dB}$

Zusammenfassung

Durch die Einführung eines (vergleichsweise kurzen) Zeitintervalls zur Bestimmung des Impulszuschlages nach N027 und anschließender Bestimmung eines mittleren Impulszuschlages kann der Verfahrensvorschlag N027 sinnvoll ergänzt werden. Insbesondere die mittlere Abweichung vom Taktmaximalpegel-Verfahren bei Anwendung auf 59 Geräuschbeispiele gewerblichen Ursprungs (außer reinem Verkehrslärm) kann durch die Variation der Intervalllänge Δt eingestellt werden. Als besonders günstig erweist sich eine Intervalllänge von 30 s, weil dabei die mittlere Abweichung klein ist und der statistische Zusammenhang mit dem Ursprungsverfahren weitgehend erhalten bleibt. Weiterhin ist bemerkenswert, dass der geringste Impulszuschlag nach den N027-Verfahren 0 dB betrug und somit die systematische Schwäche des Taktmaximalpegel-Verfahrens, messtechnisch in der Praxis immer einen Impulszuschlag > 0 zu liefern, nicht auftrat. Insbesondere in Situationen, in denen ein relativ stationärer und leiser Zustand mit einem schnellen Anstieg in einen relativ stationären und lauten Zustand übergeht, ist die Bewertung durch das N027-Verfahren deutlich schärfer (Abbildung 1).

Schlussfolgerungen

Um zu einer Bewertung zu kommen, werden zunächst folgende Überlegungen angestellt:

- Bei der Einführung des Taktmaximalpegel-Verfahrens wurde 1965 von [Lübke 1965] versucht, die damaligen Erkenntnisse über die Wirkung von **kurzzeitig einwirkenden und im Pegel schwankenden** Geräuschen vor allem auch unter Berücksichtigung der damals beschränkten messtechnischen Möglichkeiten in ein praktikables Verfahren umzusetzen.
- Der Vorschlag N027 beruht auf neueren Erkenntnissen zur Lästigkeit von **impulshaltigen** Geräuschen. Insbesondere berücksichtigt er neben dem Parameter der Pegeldifferenz (LD) auch explizit den der Anstiegsgeschwindigkeit (OR). Es ist darum plausibel, (bei zusätzlicher Berücksichtigung der Wiederholfrequenz) von diesem Verfahren eine differenziertere Aussage bezüglich der Lästigkeit zu erwarten.
- Unter diesen Gesichtspunkten sind eine nur mäßige Korrelation des neuen Verfahrens mit dem Taktmaximalpegel-Verfahren und erhebliche Abweichungen im Einzelfall zu erwarten und hinzunehmen.
- Problematisch im Hinblick auf die Akzeptanz des Verfahrens wäre jedoch eine im Mittel erhebliche Abschwächung oder Verschärfung der Beurteilungskriterien.

Unter Berücksichtigung dieser Aspekte erfüllt das modifizierte Verfahren N027T30 die wesentlichen Voraussetzungen, um als Alternative zum Taktmaximalpegel-Verfahren eingesetzt werden zu können. Ein wesentlicher Vorteil wäre die Objektivierung der Forderung aus TA-Lärm, A.3.3.6, dass der Impulszuschlag nur beim Vorliegen von impulshaltigen Signalen zu vergeben ist, die gegenwärtig eine subjektive Entscheidung des Gutachters verlangt. Auch auf eine Konvention gemäß [DIN 45645-1], 4.2.1 ($KI = 0 \text{ dB}$, wenn $LpAF_{Teq} - LpA_{eq} < 2 \text{ dB}$) könnte verzichtet werden. Der höhere messtechnische Aufwand dürfte angesichts der heutigen Möglichkeiten der digitalen Datenverarbeitung kein grundsätzliches Problem darstellen.

[ISO/DIS 1996-1] Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and Assessment procedures.

[ISO/CD 1996-2] Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels.

[ISO 2001] Objektiv methode for measuring the prominence of impulsive sounds and for adjustment of LAeq, Committee draft for ISO/CD 1996-2 annex D.

[Kurze 1990] Kurze, U. J. et al.: Vergleich von Messgrößen im Rahmen der TA-Lärm Beurteilung; Teil 2: Prognose der Impulshaltigkeit von Industrieeräuschen. UBA-Forschungsbericht 105 02 703 (1990).

[Pompetzki 2002] Pompetzki, W.; Przybilla, T.: Behandlung der Impulshaltigkeit in der ISO/CD 1996-2 unter Berücksichtigung neuerer Ansätze. DAGA 2002.

[TA-Lärm 1998] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA-Lärm), 26. August 1998, GMBL, S. 503.

[Pedersen 2000] Pedersen, T. H.: Audibility of impulsive sounds in environmental noise. Inter-Noise 2000 CD-Rom proceedings.

[Pedersen 2001] Pedersen, T. H.: Objective methode for measuring the prominence of impulsive sounds an for adjustment of LAeq. Inter-Noise 2001 CD-Rom proceedings.

[Lübke 1965] v. Lübke, A.: Zur Beurteilung von Geräuscheinwirkungen mit wechselndem Pegel. Lärmbekämpfung, Heft 1, 1965, S. 7 - 16.

[DIN 45645-1] Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen - Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Juli 1996.