

Untersuchung zum Betriebsgeräusch von Videoprojektoren für die Entwicklung eines Konzepts für Geräuschklassen von IT-Geräten

Gregor Feneberg

Müller-BBM GmbH, Robert-Koch-Str. 11, 82152 Planegg/München, E-Mail: gregor.feneberg@muellerbbm.de

Einleitung

Das von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in Dortmund geleitete Projekt startete Anfang 2009 mit einer Laufzeit von 1 ½ Jahren. Es soll ein System für verschiedene IT-Produktgruppen erarbeitet werden, welches deren Geräuschemission vergleichbar wie bei den Energieverbrauchsklassen der Haushaltsgeräte in verschiedene Klassen überträgt.

Zwar existieren derzeit genormte und detailliert ausgeführte Vorschriften nach ISO 7779 [1] bzw. ISO 9296 [2] zur Messung und Deklaration der Geräuschaussendung von IT-Geräten, für den technischen Laien oder typischen Verbraucher sind diese Aussagen in der Praxis jedoch schwer bzw. gar nicht vergleichbar.

Die Zusammenführung der schon existierenden Messverfahren für die Geräuschmessung von IT-Geräten, mit einer Kategorisierung unter Berücksichtigung von psychoakustischen Messverfahren, nimmt einen Schwerpunkt der Untersuchung ein.

Um dieses Konzept hinsichtlich einer gehörrihtigen Bewertung zu überprüfen, wurde das Betriebsgeräusch von 12 Daten- und Videoprojektoren u.a. in der Schalleistung und Tonhaltigkeit nach DIN 45681 gemessen, ausgewertet und ergänzend einem Hörvergleich unterzogen.

Messungen an 12 Videoprojektoren

Für die Untersuchung wurden 12 verschiedene Daten- und Videoprojektoren einer Preisspanne von 500 € - 3000 € herangezogen und mit P01 - P12 verschlüsselt. Die physikalische Bildauflösung der Geräte lag bei 1024 x 768, 1280 x 720 oder 1920 x 1080 Pixel (Full HD). Die Geräte wurden auf einem Tisch in Neutraleinstellung (kein ECO Modus) betrieben. Die Messbedingungen waren vergleichbar mit der ISO 7779 und ISO 3745 (Freifeld-Halbraum mit Grundgeräuschpegel kleiner als 5 dB(A)).



Abbildung 1: Testgeräte P01 - P12

Die Schalleistungsmessungen wurden mit fünf 1“ Mikrofonen, die Hörvergleiche mit einer binauralen Aufnahme über Kunstkopf in 1 m Abstand durchgeführt.

Auditiver Hörvergleich

Die Betriebsgeräusche der Projektoren wurden von insgesamt 19 Testpersonen (Ø 29,7 Jahre, 32% weiblich) mit der Methode des Paarvergleichs hinsichtlich der Lästigkeit beurteilt. Das Abhören erfolgte über elektrostatische Kopfhörer. Pro Gerät und Person wurden somit 66 Beurteilungen abgegeben, hierbei wurde jeweils auch die intraindividuelle Schwankung bestimmt. Die interindividuellen Schwankungen betragen hinsichtlich des Konsistenzintervalls 0,97.

Die Ergebnisse des Hörvergleichs, geordnet nach der Lästigkeit, werden zusammen mit den Schalleistungsmessungen im folgenden Abschnitt dargestellt.

Schalleistungsmessung nach ISO 7779 / 9296

Nach der Messung im Freifeld-Halbraum wurden die Schalleistungen der Testgeräte nach ISO 7779 bestimmt und der deklarierte A-bewertete Schalleistungspegel nach ISO 9296 in Bel angegeben (1 B = 10 dB). Die Resultate werden in folgender Tabelle den Hörvergleichen gegenübergestellt.

Code	Lästigkeit des Betriebsgeräuschs (Hörvergleich)	L wAd nach ISO 7779 + ISO 9296 (bzw. ECMA-74 / ECMA-109)
		B (Bel)
P04	1	4,1
P07	2	4,2
P05	3	4,5
P06	4	4,6
P03	5	4,4
P10	6	4,9
P02	7	4,9
P09	8	5,2
P08	9	5,1
P01	10	5,2
P11	11	5,5
P12	12	5,4

Tabelle 1: Schalleistungspegel und Hörtest im Vergleich (1= geringste Lästigkeit; 12 = höchste Lästigkeit)

Bei den Projektoren Nr. P03, P08 und P12 korreliert die Schalleistung nicht mit dem Höreindruck. Die Korrelation der beiden Untersuchungsreihen, ausgedrückt über das Bestimmtheitsmaß R^2 , liegt bei 0,914.

Tonhaltigkeit nach DIN 45 681

Aufgrund von Voruntersuchungen wurde die Bestimmung der Tonhaltigkeit nach der Norm DIN 45 681 [3] durchgeführt, die sich in Untersuchungen wie [4] als geeignet erwiesen hat.

In Abweichung der Norm wurden die durch die Norm auf S. 17 angegebenen Tonzuschläge K_T in Abhängigkeit von ΔL modifiziert und abgeschwächt. Die Differenz ΔL des Tonpegels L_T wurde mit dem Faktor 2 beaufschlagt, so dass der maximale Tonzuschlag statt bei $\Delta L \geq 12$ dB erst ab $\Delta L \geq 24$ dB zutrifft.

Code	Lästigkeit des Betriebsgeräuschs (Hörvergleich)	Tonhaltigkeit nach DIN 45 681 Mikrofonkanal 1 (front) - Energetischer Mittelwert der Pegeldifferenzen ΔL der 3s Intervalle	Tonzuschlag K_T nach DIN 45681	Tonzuschlag K_{Tmod}
		dB	K_T	K_{Tmod}
P04	1	1,4	1	1
P07	2	6,4	4	2
P05	3	2,2	2	1
P06	4	0,1	1	1
P03	5	12,2	6	4
P10	6	3,9	2	1
P02	7	2,4	2	1
P09	8	5,4	3	2
P08	9	14,5	6	4
P01	10	4,9	3	2
P11	11	0,7	1	1
P12	12	7,6	4	2

Tabelle 2: Ergebnisse der Tonhaltigkeit mit Tonzuschlag nach Norm sowie modifizierten Tonzuschlag.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Projektoren P03, P08 und P12 erhöhte tonale Komponenten aufweisen, was auch die Erklärung für die vorgenannte schwache Korrelation ist.

Overall Noise Level

Aus früheren Voruntersuchungen an IT-Geräten wie Drucker, Tastaturen, Scanner und Notebooks wurde neben dem Tonzuschlag ebenfalls die Impulshaltigkeit nach DIN 45 631/A1 durch die instationäre Lautheit mit gemessen und bewertet. Aus den drei Teilmessungen

- Schallleistung nach ISO 7779,
- Tonzuschlag nach DIN 45 681 ,
- Impulzzuschlag nach DIN 45 631/A1

wird nun der sogenannte „Overall Noise Level“ durch arithmetische Addition der Teilpegel gebildet. Im vorliegenden Fall ergibt die Messung der instationären Lautheit keinen Beitrag durch die gleichförmige zeitliche Struktur des Betriebsgeräuschs.

Unter Einbeziehung der Tonhaltigkeit korrelieren jedoch die drei Projektoren P03, P08 und P12 in ihrer Gesamtsumme (Overall Noise Level) deutlich besser als durch den Schallleistungspegel alleine. Die Korrelation ausgedrückt über das Bestimmtheitsmaß R^2 steigt von 0,914 auf 0,953.

Code	Lästigkeit des Betriebsgeräuschs (Hörvergleich)	L wAd nach ISO 7779 + ISO 9296 (bzw. ECMA-74 / ECMA-109)	Tonzuschlag K_{Tmod}	Overall Noise Level (Schallleistung in dB + K_{Tmod})
		B (Bel)	K_{Tmod}	dB
P04	1	4,1	1	42
P07	2	4,2	2	44
P05	3	4,5	1	46
P06	4	4,6	1	47
P03	5	4,4	4	48
P10	6	4,9	1	50
P02	7	4,9	1	50
P09	8	5,2	2	54
P08	9	5,1	4	55
P01	10	5,2	2	54
P11	11	5,5	1	56
P12	12	5,4	2	56

Tabelle 3: Gesamtpegel der Summe der Schallleistung und Tonzuschlag als „Overall Noise Level“

Zusammenfassung

Auch bei einer hinsichtlich des Betriebsgeräuschs homogenen Produktgruppe wie Videoprojektoren weist die Schallleistung alleine eine schlechtere Korrelation hinsichtlich der Lästigkeit des Geräusches auf als unter Einbeziehung der Tonhaltigkeit.

Aus Vorversuchen [5] und aus dieser Untersuchung wird hinsichtlich der späteren Klassifizierung und Bewertung für Qualitätsklassen empfohlen, neben der Messung der Schallleistung, die für Planer ein wichtiges Maß darstellt, auch psychoakustisch motivierte Messungen wie Tonhaltigkeit und instationäre Lautheit mit einzubeziehen.

Literatur

- [1] ISO 7779 / ECMA-74 Measurement of Airborne Noise Emitted by Information Technology and Telecommunications Equipment, 10th edition December 2008
- [2] ISO 9296 / ECMA-109 Acoustics – Declared noise emission values of computer and business equipment 1988-04-15
- [3] DIN 45 681 Akustik - Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschmissionen - März 2005
- [4] G. Feneberg; O. Martner; C. Zerbs, “Different requirements on describing quantities for Sound Quality”, Euronoise 2009.
- [5] Widmann, U.; Feneberg, G.: Anwendung psychoakustischer Berechnungsverfahren zur vergleichenden Bewertung der Betriebsgeräusche von Konsumgütern. In: Fortschritte der Akustik – DAGA '97 (Kiel 1997) Bad Honnef : DPG-GmbH, 1997, S. 361-362