

Beeinflussung der Geräuschqualität von Gebläsen durch Kapselung

Detlef Schulz, Karin Künzel, Mathias Klemm, Stefan Schröter

Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida, Deutschland, Email: schulz2@htwm.de

Einleitung

Die Güte einer Kapsel wird meistens anhand des frequenzabhängigen Einfügungsdämmmaßes $D(f_i)$ als Kenngröße der Kapsel selbst sowie anhand der Pegelminderung ΔL_A , die für ein vorgegebenes Geräusch erzielbar ist, beurteilt. Durch die Pegelminderung ΔL_A wird der Dauerschallpegel L_{eq} an Arbeitsplätzen bzw. in der Nachbarschaft von Gewerbeanlagen mitbestimmt (z.B. UVV Lärm, DIN 45 645 / 2 oder TA Lärm). Obwohl sich dieser als Kriterium besonders im Bereich der gesundheitlichen Beeinträchtigung des Menschen durch Lärm in vielen Anwendungsfällen recht gut bewährt hat, ist er als Maßstab für die Geräuschqualität und somit auch für die Lästigkeit von Geräuschen nur bedingt geeignet. Deshalb werden oft Zusatzgrößen festgelegt, die dann zusammen mit dem L_{eq} den Beurteilungspegel L_r ergeben. Zur Kennzeichnung der Geräuschqualität sind z.B. folgende Sonderregelungen gebräuchlich:

- Zuschläge für Ton-, Informations- und Impulshaltigkeit,
- Vorgaben für kurzzeitige Geräuschspitzen
- besondere Vorschriften zur Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche.

Zur Bestimmung dieser Zuschläge gibt es zum Teil Messvorschriften, zum Teil obliegt es aber auch dem Gutachter, nach Höreindruck und Erfahrung einen Zuschlag zu vergeben. Auch unter diesem Gesichtspunkt gewinnt die Anwendung psychoakustischer Messgrößen an Bedeutung.

Mit den hier durchgeführten Untersuchungen soll zwei Fragestellungen nachgegangen werden:

- 1) Wie ändern sich psychoakustische Messgrößen bei Kapselung eines Gebläses (welches sind relevante Größen)?
- 2) In welchem Verhältnis stehen diese Änderungen im Vergleich zur Änderung des mittleren Schalldruckpegels?

Messgrößen, Messobjekte, Messbedingungen

Die folgenden Größen wurden gemessen und ausgewertet, zur Erläuterung siehe auch [1] – [3]:

- Schalldruckpegel L (linear) : $L(t)$, $L(f)$, Mittelwert des Gesamtpegels.
- Schalldruckpegel L_A : Mittelwert.
- Lautheit N nach ZWICKER (in sone) bzw. Lautheitspegel L_N (in phon): $N(t)$; N und L_N („Mittelwert“; hier : Perzentil N_5 der Lautheiten $N(t)$).
Diese Größen spiegeln die subjektive Lautstärkewahrnehmung besser als der Schalldruckpegel wieder.
- Schärfe S nach AURES (in acum) : $S(t)$ und S (Mittelwert).
Die Schärfe ist ein Maß für die Intensität hochfrequenter Geräuschanteile (exakter: „gewichtetes erstes Moment der Tonheitsverteilung der spezifischen Lautheit“).
Sie wächst schwach mit der Lautheit. Mit wachsender Schärfe nimmt die Lästigkeit zu.
- Tonalität T (in tu) : $T(t)$ und T (Mittelwert).
Die Tonalität gibt an, inwiefern ein Geräusch durch Töne / Klänge geprägt ist oder eher den Charakter von Rauschen

hat. Ein allgemeingültiger Zusammenhang zwischen Tonalität und Lästigkeit besteht nicht. Häufig wirken aber Geräusche mit ausgeprägten tonalen Komponenten störend und lästig.

- Rauigkeit R (in asper) : $R(t)$ und R (Mittelwert).

Die Rauigkeit ist ein Kennzeichen für Modulationen. Als „rau“ werden Modulationsfrequenzen von 20 Hz bis 300 Hz empfunden mit einem Maximum bei ca. 70 Hz. Die Rauigkeit erhöht auch die Lästigkeit eines Geräusches.

Die Messungen wurden an Gebläsen auf Kläranlagen im „Normalbetrieb“ durchgeführt. Die Geräusche wurden von einer Testperson mit Kopfbügelmikrofon BHM III.2 vor Ort auf einen DAT-Recorder TEAC TASCAM aufgenommen und im Labor mittels Analyseprogramm ARTEMIS von HEAD ACOUSTICS ausgewertet. Die Messungen erfolgten in Ohrhöhe (ca. 1,60 m) an jeweils drei Messpunkten (MP1, MP2, MP3) in ca. 1 m Abstand von der Kapselaußenwand an typischen Arbeitsplätzen. Dabei wurde an jedem Messpunkt einmal bei entfernter bzw. weit geöffneter Kapsel sowie einmal bei geschlossener Kapsel gemessen.

Die Messungen konnten freundlicherweise an den Kommunalen Kläranlagen Mittweida (MW), Penig / Amerika (PA) und Lunzenau (LU) durchgeführt werden. In den Maschinenhäusern sind jeweils 2 bzw. 3 Gebläse untergebracht, von denen aber immer nur eins in Betrieb war. Wände und Fußboden sind schallhart.

Zum Vergleich wurden noch Daten früherer Messungen von drei weiteren Kläranlagen analysiert: Burgstädt (BU), Siebenlehn (SL), Nossen (NO).

Diese Daten waren mittels Messmikrofon B&K 4190 und DAT-Recorder aufgenommen worden. Dabei wird allerdings nicht ein Zustand mit und ohne Kapsel am gleichen Messpunkt verglichen, sondern jeweils bei geschlossener Kapsel ein Messpunkt im Inneren (ca. 25 cm von der Kapselwand entfernt) und ein „gegenüberliegender“ Messpunkt außen (ca. 100 cm von der Kapselwand entfernt). Wegen der unterschiedlichen Bedingungen sind diese Ergebnisse nicht quantitativ mit den o.g. Messungen vergleichbar, sollten aber ähnliche qualitative Aussagen liefern.

Ergebnisse

Die Analyse der Messdaten wird am Beispiel des MP3 der KKA Mittweida illustriert (Abb.1). Die Geräusche ändern sich nur geringfügig mit der Zeit. Im Spektrum sind Anteile zwischen 100 Hz und 1000 Hz dominierend, wobei einige ausgeprägte Peaks (z.B. bei 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 700 Hz) aus dem Spektrum herausragen. Die Lautheit wird durch die Kapselung mehr als halbiert (von 185 auf 71 sone), die Schärfe nimmt von etwa 5,8 acum auf 2,6 acum ab, die Rauigkeit verringert sich wegen der Abnahme der Lautheit ebenfalls (von 7,5 auf 3,7 asper). Allerdings erhöht sich die Tonalität um ca. 65% (s.u.).

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenfassung der durch Kapselung erreichten Änderungen der zeitlichen Mittelwerte aller untersuchten Größen. Bei den Messungen 1-3 mit etwas

anderer Messmethodik (BU, SL, NO) ergeben sich wie erwartet die gleichen Tendenzen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse

	ΔL	ΔL_A	ΔL_N	ΔN	ΔS	ΔR	ΔT
	dB	dB(A)	phon	sone	acum	asper	tu
1) BU	20,0	23,3	22,0	140	3,3	3,0	-0,06
2) SL	15,8	9,9	11,0	96	1,3	2,4	0
3) NO	15,9	12,8	14,0	92	2,9	1,1	0,03
Mittel 1-3)	17	15	16	109	2,5	2,2	-0,01
Änder. in %				64%	47%	38%	
MW, MP1	18,5	22,4	3,0	17	4,0	4,5	-0,12
MW, MP2	13,0	18,3	13,0	108	3,2	3,6	-0,13
MW, MP3	10,9	19,5	14,0	114	3,2	3,7	-0,15
4) MW	14,1	20,0	10,0	44	3,5	3,9	-0,13
Änder. in %				46%	56%	51%	
PA, MP1	11,8	11,4	10,0	59	2,0	1,3	-0,03
PA, MP2	8,3	11,9	11,0	55	1,8	1,2	0,00
PA, MP3	8,3	12,2	11,0	63	2,4	0,9	0,01
5) PE	9,5	11,8	10,7	59	2,1	1,3	-0,01
Änder. in %				52%	40%	31%	
LU, MP1	9,3	8,9	14,0	60	2,4	1,7	-0,04
LU, MP2	5,6	9,6	9,0	44	2,0	2,1	-0,12
LU, MP3	10,6	11,8	13,0	78	2,9	1,2	0,05
6) LU	8,9	10,1	12,0	61	2,4	1,6	-0,03
Änder. in %				56%	47%	44%	
Mittel 4-6	11	14	11	55	2,7	2,3	-0,06
Änder. in %				51%	48%	42%	

Zusammenfassung, Schlussfolgerungen

Pegelminderung durch Kapselung erfolgt hauptsächlich im mittel- bis hochfrequenten Bereich. Tieffrequente Anteile, bei denen durch die Kapsel nur eine geringfügige Pegelminderung stattfindet, werden dagegen durch die A-Bewertung so stark abgeschwächt, dass sie kaum noch zum Gesamtpegel beitragen. Der A-bewertete Gesamtpegel wird also durch die Anteile bestimmt, bei denen die Kapsel am wirksamsten ist, d.h. man findet $\Delta L_A > \Delta L$ (Bsp. 4-6 in Tab.1: durchschnittlich $\Delta L_A = 14$ dB(A), $\Delta L = 11$ dB).

Die empfundene Lautheit N wird näherungsweise halbiert, die Änderung von L_N beträgt bei diesen Beispielen ca. 11 phon und entspricht damit zahlenmäßig der Änderung des linearen Schalldruckpegels. Der A-bewertete Schalldruck-

pegel überschätzt hier also im Mittel die empfundene Lautstärkeminderung etwas. Als Folge der Minderung der Lautheit verringern sich auch Schärfe und Rauigkeit (um ca. 50% bzw. 40%). Zur Verminderung der Schärfe trägt weiterhin bei, dass sich infolge Kapselung der Schwerpunkt des Spektrums zu tieferen Frequenzen verschiebt.

Bezüglich der Tonalität lassen sich solche generellen Aussagen i.a. nicht formulieren. Deutliche Änderungen (MW : 50- 60%; LU, MP2: ca. 20%) treten hier immer in Form einer Zunahme der Tonalität auf, was auch mit einer Zunahme der Lästigkeit verbunden sein kann. Dafür können zwei Ursachen angegeben werden:

1) Eine nennenswerte Dämmwirkung der Kapsel setzt erst bei Frequenzen oberhalb 150 ... 200 Hz ein. Das führt zu einem Abknicken der Kurven L(f) in diesem Bereich. Wenn das Gebläsegeräusch knapp unterhalb dieses Bereiches ausgeprägte Maxima aufweist, so werden diese dadurch noch deutlicher aus dem Spektrum herausgehoben, siehe Abb. 1 (Bild links unten). Das ist besonders der Fall, wenn die Position des Maximums und des „Abknickpunktes“ innerhalb einer Frequenzgruppe liegen.

2) Weiterhin treten bei einigen Spektren nach der Kapselung zusätzliche Maxima auf. Dabei kann es sich um Kapsel-schwingungen (Dröhnen) handeln, dass infolge A-Bewertung im Gesamtpegel L_A aber kaum in Erscheinung tritt. Beide Effekte sind nicht nur messbar, sondern auch hörbar. Deshalb sollten sie bei der Kapseldimensionierung Berücksichtigung finden.

Die hier vorgestellten Untersuchungen wurden im Rahmen von Zuarbeiten zu einem Projekt durchgeführt, welches von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wurde.

Literatur

- [1] E. Zwicker, H. Fastl : Psychoacustics – Facts and Models; Springer-Verlag 1999
- [2] M.T. Kallivoda, J.W. Steiner : Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, Springer-Verlag 1998
- [3] K. Genuit u.a.: Entwicklung einer Messtechnik zur physiologischen Bewertung von Lärmwirkungen ...; Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; Fb 774, 1997

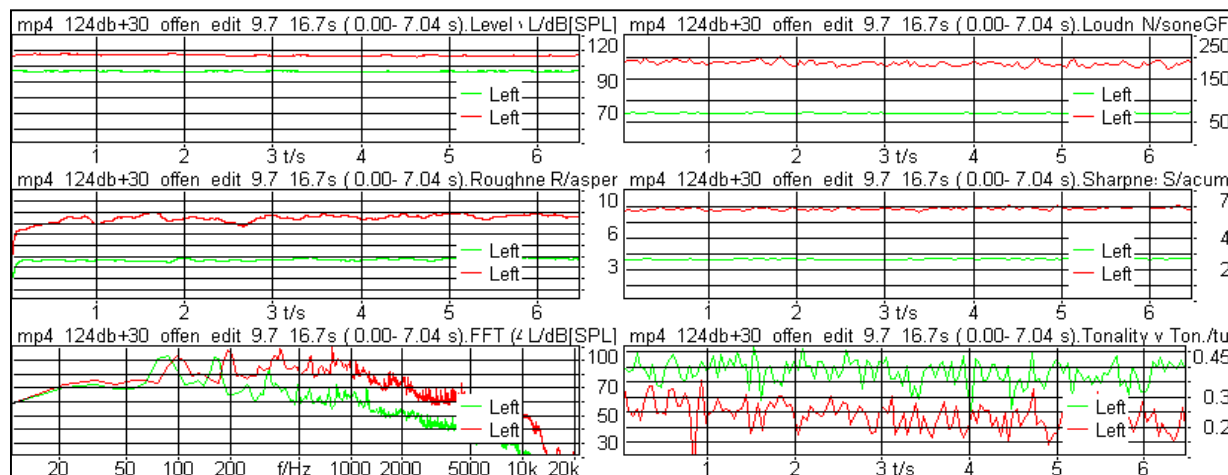


Abb. 1: KKA Mittweida, Messpunkt 3; Vergleich zwischen offener („rot“) und geschlossener („grün“) Kapsel. Dargestellt sind links L(t), R(t), L(f) und rechts N(t), S(t), T(t); die Schalldruckpegel L sind dabei immer unbewertet (linear).