

Einfluss des Zustandes des Absorbermaterials auf Lärminderung und Verbesserung der Geräuschqualität durch Kapselung

Detlef Schulz, Karin Künzel, Thomas Behr, Claudia Steiger, Marleen Koch
Hochschule Mittweida (FH), 09648 Mittweida, Technikumplatz 17

1. Einleitung

Die Güte einer Kapsel wird meistens anhand der Pegelminderung ΔL_A für ein vorgegebenes Geräusch beurteilt. Der A-bewertete Schalldruckpegel ist als Maßstab für die Geräuschqualität allerdings nur bedingt geeignet [1]. Es soll deshalb an Hand einer an der Hochschule Mittweida entwickelten Kapsel auf der Basis von REAPOR als Absorbermaterial im Vergleich zu bisher existierenden Lösungen untersucht werden, wie sich psycho-akustische Messgrößen bei Kapselung ändern und ob diesbezüglich REAPOR Vor- bzw. Nachteile gegenüber herkömmlichen Materialien aufweist. REAPOR ist ein aus Recyclingglas hergestelltes gesintertes Blähglasgranulat (Firma LIA-VER, Ilmenau), vgl. [2]. Die Messungen wurden an 3 gekapselten Gebläsen auf Kläranlagen im „Normalbetrieb“ sowie an der neuen Kapsel im Labor mittels verschiedener Testgeräusche durchgeführt. Im Zusammenhang mit dem Praxiseinsatz dieser Kapseln wurde weiterhin die Frage untersucht, ob und wie sich der Absorptionsgrad von REAPOR im Vergleich zu anderen bisher verwendeten Materialien bei Verunreinigungen durch Wasser, Öl oder Kühlschmierstoff (KSS) ändert.

2. Psychoakustische Untersuchungen

2.1 Messgrößen, Messobjekte und Messbedingungen

Folgende Größen wurden zur Beurteilung herangezogen:

- Schalldruckpegel: L (linear), L_A ;
- Lautheit nach ZWICKER: N (in sone), L_N (in phon);
- Schärfe S nach AURES (in acum);
- Tonalität T (in tu);
- Rauigkeit R (in asper).

Zunächst wurde an Gebläsen auf Kläranlagen im „Normalbetrieb“ gemessen. Die Geräusche wurden von einer Testperson mit Kopfbügelmikrofon vor Ort aufgenommen und im Labor mittels Analyseprogramm ARTEMIS von HEAD ACOUSTICS ausgewertet. Die Messungen erfolgten an jeweils 3 Messpunkten in ca. 1 m Abstand von der Kapselaußenwand bei weit geöffneter Kapsel sowie bei geschlossener Kapsel.

Im Rahmen eines Projektes ([3], [4]) war eine Kapsel für den universellen Einsatz an Maschinen entwickelt worden, gefertigt von der Firma WEMOTEC Weimar (Abb.1):

- 1) Länge / Breite / Höhe je 0,95 m;
- 2) Wandmaterial Stahlblech, 1 mm, nicht entdröhnt; Absorber REAPOR 50 mm; Abdeckung Lochblech, Stahl 1mm, Lochdurchmesser 5 mm, Lochflächenverhältnis 32 %.
- 3) Montageelemente: Stahlrahmen mit Spannelementen.

Zur Simulation von 10 Maschinen- und Anlagengeräuschen diente ein Lautsprecher im Kapselinneren (Abb.1):

- a) 4 Geräusche von Gebläsen auf Kläranlagen (s.o.);
- b) 5 Geräusche von Maschinen: CNC-Maschine, Kompressor, Schleifgerät, Bandschleifgerät, Dieselmotor;
- c) Weißes Rauschen (synthetisch erzeugt).

Die Aufzeichnung und Auswertung der Geräusche erfolgte

auch hier wie bei den Gebläsen beschrieben.. Um beim Vergleich verschiedener Geräusche den Einfluss unterschiedlicher Schalldruckpegel weitestgehend auszuschließen, wurden alle Geräusche mit 95 dB(A) im Inneren der geschlossenen Kapsel wiedergegeben.



Abbildung 1: Kapselinneres mit Modellschallquelle sowie Spannelement mit Wandteil

2.2 Ergebnisse

Die Analyse der Messdaten wurde bereits in [1] demonstriert. Die Pegelminderung durch Kapseln auf Kläranlagen beträgt im Mittel $\Delta L_A = 14$ dB(A) und $\Delta L = 11$ dB (vgl. Tab.1), die Lautheit N wird näherungsweise halbiert. Folgerichtig 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 generelle Aussagen nicht formulieren, deutliche Änderungen treten aber immer als Zunahme auf.

Tab. 1 : Änderung psychoakustischer Größen durch Kapselung

Geräusch	ΔL dB	ΔL_A dB(A)	ΔL_N phon	ΔN sone	ΔS acum	ΔR asper	ΔT tu
Gekapselte Gebläse, Kläranlagen:							
Mittelwert	11	14	11		2,7	2,3	-0,06
Änder. in%				55 51%	48%	42%	-21%
REAPOR-Kapsel, Mittelwerte aller Geräusche:							
Mittelwert	17	22	20		2,5	2,2	-0,10
Änder. in%				38 75%	64%	62%	-57%
REAPOR-Kapsel, Mittelwerte Gebläsegeräusche auf KA:							
Mittelwert	14	18	17				
Änder. in%				69%	61%	64%	-23%
REAPOR-Kapsel, Mittelwerte Maschinengeräusche:							
Mittelwert	20	25	22				
Änder. in%				78%	65%	62%	-67%
REAPOR-Kapsel, Weißes Rauschen:							
Mittelwert	19	25	22				
Änder. in%				79%	66%	57%	-147%

Die durch die REAPOR-Kapsel erzielten Pegelminderungen sind im Mittel mit 14 ... 20 dB(A) deutlich höher als bei den Kapseln auf Kläranlagen (vgl. Tab.1). Sie sind bei tieffrequenten Geräuschen am niedrigsten. Durchschnittlich lässt sich folgende Tendenz feststellen: $\Delta L_A > \Delta L_N > \Delta L$, wobei gilt: $\Delta L_N = \Delta L_A - 2,0$ dB = $\Delta L + 3,3$ phon. Die Verringerungen von Lautheit, Schärfe und Rauigkeit sind bei der REAPOR-Kapsel bedingt durch die stärkere

Pegelminderung deutlicher ausgeprägt. Die Lautheit verringert sich um ca. 75 %, Schärfe und Rauigkeit um reichlich 60 %. Diese Effekte rufen neben der Pegelminderung auch eine deutliche Verringerung der Lästigkeit hervor. Bis auf Rauigkeit und z.T. Schärfe nehmen die aufgelisteten Messgrößen bei den Maschinengeräuschen noch stärker ab als bei Gebläsegeräuschen von Kläranlagen. Die Erhöhung der Tonalität (die Begründung dafür wurde in [1] erläutert) gilt hier auch für jedes einzelne Geräusch. Bei Weißem Rauschen entsteht die Tonalität i.W. erst durch Kapselung. Insgesamt überwiegen aber bei der REAPOR-Kapsel auch aus psychoakustischer Sicht die positiven Aspekte, und das stärker als bei den kommerziellen Gebläse-Kapseln.

3. Unterschiedlich verunreinigte Absorber

Es wurden beispielhaft folgende Substanzen als Verunreinigung verwendet: Wasser, Öl, Kühlschmierstoff (KSS). Dabei wurden die Absorber gezielt verunreinigt durch dosiertes und reproduzierbares Besprühen sowie durch Tränken (Eintauchen). Der Absorptionsgrad wurde im Impedanzmessrohr gemessen:

- vor der Behandlung,
- bei verschiedenen Zwischenschritten,
- nach Tränken und Abtropfen,
- nach Trocknung (Wasser).

Als Testmaterialien dienten neben REAPOR 15 weitere handelsübliche Absorber, u.a. Schaumstoff (mit /ohne Noppen), aufgeschäumter Kunststoff und Glaswolle.

Wie Abb. 2 zeigt, zeichnet sich unbehandeltes REAPOR dadurch aus, dass es bereits ab $f > 300$ Hz einen Absorptionsgrad $\alpha > 0,5$ aufweist, danach folgt ein breites Maximum um $f = 600$ Hz. Die anderen untersuchten Materialien zeigen in den meisten Fällen $\alpha > 0,5$ erst oberhalb 800 ... 1000 Hz oder wirken im unteren Frequenzbereich nur schmalbandig als Absorber (aufgeschäumter Kunststoff).

Besprüht man REAPOR mit Wasser (Abb.4), so zeigen sich unterhalb des Maximums kaum Veränderungen. Im Bereich des Maximums erfolgt eine geringfügige Abnahme von α verbunden mit einer schwachen Verschiebung des Maximums zu tieferen Frequenzen. Oberhalb des Maximums nimmt α um bis zu 50% ab. Bei vollständiger Tränkung wandert das Maximum wieder zu höheren Frequenzen. Diese Effekte sind nach Trocknung weitestgehend reversibel.

Besprühen mit Öl (Abb.3) verursacht eine Verschiebung des Maximums zu tieferen Frequenzen (Absenkung auf ca. 80%) und eine sehr starke Absenkung bei hohen Frequenzen. Dieser Effekt ist irreversibel (kein "Trocknen"), nach einigen Tagen kann eine teilweise Verbesserung durch Herauslaufen von Öl auftreten. Die Ergebnisse für KSS sind ähnelnden bei Öl, die Effekte sind aber schwächer und weitestgehend reversibel.

Aufgeschäumter Kunststoff, Glasfasermaterial und Schaumstoff zeigen bei Verunreinigung qualitativ ähnliche Eigenschaften wie REAPOR, die Effekte sind aber i.A. stärker ausgeprägt (vgl. Abb.3). Glasfasermaterial und Kunststoff weisen bei starkem Besprühen kaum noch Maxima von α auf ($\alpha < 0,3$), siehe Abb. 4. Außer Kunststoff zeigen die untersuchten Materialien in mit KSS getränktem Zustand nur noch wenig Absorberwirkung. Nach Trocknung sind die Werte deutlich schlechter als im Originalzustand.

Insgesamt kann man schlussfolgern, dass REAPOR als Absorber im unteren bis mittleren Frequenzbereich geeignet ist. Dieses Material weist auch bei Verunreinigungen i. Allg. bessere Absorbereigenschaften auf als die meisten herkömmlichen Materialien.

Literaturverzeichnis

- [1] D. Schulz, K. Künzel, M. Klemm, S. Schröter: Beeinflussung der Geräuschqualität von Gebläsen durch Kapselung; DAGA 05, 14. - 17. 03. 2005, München. Fortschritte der Akustik: DAGA '05, DEGA e.V., S. 787-788
- [2] K. Künzel, D. Schulz, A. Siegemund: Schallschutzkapseln mit alternativen Absorberwerkstoffen; DAGA 05, 14. - 17. 03. 2005, München. Fortschritte der Akustik: DAGA '05, DEGA e.V., S. 717-718
- [3] K. Künzel, D. Schulz, D. Spieler: Lärminderung an Gebläsen für Kläranlagen unter Verwendung von Recyclingmaterial. Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Projektnr. 19045, Hochschule Mittweida: Abschlussbericht 2005.
- [4] K. Künzel, D. Schulz, A. Siegemund : Sound Insulation of Blowers and Compressors by means of Recycling Material; Inter Noise 07-10 August 2005, Rio de Janeiro, Brazil; Publikation in Proceedings.

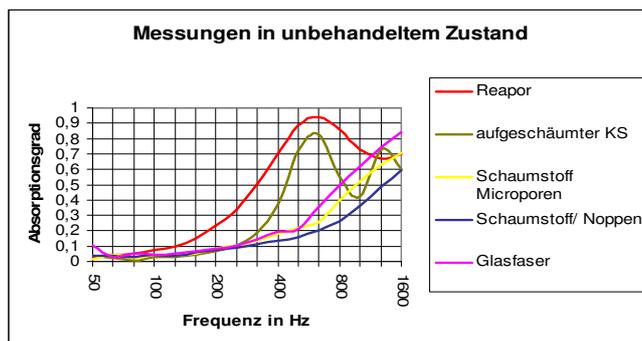


Abbildung 2: Absorptionsgrad unbehandelter Absorber

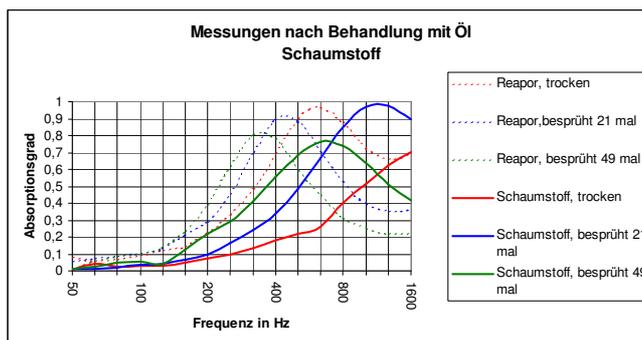


Abbildung 3: Schaumstoff, verunreinigt mit Öl

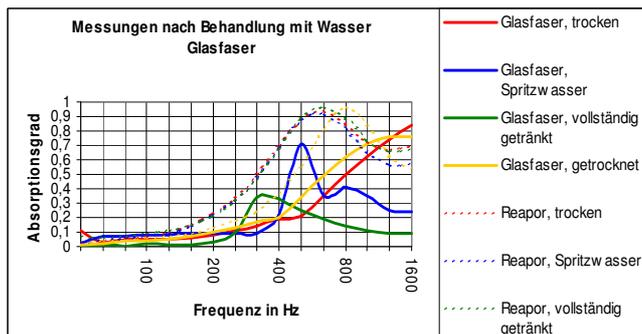


Abbildung 4: Glasfasermaterial, verunreinigt mit Wasser