

Untersuchung zur Entwicklung von schalldämmenden Einrichtungen für Heubelüftungsanlagen

Institut für Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim

Seit Einführung der Belüftungstrocknung für Heu sind immer wieder Klagen laut geworden über die starke Geräuschbildung der Heulüfter und die damit verbundene Lärmbelästigung der Nachbarschaft. In eng besiedelten Dorfanlagen und in Gebieten mit Fremdenverkehr wurde eine Einschränkung in der Anwendung solcher Anlagen und im extremen Fall ihre Stilllegung gefordert. In Hohenheim wurden in Fortsetzung früherer in Braunschweig begonnener Arbeiten [1...3] Untersuchungen durchgeführt, denen die Aufgabe zugrunde lag, das Betriebsgeräusch von Heubelüftungsanlagen durch geeignete Maßnahmen an den Lüftern und an den Anlagen zu vermindern¹⁾. Dadurch konnte die Gefahr der Stilllegung von Anlagen abgewandt und der Landwirtschaft dieses wichtige, neue Hilfsmittel für die Gewinnung von hochwertigem Heu erhalten werden. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen wird hier berichtet. Dabei wurden neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Lärmabwehr, wie sie auf anderen Gebieten des Maschinenbaues entwickelt wurden, verwertet [4...8]. Über die Maßnahmen zur Geräuschverminderung von Heubelüftungsgebläsen wurde bereits an anderer Stelle berichtet [9]. Die vorliegenden Ausführungen beziehen sich vorwiegend auf die Gesamtheit der Anlage, das heißt, den in einer Heubelüftungsanlage eingebauten Lüfter, den Ansaugkanal und die schalldämpfenden Einrichtungen.

Grundgesetze der Schallausbreitung

In Bild 1 ist die Ausbreitung des Lüftergeräusches erläutert. Im Freien ergeben sich bei ungehinderter Abstrahlung für tiefe Töne (niedere Frequenzen, große Wellenlänge) Kugelwellen, für hohe Töne (hohe Frequenzen, kleine Wellenlänge) fast ebene Wellen. Für Kugelwellen gilt im hindernislosen, freien Raum folgendes Abnahmegesetz für den Schalldruck sowie den Schallpegel [4...7]: Der Schalldruck p ändert sich umgekehrt proportional mit der Entfernung r von der Schallquelle. Das Produkt $p \cdot r$ ist konstant. Es gilt dann

$$p_2 = p_1 \left(\frac{r_1}{r_2} \right) = \text{Const.} \cdot \frac{1}{r_2}$$

Die logarithmische Form des Abnahmegesetzes für den Schallpegel L lautet

$$L_2 = L_1 - 20 \lg \frac{r_2}{r_1} \text{ [dB]},$$

wobei L_1 der bekannte Schallpegel im Abstand r_1 ist. Bei Verdoppelung der Entfernung sinkt beispielsweise der Schalldruck auf die Hälfte, im relativen Schallpegelmaßstab bedeutet das eine Abnahme um 6 dB.

Bei ebenen Wellen erhält man im Gegensatz zu Kugelwellen eine gerichtete Schallausbreitung. Der Schalldruck und der Schallpegel nehmen dann mit der Entfernung geometrisch nicht ab. Bei größeren Entfernungen sinkt der Schallpegel durch die bessere Absorptionswirkung der Luft bei hohen Frequenzen leicht ab.

Für das meist niederfrequente Lüftergeräusch gilt das oben genannte Abnahmegesetz in guter Näherung. Besitzt das Lüftergeräusch im ungünstigen Fall einen starken Anteil hoher Frequenzen mit starker Richtwirkung, so ist die Abnahme des Schalldrucks oder des Schallpegels geringer als berechnet.

Durch schallreflektierende Flächen in der nahen Umgebung vom Lüfter oder vom Schallempfänger kann eine Schallverstärkung oder -abschwächung durch die reflektierten Schallwellen auftreten.

¹⁾ Dieser Bericht entspricht einem Vortrag, den der Verfasser auf einer Arbeits-tagung über „Lärmverminderung bei Heubelüftungsanlagen“ am 20. April 1961 in Stuttgart-Hohenheim hielt. Die Tagung wurde veranstaltet vom Institut für Landtechnik der Landw. Hochschule Hohenheim, gemeinsam mit der Fachgruppe „Landtechnik“ des Vereins Deutscher Ingenieure. Es wird über Untersuchungen berichtet, die im Institut für Landtechnik Hohenheim (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. SEGLER) mit Unterstützung des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, durchgeführt wurden

Hierbei ändert sich oft die frequenzspektrale Zusammensetzung des Gesamtschalls. In engen Straßen oder in einem umschlossenen Hofraum können zwischen annähernd parallelen Flächen stehende Wellen oder Flatterechos auftreten, die sich sehr unangenehm auf die Geräuschbildung auswirken [6].

Sekundärschall durch Körperschallfortleitung (nach Bild 1) wird vielfach durch ein schlecht ausgewuchtetes Laufrad hervorgerufen. Es kann die umliegenden Wandteile des Gebäudes zu Schwingungen anregen.

Die Schallausbreitung wird auf größere Entfernung durch die Lufttemperatur, die Windstärke und -richtung beeinflusst. Nimmt die Lufttemperatur mit zunehmender Höhe ab, so werden die Schallstrahlen nach oben abgelenkt. Diese Ablenkung wird hervorgerufen durch die größere Schallgeschwindigkeit in den tieferen, wärmeren Schichten. Bei dieser Schallausbreitung entsteht in einiger Entfernung von der Geräuschquelle ein Schallschatten, begrenzt durch einen Schallstrahl, der vor seiner Umlenkung nach oben den Boden noch berührt. Die Hörweite verringert sich.

Erfolgt eine Temperaturumkehr, wie beispielsweise nach Sonnenuntergang, so werden die Schallstrahlen zum Boden hin umgelenkt. Es entsteht kein Schallschatten und die Hörweite wird größer.

Bei Ausbreitung der Schallwellen in Windrichtung werden die Schallstrahlen zum Boden hin umgelenkt, da die Windgeschwindigkeit in den höheren Luftschichten meist größer ist als in Bodennähe. Die Hörweite wird größer. Bei der Schallausbreitung entgegen der Windrichtung werden die Schallstrahlen nach oben abgelenkt. Es entsteht wieder ein Schallschatten, bei Gegenwind verringert sich die Hörweite [4; 5; 7].

Die Höhe der Schallquelle über dem Erdboden beeinflusst die Schallausbreitung. Je höher beispielsweise ein Lüfter über dem Erdboden eingebaut ist, um so weiter pflanzt sich der Schall fort. Tiefe Töne breiten sich in Bodennähe schlechter, hohe Töne besser aus als in größerer Höhe. Daher wird bei der späteren Erläuterung der Meßergebnisse eine Einteilung entsprechend dem Lüftereinbau nach Höhe vorgenommen.

Während der Heuernte sind die Heubelüftungsanlagen einer Ortschaft meist gleichzeitig in Betrieb. Der resultierende Schallpegel aller Schallquellen zusammen ist dann

$$L = 20 \lg \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2} \text{ [dB]}^2,$$

Für den resultierenden Schallpegel L von n gleich starken Schallquellen an einem von allen gleich weit entfernten Empfangsort gilt:

$$L = L_1 + 10 \lg n \text{ [dB]}.$$

²⁾ $p_0 = 2,0 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{b}$ Bezugsschalldruck (Hörschwelle bei 1000 Hz)

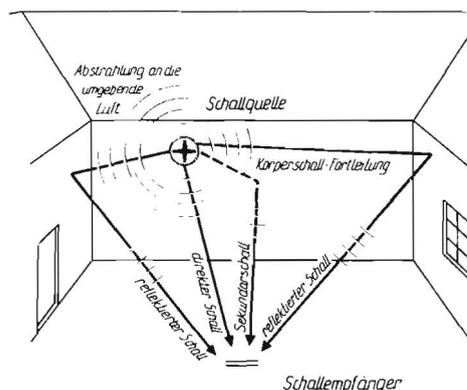


Bild 1: Ausbreitung des Lüftergeräusches

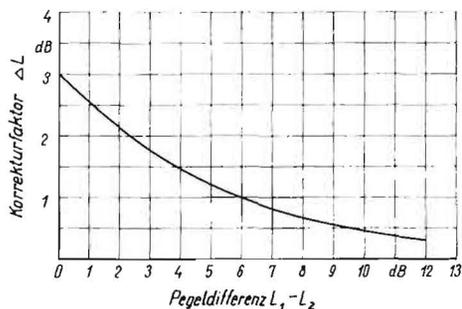


Bild 2: Bestimmung des resultierenden Schallpegels von zwei Schallquellen mit den Pegelwerten L_1 und L_2 , wobei $L_1 \geq L_2$ ist (nach SLAWIK [17])

Werden beispielsweise zwei nahe zusammenliegende Lüfter mit gleich großem Schallpegel zusammen eingeschaltet, so ergibt sich nach obiger Gesetzmäßigkeit ein um 3 dB höherer Gesamtschallpegel, für fünf Lüfter ein um 7 dB höherer als bei einem Lüfter.

Überlagern sich zwei verschieden starke Schallquellen mit den Pegeln L_1 und L_2 , so berechnet man den resultierenden Pegel aus der Beziehung

$$L = L_1 + \Delta L \text{ [dB]},$$

wobei $L_1 \geq L_2$, das heißt, L_1 immer die stärkere Schallquelle ist [7]. Der Korrekturfaktor ΔL kann aus Bild 2 entnommen werden. Nehmen wir als Beispiel zwei Lüfter, deren alleinige Pegel $L_1 = 75$ dB und $L_2 = 73$ dB sind, dann ergibt sich bei gleichzeitigem Betrieb beider Lüfter ein resultierender Pegel von 77,1 dB, da $L_1 - L_2 = 2$ dB und damit $\Delta L = 2,1$ dB ist. Treffen mehrere Schallquellen zusammen, dann wird diese Rechnung Schritt für Schritt durchgeführt, wobei man mit der Summierung bei den zwei Schallquellen mit den höchsten Pegeln beginnt und deren resultierenden Pegel zur nächstniederen Schallquelle in Beziehung setzt. Wie aus Bild 2 hervorgeht, liegt der resultierende Pegel zweier Schallquellen nie mehr als 3 dB über dem höheren von beiden. Ist der Unterschied zwischen beiden Pegeln größer als 10 dB, kann die schwächere Schallquelle meist vernachlässigt werden, da $\Delta L < 0,5$ dB ist. Aus Bild 2 ist auch der Einfluß eines vorhandenen Grundpegels auf den Schallpegel einer Lärmquelle ersichtlich.

Die Absorption der Schallenergie in Luft ist vernachlässigbar gering. Sie macht sich nur bei großen Entfernungen bemerkbar. Die hohen Frequenzen werden hierbei stärker absorbiert als die niedrigen. Deshalb kann die Absorptionswirkung praktisch kaum ausgenützt werden.

Grundbegriffe der Lärmbekämpfung

Eine Senkung des Betriebsgeräusches von Heubelüftungsanlagen kann auf verschiedene Weise erzielt werden [2; 3], und zwar

1. durch konstruktive Änderung am Lüfter,
2. durch Maßnahmen beim Einbau des Lüfters,
3. durch schalldämpfende Einrichtungen vor dem Lüfter bei bereits bestehenden Heubelüftungsanlagen.

Über die Ergebnisse von Geräuschmessungen an Axial- und Radiallüftern wurde bereits [9] berichtet. Durch konstruktive Maßnahmen bei Axiallüftern konnte eine erhebliche Verminderung der Geräuschentwicklung erzielt werden. Die Lautstärke wurde durch Wahl einer niedrigeren Betriebsdrehzahl beispielsweise um 9 DIN-phon vermindert im Vergleich zu einem schnellaufenden Axiallüfter mit gleichem Kraftbedarf, wobei außerdem die geförderte Luftmenge beim langsam laufenden Axiallüfter um fast 50% größer war. Auf die Bedeutung der langsam laufenden Axiallüfter für die Geräuschbekämpfung soll hier nochmals verwiesen werden.

Bei der Planung einer Heubelüftungsanlage sollte ein Lüftereinbau gegenüber oder in nächster Nähe von einem Wohnhaus möglichst vermieden werden. Selbst bei laufruhigen Lüftern kann noch eine schalldämpfende Maßnahme erforderlich werden. Hierzu werden nachfolgend die aus der Literatur [4...7] bekannten Maßnahmen erläutert.

Für eine Lärmbekämpfung an bestehenden Heubelüftungsanlagen können zwei grundsätzlich verschiedene Maßnahmen einzeln oder gleichzeitig angewandt werden:

1. Die Schalldämmung oder -isolation; hierbei wird die freie Ausbreitung der Schallwellen im Raum vermindert.
2. Die Schallschluckung oder -absorption; eine Geräuschverminderung wird hierbei durch Umwandlung von Schallenergie erzielt.

1. Die Schalldämmung

In vielen Fällen kann der Lärm auf einfache Weise durch eine vollständige Schallisolation der Geräuschquelle vermindert werden. Bei Heubelüftungsanlagen muß in einer Abschirmkonstruktion immer eine Ansaugöffnung für die Trocknungsluft vorhanden sein. Die Schallisolation des Heublüfters wird daher nur die direkte Schallabstrahlung verhindern. Auf die schallabsorbierende Auskleidung eines Schalldämmkanals kann deshalb nicht verzichtet werden.

Für eine gute Schallisolation ist zu beachten: Der Luftschall, bei Heubelüftungsanlagen vorherrschend, dringt auf zwei verschiedenen Wegen durch eine abschirmende Konstruktion:

- a) unmittelbar durch die Luft, durch Spalte und Poren einer undichten Wand, sowie durch die erforderliche Ansaugöffnung eines Schalldämmkanals;
- b) durch eine Abschirmung hindurch, deren Wände, besonders wenn sie leicht sind, durch die auffallenden Schallwellen zu Biegeschwingungen angeregt werden. Schwere Wände ergeben dagegen eine hohe Schallisolation. Die mittlere Schalldämmzahl R_m wächst mit zunehmendem Wandgewicht (Bild 3).

Eine richtig ausgeführte Doppelwand ergibt eine bis zu 20 dB höhere Schallisolation als eine einzige massive Konstruktion mit dem gleichen Flächengewicht. Sie erfordert jedoch einen höheren Bauaufwand.

Bei der Planung von schallisolierenden und -absorbierenden Konstruktionen sind die Beugungserscheinungen von Schallwellen an Hindernissen zu beachten. Eine vorgesetzte Schallschutzwand bietet nur gegen hohe Töne mit kleiner Wellenlänge einen gewissen Schutz. In Bild 4 ist die erzielbare Schallpegelverminderung durch eine Schalldämmwand gezeigt. Je höher die Wand und je geringer der Abstand zwischen Geräuschquelle und Wand ist, um so größer werden die wirksame Wandhöhe h und der Winkel des Schallschattens θ . Meist ist jedoch die erzielbare Schallisolation durch vorgesetzte Wände nicht ausreichend. Vor allem bei den im Lüftergeräusch vielfach vorherrschenden niederen Frequenzen von 100...500 Hz bleibt das Verhältnis wirksame Wandhöhe zu Wellenlänge klein. Die schallisolierende Wirkung einer Dämmwand läßt sich beispielsweise bei der Grundfrequenz aus den Lüfterdaten und den Abmessungen der Wand berechnen. Die Grundfrequenz erhält man bekanntlich nach der Formel

$$f = \frac{n \cdot z}{60} \text{ [Hz]}$$

n = Lüfterdrehzahl in U/min;
 z = Anzahl der Laufrad- beziehungsweise Leitrad-schaufeln.

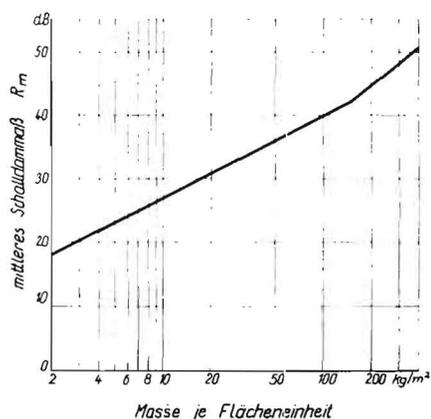


Bild 3: Abhängigkeit des mittleren Schalldämmmaßes R_m von der Masse je Flächeneinheit bei einschalligen Platten (nach SCHOCH [20])

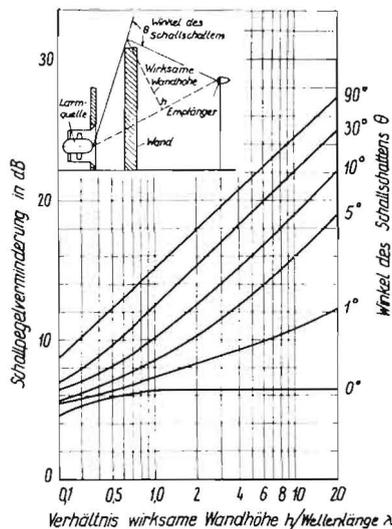


Bild 4: Schallschutz durch eine vorgesetzte Wand und Diagramm zur Ermittlung der erreichbaren Schallpegelverminderung durch Schallschattung (nach HARRIS [5])

Die Wellenlänge λ eines Tones wird nach der Formel berechnet

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ [m]}$$

c = Schallfortpflanzungsgeschwindigkeit in der Luft in m/s;
 f = Frequenz in Hz.

Zum besseren Verständnis sei ein Beispiel angeführt: Ein Lüfter mit acht Laufrad- und acht Leitrad-schaufeln und einer Betriebsdrehzahl $n = 1430$ U/min hat die Grundfrequenz $f = \frac{1430 \cdot 8}{60}$

$$= 190,7 \text{ Hz, mit der Wellenlänge } \lambda = \frac{343,8}{190,7} = 1,8 \text{ m } (c = 343,8 \text{ m/s})$$

entspricht der Schallgeschwindigkeit bei 20° C). Durch eine Schallmessung an einem solchen Lüfter wurde in 7 m Abstand und in Richtung der Lüfterachse der Schallpegel in der Oktav 125...250 Hz zu 95 dB ermittelt. Ein vorgebauter, senkrechter Schalldämmkanal ist 3,5 m hoch und hat die Querschnittsfläche 1,5 m mal 1,5 m. Für die 1,5 m vom Lüfter entfernt stehende Wand des Schalldämmkanals wird nach Bild 4 die „wirksame Wandhöhe“ $h = 2,7$ m. Der Lüfter ist ebenerdig eingebaut, und der Schallempfänger befindet sich in 7 m Abstand in einer Höhe von 1,6 m. Damit ergibt sich der Winkel θ des Schallschattens zu 80°. Für die Größe der Schallpegelverminderung maßgebend ist das Verhältnis wirkende Wandhöhe h /Wellenlänge λ und der Winkel θ . In dem vorliegenden Beispiel beträgt $h/\lambda = \frac{2,7}{1,8} = 1,5$

und $\theta = 80^\circ$. Mit den ermittelten Werten wird eine Schallpegelverminderung gemäß der Darstellung in Bild 4 von etwa 17 dB erzielt. Das Lüftergeräusch am Empfangsort beträgt dann in der Oktav 125...250 Hz 78 dB. Auf diese Weise ist die schalldämmende Wirkung von Schallschutzwänden rechnerisch im voraus zu ermitteln.

2. Die Schallschluckung oder -absorption

Die Überlegungen im vorhergehenden Abschnitt zeigten, daß eine wirksame Geräuschverminderung bei Heubelüftungsanlagen nur durch das Zusammenwirken beider Maßnahmen, der Schalldämmung und der Schallschluckung erreicht werden kann. Zur Schallschluckung verwendet man meist poröse Stoffe, beispielsweise lose Steinwolle, Filze aus Steinwolle, poröse Platten, sowie nach einem Vorschlag des Instituts für Landtechnik Hohguheim Heu oder Stroh.

Der Schallschluckgrad α von Heu und Stroh, das wir bei unseren Versuchen verwenden, wurde durch Prof. GÖSELE, Institut für Technische Physik, Stuttgart, gemessen. Es wurde bestätigt, daß Heu und Stroh durchaus als Schallschluckstoff geeignet sind (Bild 5). Das feinfaserige Heu erbrachte einen etwas besseren α -Wert als Stroh. In Bild 5 ist zum Vergleich der Schallschluckgrad α von Mineralwolle eingezeichnet.

Die Schluckwirkung kommt dadurch zustande, daß die Schallwellen in das poröse Material eindringen. Ein Teil der Schallenergie wird durch Reibung, der die Luft bei ihren Schwingungen in den Poren des Materials unterliegt, in Wärme umgewandelt. Der Energieverlust gibt uns ein Maß für die schallschluckende Eigenschaft eines Materials. Der Schallschluckgrad α ist gleich dem Verhältnis der absorbierten zur gesamten auftretenden Schallintensität. Er ist für eine bestimmte Wellenlänge abhängig von der Schichtdicke, vom Abstand des Schallschluckstoffes von der reflektierenden Wand und von der Schallfrequenz.

Die Schichtdicke des Schallschluckstoffes sollte 15...20 cm und der Wandabstand mindestens 5...10 cm betragen. Bei den im Lüftergeräusch vorherrschenden niederen und mittleren Frequenzen ergibt sich eine bessere Schallschluckwirkung. Eine dünne Hartfaser- oder Sperrholzplatte hinter dem Schallschluckstoff, im oben erwähnten Abstand zur festen Dämmwand, wird zu Schwingungen angeregt und dadurch ein Teil der Schallenergie absorbiert. Besonders bei niederen Frequenzen wird eine hohe Schallabsorption erreicht.

Durch Zurücksetzen des Lüfters und eine gleichzeitige schallschluckende Auskleidung des Ansaugkanals mit Heu oder einem anderen Schallschluckstoff erhält man einen einfachen Schalldämpfer. Bei den großen Abmessungen für den Ansaugkanal, die erforderlich sind, um die Luftgeschwindigkeit von 5 m/s zu erhalten, ist die erzielbare Dämpfung jedoch gering. Sie errechnet sich für einen rechteckigen Schachtquerschnitt nach der Formel von PIENING [10]

$$D = 1,5 \frac{U}{F} \cdot \alpha \cdot l \text{ [dB]}$$

D = Dämpfung durch Auskleidung auf der Strecke l ;
 U = Umfang des Schallkanals in m;
 F = Fläche des lichten Querschnittes in m^2 ;
 α = Schallschluckgrad der Auskleidung;
 l = Länge der Auskleidung in m.

Für einen runden Schachtquerschnitt lautet die Formel

$$D = 3 \frac{\alpha}{r} \cdot l \text{ [dB]} \quad r = \text{Radius des lichten Querschnitts in m.}$$

Die Dämpfung je m Kanallänge kann durch Einbau von Zwischenwänden aus Schallschluckstoff verbessert werden. Man erhält

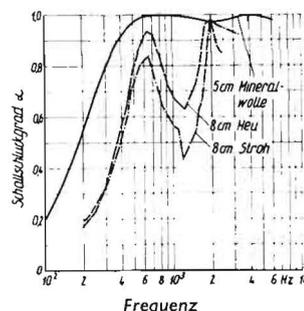


Bild 5: Schallschluckgrad α von Heu und Stroh im Vergleich zu Steinwolle nach Messungen von GÖSELE

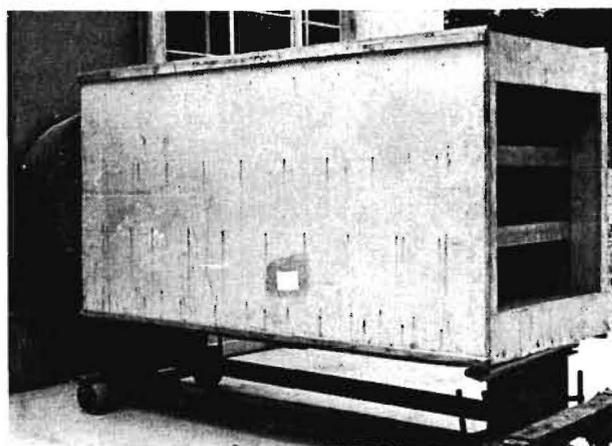


Bild 6: Vereinfachter Schlitz-Schalldämpfer

dann einen sogenannten Schlitzschalldämpfer (Bild 6). Die erreichbare Dämpfung ist außer vom Verhältnis U/F der einzelnen Schlitze noch von der Schlitzbreite und -höhe sowie von der Dicke der schallschluckenden Zwischenwände abhängig [10...12]. Über die Untersuchungen an einem Heulüfter mit vorgesetztem Schlitzschalldämpfer, der uns freundlicherweise von einer Herstellerfirma zur Verfügung gestellt wurde, wird weiter unten berichtet.

Leider ist der Bauaufwand für einen Absorptionsschalldämpfer mit einem guten Dämpfungsverlauf über den gesamten Frequenzbereich sehr groß. Ein Absorptionsschalldämpfer wird nahezu ebenso teuer wie ein Heulüfter mittlerer Größe, ferner sollte er für jeden Lüftertyp besonders ausgelegt werden. Aus diesem Grund ist die Anwendung derartiger Schalldämpfer eng begrenzt.

Unsere Untersuchungen waren vielmehr darauf gerichtet, eine einfache und billige, schalldämpfende Einrichtung zu entwickeln, die sich auch bei bereits vorhandenen Heubelüftungsanlagen anwenden läßt. Zu diesem Zweck mußten eigene Entwicklungsversuche durchgeführt werden.

Versuchsergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden unsere Meßmethode und die angewandten Bewertungskurven kurz erläutert. Ferner wird ein Hinweis zur Beurteilung einer geräuschemindernden Maßnahme gegeben.

1. Meßverfahren

In dem Bericht von K. KEUNEKE [9] wurde bereits angedeutet, daß das Lüftergeräusch nicht nur in Richtung der Lüfterachse gemessen wurde, sondern außerdem noch auf einem Halbkreis bei 30°, 60° und 80° zur Lüfterachse. Dieses erweiterte Meßverfahren ergab einen guten Überblick über die Schallpegelverteilung im Freien. Schon bei den ersten Geräuschemessungen an einem Lüfter fanden wir die Richtigkeit dieses Rundumverfahrens bestätigt. Es wurde beispielsweise seitlich (80° zur Lüfterachse) ein um 8 dB beziehungsweise 8 DIN-phon höherer Wert als in Lüfterachse gemessen. So hat sich diese Meßmethode bei unseren ganzen Messungen als vorteilhaft erwiesen. Wir haben inzwischen empfohlen, diese Rundummessung zukünftig auch bei Prüfungen zu verwenden.

2. Bewertung nach Lästigkeitseindruck

Bei Beginn unserer Messungen im Jahre 1959 verwendeten wir zur Beurteilung der Lästigkeit eines Lüftergeräusches die aus der landtechnischen Literatur bekannten Bewertungslinien nach MEISTER [13; 14]. Der Vorteil der MEISTERSCHEN Bewertungslinien liegt darin, daß sie im unbewerteten dB-Maßstab aufgetragen sind. Inzwischen sind auch andere Beurteilungen des Lästigkeitseindrucks von Geräuschen bekannt geworden, beispielsweise die Geräuschstufen nach LÜBCKE (ebenfalls im dB-Maßstab) und die des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG).

Tafel 1: Grenzwerte der Lautstärke
(nach VDI-Richtlinie 2058 [15])

| Meßgebiet | Meßzeitpunkt | Grenzwerte [DIN-phon] |
|---|--------------|-----------------------|
| 1. In Industriegebieten | tagsüber | 65 |
| | nachts | 50 |
| 2. In Gebieten, die vorwiegend Wohnzwecken dienen | tagsüber | 60 |
| | nachts | 45* |
| 3. In reinen Wohngebieten | tagsüber | 50* |
| | nachts | 35* |
| Lage des Meßpunktes: 0,5 m vor geöffnetem Fenster des nächst benachbarten Wohnhauses | | |
| *) Soweit der Arbeitslärm nicht in einem vorhandenen höherliegenden Grundpegel verschwindet | | |

Die VDI-Richtlinie 2058 von 1960 gibt die festen Grenzwerte für die als erträglich angesehene Lautstärke in DIN-phon an. Diese Grenzwerte berücksichtigen ebenfalls die Einwirkung von Geräuschen auf den Menschen. Um eine Geräuschbelastigung der Nachbarschaft zu vermeiden, sollen die nach der VDI-Richtlinie 2058 in Tafel 1 angegebenen Grenzwerte bei einer Messung vor dem nächst benachbarten Wohnhaus nicht überschritten werden [15].

Bei der DLG-Prüfung von Heulüftern wird das Betriebsgeräusch gemessen und im Bericht die Gesamtlautstärke in DIN-phon angegeben; außerdem wird die Geräuschentwicklung nach den in Tafel 2 aufgeführten Werten beurteilt [16].

3. Bewertung nach Lautheitseindruck und Beurteilung der erreichten Geräuscheminderung

Beim Vergleich verschiedener Lüfter oder bei der Beurteilung einer Lärmbekämpfungsmaßnahme tauchen in der Praxis immer wieder die Fragen auf, um wieviel leiser oder lauter dieser Lüfter im Vergleich zu einem anderen ist. Durch welche Maßnahme kann das Betriebsgeräusch in seinem Lautheitseindruck verringert werden?

Hier gibt der logarithmische Maßstab der Lautstärke oder des Schallpegels keinen Anhaltspunkt. Eine von der International Organization for Standardization (ISO) empfohlene Regel besagt, daß eine Erhöhung der Lautstärke um 10 phon subjektiv als Verdoppelung der Lautheit empfunden wird, wobei der Lautstärkenunterschied von 1 phon gerade noch wahrgenommen wird. Erhöht sich die Lautstärke eines Geräusches beispielsweise von 40 phon auf 80 phon, so wird das Geräusch von 80 phon nicht zweimal, sondern sechzehnmal so laut empfunden wie das Geräusch von 40 phon.

In der Literatur sind mehrere Rechenverfahren bekannt, nach denen eine Lautstärkeberechnung mit Hilfe einer Lautheitsbewertung nach SONE durchgeführt werden kann. Je nach Art des Geräusches weicht diese Berechnung mehr oder minder stark von der DIN-phon-Messung ab [5; 7; 17]. Durch Anwendung derartiger Rechenverfahren vor und nach einer Maßnahme zur Geräuschverminderung läßt sich die Änderung der Lautheit ermitteln.

Ergebnisse von Geräuschemessungen an schalldämpfenden Einrichtungen von Heubelüftungsanlagen

Im Zusammenhang mit unseren Bemühungen, Schalldämpfer zu entwickeln, wurden die aus den theoretischen Untersuchungen gefundenen Maßnahmen zur Geräuschverminderung auf ihre Wirksamkeit und praktische Einsatzmöglichkeit bei Heubelüftungsanlagen geprüft. Die Untersuchungen erstrecken sich auf zwei selbstgebaute Schalldämpfer sowie auf einen von der Industrie hergestellten Schlitzschalldämpfer, ferner auf Selbsthilfemaßnahmen zur Geräuschverminderung, wie sie von den Landwirten und den Firmen beim Einbau des Lüfters angewandt wurden. Für die Geräuschemessungen an Lüftern und schalldämpfenden Einrichtungen standen uns ein Schallpegelmessgerät mit Oktav-

Tafel 2: DLG-Bewertungsmaßstab für Lüftergeräusche

| | DIN-Lautstärke [DIN-phon] | Schalldruckpegel zw. 125 u. 500 Hz [dB] | Bewertung | |
|--|---------------------------|---|---------------------|------------------|
| | | | Geräuschbelastigung | unangenehme Töne |
| 1. | < 70 | < 70 | gering | nicht |
| 2. | 70—80 | < 70 | mittel | nicht |
| 3. | 70—80 | > 70 | mittel | ja |
| 4. | > 80 | > 70 | stark | ja |
| Beurteilung: | | | | |
| bei 1: das Geräusch ist ohne Schallschutz als erträglich anzusehen; | | | | |
| bei 2: das Geräusch ist ohne Schallschutz als noch erträglich anzusehen; | | | | |
| bei 3: das Geräusch ist ohne Schallschutz als störend anzusehen; | | | | |
| bei 4: das Geräusch ist ohne Schallschutz als lästig anzusehen | | | | |



Bild 7: Geräuschmessungen bei einem in einer Holzwand zurückgesetztem Axiallüfter
700 mm \varnothing ; 1430 U/min; (Typ Ax 70 L)

Bandpaß³⁾ sowie ein Studio-Tonbandgerät⁴⁾ zum Aufzeichnen der Meßwerte zur Verfügung. Um den Einfluß der Einbauhöhe auf die Schallausbreitung zu erfassen, wurden bei den Messungen drei verschiedene Einbaumöglichkeiten von Heullüftern berücksichtigt:

1. Erhöht eingebaute Lüfter für Heustapel mit deckenlastiger Heulagerung;
2. ebenerdig eingebaute Lüfter bei erdlastiger Heulagerung;
3. versenkt eingebaute Lüfter ebenfalls bei erdlastiger Heulagerung.

1. Messungen an erhöht eingebauten Lüftern

Wir hatten Gelegenheit, an zwei Anlagen mit Lüftern des gleichen Fabrikats und der gleichen Bauart und Größe (Bild 7) den Einfluß des unterschiedlichen Einbaus auf das Betriebsgeräusch zu prüfen. Es waren beides schnelllaufende Axiallüfter.

Die Meßergebnisse sind aus Bild 8 ersichtlich. Vergleicht man die Meßwerte bei beiden Anlagen, so ergeben sich je nach Lage des Meßpunktes Unterschiede im Betriebsgeräusch von 5 . . . 8 DIN-phon. Bei der Geräuschmessung in Richtung der Lüfterachse (Meßpunkt 0°) trat im Vergleich zum Ergebnis der Lautstärkemessung bei der DLG-Prüfung [19] an der ersten Anlage eine leichte Schallverstärkung ein. Diese wurde hervorgerufen durch Resonanzerscheinungen im gemauerten Ansaugschacht und durch Reflexionserscheinungen in der nahen Umgebung. Dagegen ergaben die Messungen bei der zweiten Anlage als Folge des Einbaues eine nur wenig geringere Lautstärke im Vergleich zur DLG-Prüfung.

Diese Messungen haben auch gezeigt, daß ein einfaches Zurückversetzen des Lüfters als geräuschmindernde Maßnahme praktisch unwirksam ist und deshalb ausscheidet. In ungünstigen Fällen kann sogar eine Schallverstärkung durch Resonanzerscheinungen im Ansaugkanal eintreten.

2. Messungen an ebenerdig eingebauten Lüftern

Es wurden drei ebenerdig eingebaute Lüfter untersucht. Zwei der Lüfter waren in Heublüftungsanlagen eingebaut, während der dritte Lüfter mit vorgesetztem Schalldämpfer in einem Versuchstand auf dem Institutsgelände gemessen wurde. Sämtliche drei Lüfter waren Schnellläufer mit verschiedenen Lüfterdurchmessern zwischen 800 und 900 mm.

³⁾ Schallpegelmessgerät mit Oktav-Bandpaß der Fa. Rhode & Schwarz
⁴⁾ Tonbandgerät der Fa. Telefunken

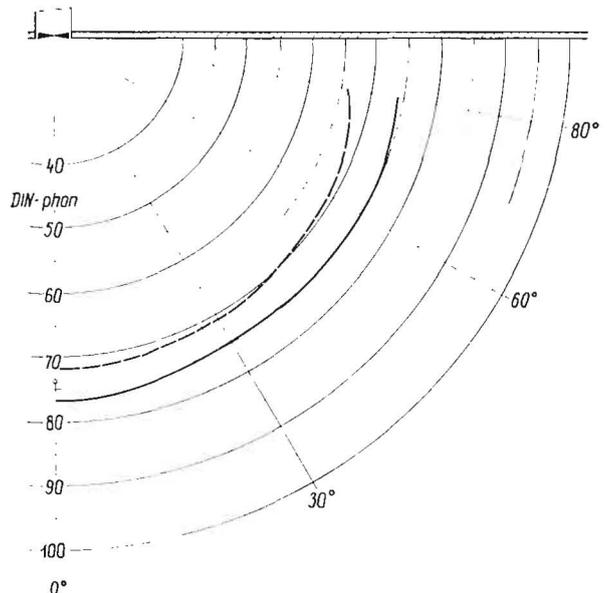


Bild 8: Einfluß des unterschiedlichen Einbaus auf das Lüftergeräusch
Meßentfernung: 7,0 m vom Lüfter; — Lüfter 3,0 m hoch; 1,0 m zurückgesetzt (Holzwand); — Lüfter 3,5 m hoch; 0,5 m zurückgesetzt (Mauerwerk); \circ DLG-Prüfung 74 DIN-phon

Bei der ersten Anlage mit ebenerdig eingebautem Lüfter hatte der Besitzer, durch Beschwerden der Nachbarn veranlaßt, versucht, selbst Abhilfe zu schaffen. Ein Ansaugkanal mit einer Schalldämmwand aus Beton und Mauerwerk (Bild 9) sollte als Schallschutz gegen die Ausbreitung der Schallwellen zum benachbarten Wohnhaus wirksam werden.

Da das Mauerwerk beim Lüfter nicht dicht an der Scheunenwand angeschlossen war, die erzielte Dämmwirkung mäßig. Die Geräuschmessungen ergaben in 7 m Abstand bei den drei Meßpunkten folgendes:

| | |
|--|--------------|
| Meßpunkt 1 (in Richtung des Ansaugkanals) | 85 DIN-phon; |
| Meßpunkt 2 (senkrecht zur Gebäudewand in Richtung der Lüfterachse) | 77 DIN-phon; |
| Meßpunkt 3 (senkrecht zur Betonwand, in Richtung zum Lüfter) | 75 DIN-phon. |

Der Ansaugkanal selbst hatte keine schalldämpfende Wirkung, wie die Lautstärkemessung beim Meßpunkt 1 ergab. Die durch die Wand erreichte Geräuschverminderung von 10 DIN-phon (Meßpunkt 3) zum benachbarten Wohnhaus genügte nicht. Es verblieb eine Lautstärke von 75 DIN-phon, vor einem Fenster des benachbarten Wohnhauses gemessen. Diese liegt wesentlich über den nach der VDI-Richtlinie 2058 empfohlenen und als zulässig angesehenen Richtwerten (Tafel 1).

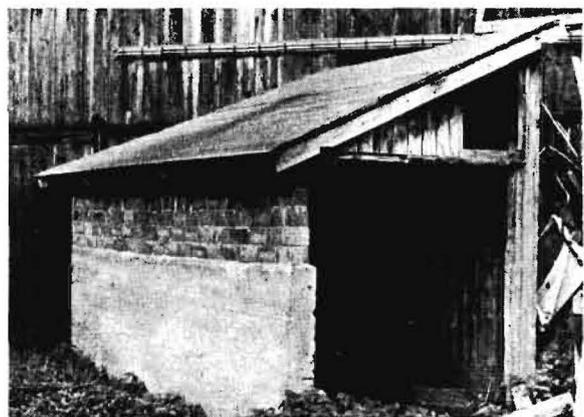


Bild 9: Einfacher Schalldämpfer bestehend aus einer Schalldämmwand aus Beton und Mauerwerk, einer Holzwand und einem Holzdach für einen schnelllaufenden Axiallüfter
850 mm \varnothing ; 1440 U/min; (Typ TVL 8,5)

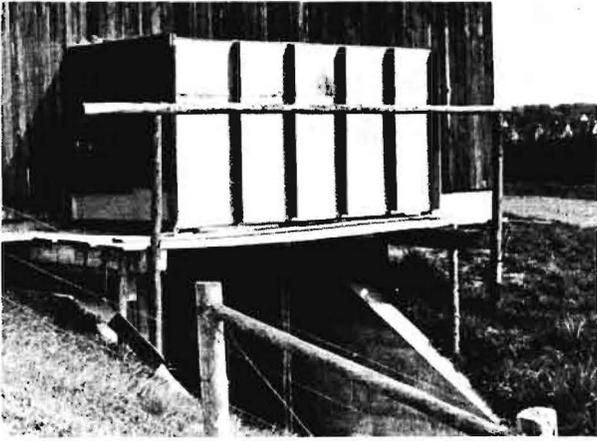


Bild 10: Schalldämmkanal aus Preßspanplatten mit schallschluckender Auskleidung

Bei einem weiteren Versuch wurde ein für den Meiereihof in Hohenheim entwickelter Schalldämpfer durchgemessen. Der Schalldämmkanal in liegender Anordnung (Bild 10) besteht aus 22 mm starken Preßspanplatten und ist mit Steinwollefilzen von 50 mm Dicke in 10 cm Wandabstand schallschluckend ausgekleidet. Für die Ansaugöffnung wurde eine Fläche von $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$ gewählt, damit ergibt sich bei einer Fördermenge des Lüfters von etwa $11 \text{ m}^3/\text{s}$ eine Luftgeschwindigkeit im Ansaugkanal von $4,9 \text{ m/s}$. Die Seitenlänge des Schalldämmkanals betrug $3,5 \text{ m}$. Bei diesem Versuch ergaben sich Schwierigkeiten durch auftretende Biegeschwingungen in den Wänden des Schalldämmkanals und in der Holzwand des Gebäudes. Durch Versteifungen am Schalldämmkanal (Bild 10), Trennung des Lüfters von der Wand und Befestigung am Hauptkanal konnten die Schwingungen beseitigt werden.

Die durch den ausgekleideten Schalldämmkanal erreichte Geräuschverminderung an den einzelnen Meßpunkten kann aus Bild 11 ermittelt werden. In Richtung der Ansaugöffnung (80° rechts von der Lüfterachse) ist kaum eine Senkung der Lautstärke feststellbar. In Richtung der Lüfterachse (0°) betrug die Geräuschminderung etwa 20 DIN-phon. Trotz der erzielten Lautstärkeverminderung liegt beispielsweise die beim Punkt 0° noch gemessene Lautstärke von 73 DIN-phon wesentlich über den nach der VDI-Richtlinie 2058 empfohlenen und als zulässig angesehenen Grenzwerten.

In Bild 12 sind die Ergebnisse der Oktavfilteranalyse beim Meßpunkt 0° für den Lüfter ohne und mit Schalldämpfer aufgetragen. Die Kurven lassen sehr gut die Dämmwirkung des Ansaugkanals insbesondere bei hohen Frequenzen erkennen. Für eine weitergehende Geräuschverminderung muß die vorherr-

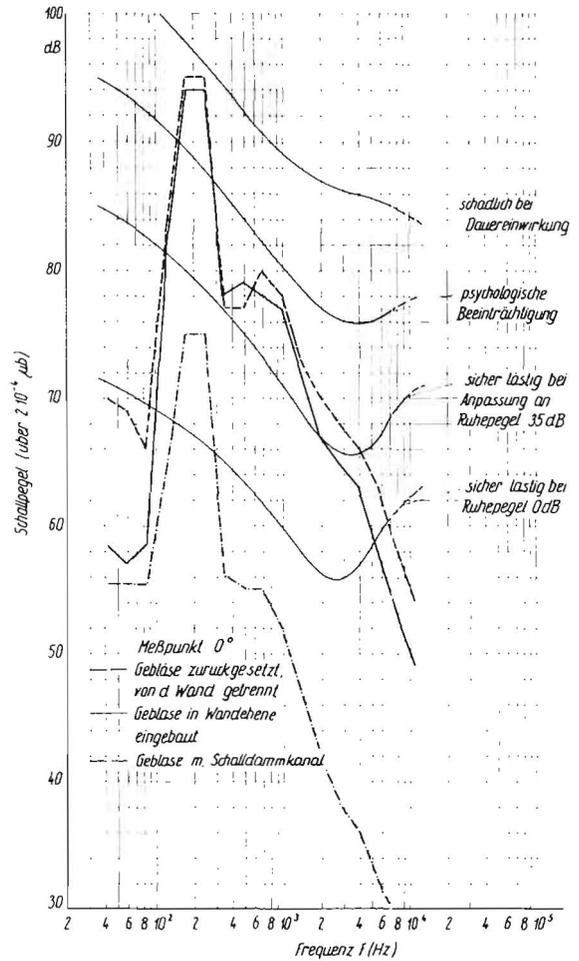


Bild 12: Oktavfilteranalyse beim Meßpunkt 0° zur Bestimmung der Geräuschverminderung durch den Schalldämpfer nach Bild 10

schende Schallpegelspitze bei der Grundfrequenz des Lüfters noch stärker gedämpft werden. (Die Grundfrequenz ist im vorliegenden Fall bei acht Laufrad- und acht Leitrad-schaufeln einer Drehzahl $n = 1430 \text{ U/min}$; $f_1 = 190,7 \text{ Hz}$.) Es sind Versuche geplant, durch ein größeres Wandgewicht und eine stärkere schallschluckende Auskleidung des Schalldämmkanals die Geräuschverminderung zu erhöhen.

Eine Lüfterfirma stellte, wie bereits oben erwähnt, einen Absorptionsschalldämpfer mit Lüfter und Übergangsstück für Messungen zur Verfügung (Bild 6). Die Messungen wurden auf

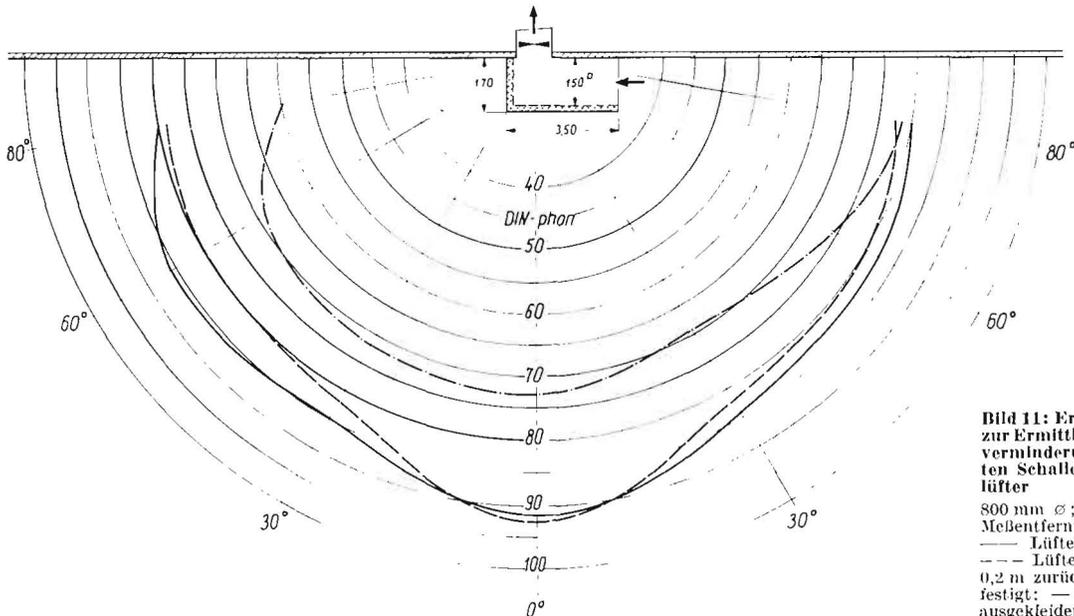


Bild 11: Ergebnis der Rundmessung zur Ermittlung der erreichten Geräuschverminderung durch einen ausgekleideten Schalldämmkanal für einen Axiallüfter

800 mm \varnothing ; 1430 U/min; (Typ F 38/75/4); Meßentfernung: 7,0 m vom Lüfter; — Lüfter in Wandebene eingebaut; - - - Lüfter von Gebäudewand getrennt; 0,2 m zurückgesetzt am Hauptkanal befestigt; — · — Lüfter zurückgesetzt mit ausgekleidetem Schalldämmkanal

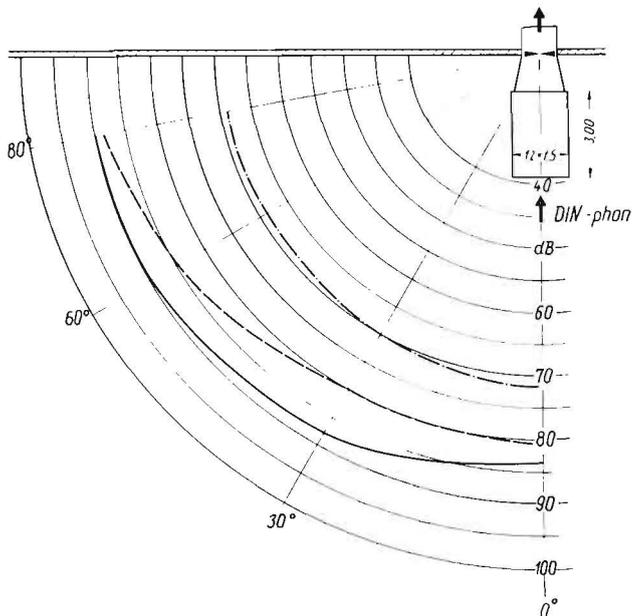


Bild 13: Ergebnisse der Lautstärkemessung zur Ermittlung der erreichten Geräuschverminderung durch den Schlitz-Schalldämpfer nach Bild 6
 — Lüfter ohne Schalldämpfer, Meßentfernung 7 m; — — Lüfter ohne Schalldämpfer, Meßentfernung 11 m; — · — Lüfter mit Schalldämpfer, Meßentfernung 11 m

einem Radius im Abstand von 11 m vom Lüfter durchgeführt, um bei angebautem Schalldämpfer 7 m von der Ansaugöffnung entfernt messen zu können.

Das Ergebnis der Messungen ist in Bild 13 aufgezeichnet. Die erreichte Schalldämpfung an den einzelnen Meßpunkten kann aus dem Diagramm ermittelt werden. Die schallschluckende Wirkung des Absorptionsdämpfers war sehr gering; beim Meßpunkt 0° (direkter Schalldurchtritt in Richtung der Lüfterachse) betrug die erzielte Dämpfung 9 DIN-phon, beziehungsweise 9 dB, bei einer Länge des Schalldämpfers von 3 m also nur 3 dB/m. Nach der Seite hin, bei den Meßpunkten 60° und 80°, nahm die erzielte Dämpfung zu; sie erreicht beim Meßpunkt 80° etwa 20 DIN-phon. Durch die geänderte Richtwirkung der Schallabstrahlung nach vorne und die Schallisolationwirkung der Seitenwände des Absorptionsdämpfers ergab sich die hohe Dämpfung zur Seite hin.

Die geringe Dämpfung von nur 3 dB/m Kanallänge beim direkten Schalldurchtritt (0° Richtung) erklärt sich durch das Oktavpegeldiagramm (Bild 14) für die Meßpunkte 0° und 80° mit und ohne Schalldämpfer. Vergleicht man die Frequenzspektren des Lüfters (ohne Schalldämpfer) bei den Meßpunkten 0° und 80°, so ist sehr gut eine Richtwirkung nach vorne in Achsrichtung bei hohen Frequenzen und nach der Seite in Lüfterebene bei tiefen Frequenzen zu erkennen. Durch den Absorptionsdämpfer wird auf Grund seiner Ausführung beim direkten Schalldurchtritt (0° Richtung) nur die Schallpegelspitze bei der Bandmitte 1000 Hz um 23 dB gedämpft, während in den übrigen Oktavbändern die Dämpfung zwischen 0 und 14 dB schwankt. Die Richtwirkung nach vorne in Achsrichtung bei hohen Frequenzen bleibt bestehen.

Diese Messungen haben die Vermutung bestätigt, daß ein Absorptionsdämpfer mit einem guten Dämpfungsverlauf über den gesamten Frequenzbereich einen erhöhten Aufwand erfordert und für jeden Lüfertyp entsprechend seinem Schallpegeldiagramm gesondert ausgelegt werden mußte. Für Heubelüftungsanlagen ist dieses Verfahren nicht zu empfehlen.

3. Messungen an versenkt eingebauten Lüftern

Bei erdlastiger Heulagerung ist es oftmals möglich, den Hauptkanal im Boden versenkt einzubauen. Daraus ergibt sich ein vertiefter Einbau des Lüfters. Der Ansaugschacht wird meist so ausgebildet, daß er gleichzeitig als Schallschutz dienen kann. Die Messungen an einem versenkt eingebauten Lüfter ergaben, daß im Vergleich zu einem ebenerdig in Wandebene eingebauten Lüfter eine gewisse Richtwirkung des Ansaugschachtes mit einer Umlenkung der Schallwellen nach oben eingetreten war. Besonders

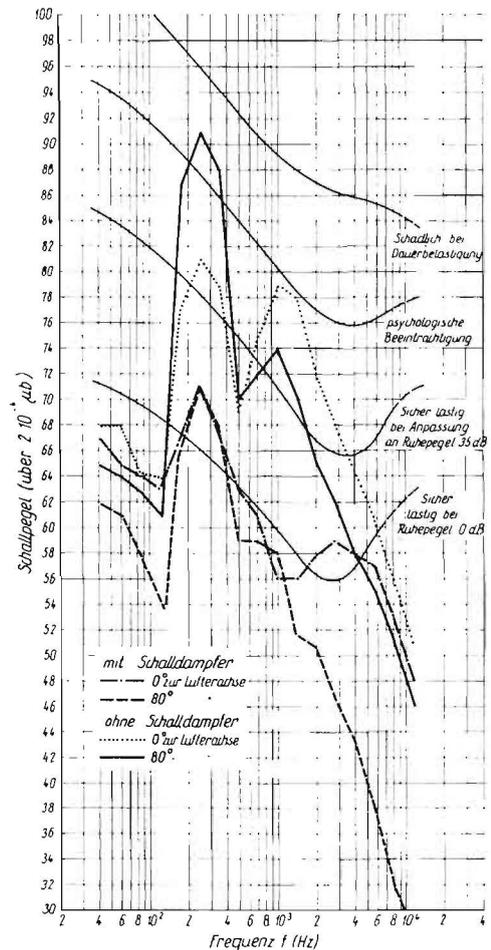


Bild 14: Oktavfilteranalyse (Meßpunkt 0° und 80°) für den untersuchten Schlitz-Schalldämpfer nach Bild 6 und einen Axiallüfter 900 mm Ø; 1430 U/min; (Typ GTA VI/9)

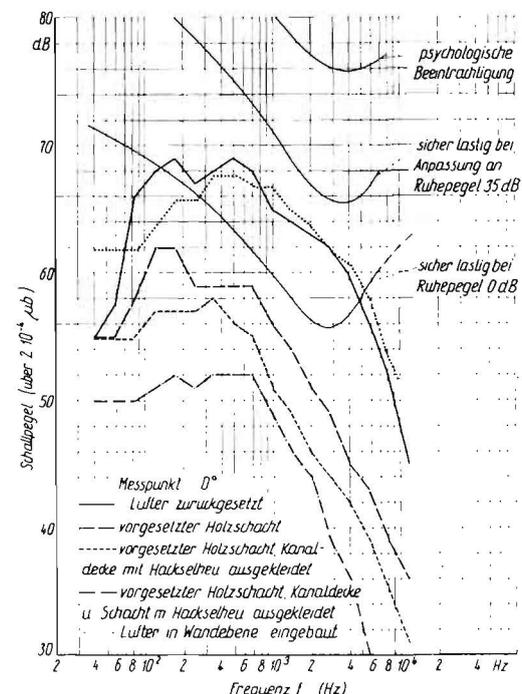


Bild 15: Oktavfilteranalyse (Meßpunkt 0°) für einen langsam laufenden Axiallüfter mit Schalldämpfer, bestehend aus einem ausgekleideten Ansaugschacht
 Axiallüfter 900 mm Ø; 950 U/min; (Typ Ax 90 L)

bei den mittleren und hohen Frequenzen war der Schallpegel um 6...14 dB gesenkt und die Gesamtlautstärke um etwa 4...5 DIN-phon verringert worden. Durch schallschluckendes Auskleiden des betonierten Ansaugschachtes, beispielsweise mit

Heraklithplatten in einem Wandabstand von 5...10 cm, kann das Geräusch noch stärker vermindert werden. Die erzielte Geräuschverminderung kann im günstigen Fall für einen leisen Lüfter ausreichend sein.

Wir konnten in der Nähe von Holtenheim an einer Anlage mit versenkt eingebautem Lüfter weitere Versuche zur Verminderung des Betriebsgeräusches durchführen. Bei dieser Anlage wurde ein langsam laufender Axiallüfter eingebaut mit 900 mm \varnothing und 950 U/min. Der Lüfter war aus bautechnischen Gründen 3 m in den betonierten Ansaugkanal zurückgesetzt worden. Vor Anbau des senkrechten Ansaugschachtes wurde das Lüftergeräusch in 7 m Abstand von der Ansaugöffnung gemessen. Hierbei ergab sich im Vergleich zu einem in der Wandebene eingebauten Lüfter eine Erhöhung des Schallpegels bei niederen Frequenzen in 0° Richtung (Bild 15). Diese Schallverstärkung erklärt sich durch Resonanzerscheinungen im waagerechten Ansaugkanal. Ferner entstand durch den Ansaugkanal eine Richtwirkung in der Schallabstrahlung nach vorne in Richtung der Lüfterachse.

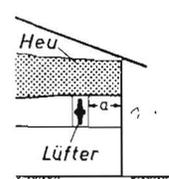
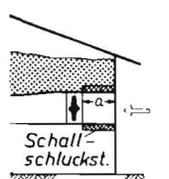
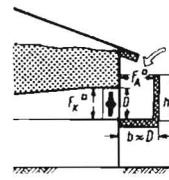
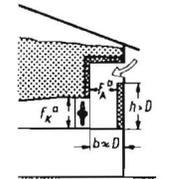
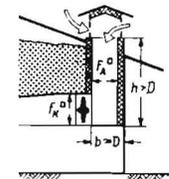
Durch schallschluckende Auskleidung des Ansaugkanals mit Heraklithplatten konnte der Schallpegel etwas gesenkt werden. Eine wesentliche Geräuschverminderung brachte erst der Vorbau eines senkrechten Ansaugschachtes mit schallschluckender Auskleidung. Als Schallschluckstoff hatten wir in diesem Fall gehäckseltes Heu von 50 mm Länge gewählt. Die Kanaldecke und die drei Seitenwände des senkrechten Ansaugschachtes waren mit einer 350 mm dicken Häckselheuenschicht ausgekleidet und mit

Rupfen abgedeckt worden. In Bild 16 sind die Lautstärken bei den Meßpunkten 0°, 30°, 60° und 80° zur Lüfterachse aufgetragen und der Erfolg der einzelnen Maßnahmen zur Geräuschverminderung ist hieraus gut ersichtlich. Für den Meßpunkt 0° sind in Bild 15 die Ergebnisse der Oktavfilteranalyse eingezeichnet. Das Auskleiden des Ansaugschachtes mit Häckselheu ergab eine sehr gute schallschluckende Wirkung. Das Ziel dieses Versuches war es, einen Schallschluckstoff zu finden, der dem Landwirt unbegrenzt zur Verfügung steht.

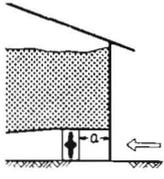
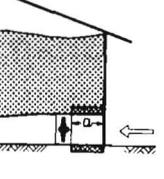
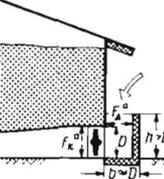
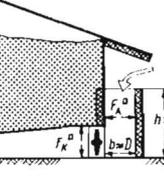
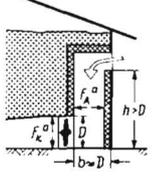
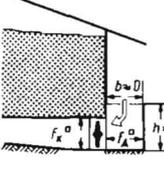
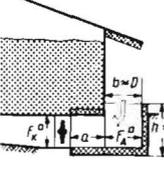
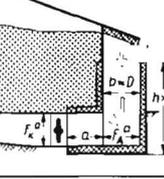
Die Ergebnisse des letzten Versuches und die Bestimmung des Schallschluckgrades von Heu und Stroh haben uns bestätigt, daß beim Bau eines Schalldämpfers für einen Heulüfter jederzeit die Verwendung von Heu als Schallschluckstoff empfohlen werden kann. Da hierbei keine zusätzlichen Kosten für den Schallschluckstoff entstehen, kann die Schichtdicke für die absorbierende Auskleidung groß genug gewählt und die Geräuschverminderung erhöht werden.

Die Tafel 3 und Tafel 4 stellen eine systematische Zusammenfassung der Ergebnisse unserer mehrjährigen Untersuchungen und Messungen dar. Sie enthalten einige Vorschläge und Empfehlungen zu dem Problem der Geräuschverminderung bei Heubelüftungsanlagen. Diese Vorschläge bilden die Grundlage für die Ausarbeitung eines VDI-Arbeitsblattes, das in Kürze erscheinen soll. Zur Beurteilung der einzelnen Maßnahmen wurde eine Unterscheidung zwischen leisen Lüftern (<70 DIN-phon) und lauten Lüftern (>70 DIN-phon) durchgeführt. Die Versuche

Tafel 3: Geräuschverminderung bei Heulüftern
(deckenlastige Lagerung)
Vorschläge nach G. SEGLER und A. SCHEUERMANN

| Nr. | Maßnahme | Ergebnis | Geräuschverminderung bei | |
|-----|---|--|---|--------------------------------|
| | | | leisen Lüftern <70 DIN-phon | lauten Lüftern >70 DIN-phon |
| 1 |  Zurücksetzen des Lüfters um $a > 1,0$ m | Keine Geräuschverminderung, Schall verstärkt durch Resonanz | ungenügend | ungenügend |
| 2 |  Zurücksetzen des Lüfters um $a > 1,0$ m. Auskleiden mit Schallschluckstoff | Geringe Senkung des Schallpegels | ungenügend in Lüfterachse, ausreichend nach der Seite | ungenügend |
| 3 |  Vorgebauter Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ F_A = Ansaugquerschnitt F_K = Kanalquerschnitt | Einmaliges Umlenken des Schalls, mittelmäßige Senkung des Schallpegels | ausreichend | ungenügend |
| 4 |  Senkrechter (s. Zeichnung) od. waager. Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ | Zweimaliges Umlenken des Schalls, starke Senkung des Schallpegels | gut | ausreichend |
| 5 |  Senkrechter Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ $h = 3 \dots 4$ m | Zweimaliges Umlenken des Schalls, sehr starke Senkung des Schallpegels | gut | ausreichend |

Tafel 4: Geräuschverminderung bei Heulüftern
(erdlastige Lagerung)
Vorschläge nach G. SEGLER und A. SCHEUERMANN

| Nr. | Maßnahme | Ergebnis | Geräuschverminderung bei | |
|-----|---|--|---|--------------------------------|
| | | | leisen Lüftern <70 DIN-phon | lauten Lüftern >70 DIN-phon |
| 1 |  Zurücksetzen des Lüfters um $a > 1,0$ m | Keine Geräuschverminderung, Schall verstärkt durch Resonanz | ungenügend | ungenügend |
| 2 |  Zurücksetzen des Lüfters um $a > 1,0$ m. Auskleiden mit Schallschluckstoff | geringe Senkung des Schallpegels | ungenügend in Lüfterachse, ausreichend nach der Seite | ungenügend |
| 3 |  Vorgebauter Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ F_A = Ansaugquerschnitt F_K = Kanalquerschnitt | Einmaliges Umlenken des Schalls, mittelmäßige Senkung des Schallpegels | ausreichend | ungenügend |
| 4 |  Senkrechter Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ $h = 3 \dots 4$ m | Zweimaliges Umlenken des Schalls, starke Senkung des Schallpegels | gut | ausreichend |
| 5 |  Senkrechter (s. Zeichnung) oder waager. Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ | Zweimaliges Umlenken des Schalls, starke Senkung des Schallpegels | gut | ausreichend |
| 6 |  Senkrechter Ansaugschacht $F_A > F_K$ | Einmaliges Umlenken des Schalls, geringe Senkung des Schallpegels | gerade ausreichend | ungenügend |
| 7 |  Zurücksetzen des Lüfters um $a > 1,0$ m mit senkrechtem Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ | Einmaliges Umlenken des Schalls, starke Senkung des Schallpegels | befriedigend | ausreichend |
| 8 |  Zurücksetzen des Lüfters um $a > 1,0$ m mit senkrechtem Ansaugschacht. Auskleiden mit Schallschluckstoff $F_A > F_K$ $h = 3 \dots 4$ | Zweimaliges Umlenken des Schalls, sehr starke Senkung des Schallpegels | gut | ausreichend |

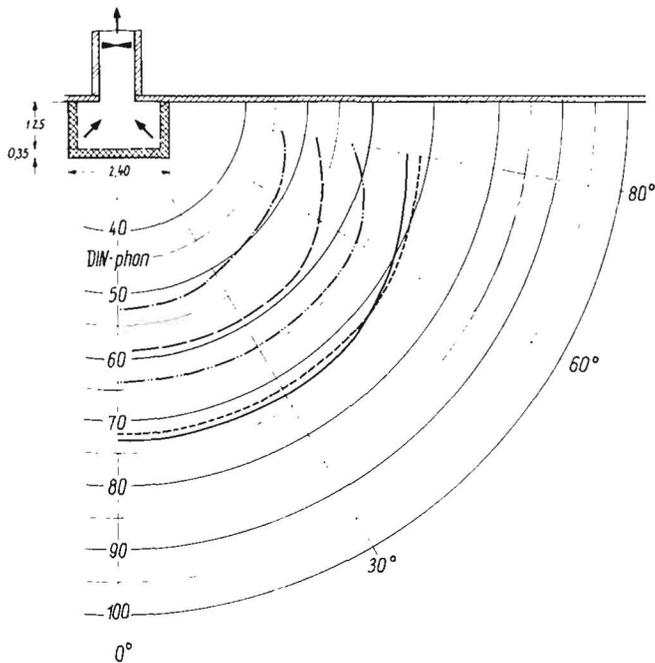


Bild 16: Geräuschverminderung durch einen ausgekleideten Ansaugschacht

Meßentfernung: 7,0 m von Ansaugöffnung in Gebäudewand; — Lüfter 3,0 m zurückgesetzt mit betoniertem Ansaugkanal - - - - - Lüfter in Wandebene eingebaut; - - - - - vorgesetzter Holzschacht; — vorgesetzter Holzschacht, Kanaldecke mit Häckselheu ausgekleidet; — vorgesetzter Holzschacht, Kanaldecke und Schacht mit Häckselheu ausgekleidet

haben gezeigt, daß bei sehr lauten Lüftern eine Verminderung des Betriebsgeräusches um etwa 20 DIN-phon nicht als ausreichend angesehen und daß es immer noch als lästig empfunden werden kann.

Eine Verringerung der Lautstärke um 20 DIN-phon kann jedoch mit einfachen und billigen Mitteln noch erzielt werden, wie unsere Messungen ergaben (siehe Beispiel Bild 16). Muß aber im Bereich niedriger Frequenzen das Lüftergeräusch um 30 oder 40 dB gedämpft werden, dann steigen der Aufwand und die Kosten erheblich an. Hier sei noch einmal auf die Ergebnisse der Oktavfilteranalyse bei den verschiedenen Lüftern hingewiesen, die gezeigt haben, daß häufig der Hauptanteil des Geräusches bei der Grundfrequenz des Lüfters und im Bereich niedriger und mittlerer Frequenzen zwischen 100 Hz und 1000 Hz liegt (Bild 12; 14). Ist das Lüftergeräusch breitbandig (Bild 15), fehlen also ausgeprägte Schallpegelspitzen oder die sogenannten Sirenentöne im Bereich von 100...1000 Hz, dann erleichtert dies die Schalldämpfung. Außerdem wird ein breitbandiges Geräusch durch sein charakteristisches Rauschen angenehmer empfunden.

Zusammenfassung

Es wird über Untersuchungen an schalldämpfenden Einrichtungen für Heubelüftungsanlagen berichtet. Nach einer Darstellung der Grundgesetze der Schallausbreitung werden die Möglichkeiten der Lärmbekämpfung erörtert. Einrichtungen zur Schalldämmung und Schallabsorption werden verglichen, wobei festgestellt wird, daß für den vorliegenden Zweck industriell gefertigte Absorptionsschalldämpfer zu aufwendig sind. Es wurde eine einfache und billige schalldämpfende Einrichtung entwickelt, die sich auch bei bereits vorhandenen Anlagen einbauen läßt. Über Versuche mit dieser Einrichtung wird berichtet. Zum Schluß des Aufsatzes werden Vorschläge für den Einbau bei den im allgemeinen vorkommenden baulichen Situationen zusammengestellt.

Schrifttum

- [1] SEGLER, G.: Gebläuswahl für Heubelüftungsanlagen. Landtechnik 12 (1957) S. 599—604
- [2] SEGLER, G.: Fortschritte in der Heubelüftungstechnik. Landtechnik 13 (1958) S. 590—594
- [3] SEGLER, G.: Technische Probleme der Belüftung von landwirtschaftlichen Ernteprodukten. In: Vorträge der wissenschaftlichen Jahrestagung 1959 des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim. (Tagungsberichte Nr. 22) Berlin 1959, S. 135—154

- [4] ZELLER, W.: Technische Lärmabwehr. Alfred Kröner Verlag, Stuttgart 1950
- [5] HARRIS, C. M.: Handbook of Noise Control. McGraw-Hill Book Company, New York 1957
- [6] BURCK, W.: Die Schallmeßbel. Verlag R. Oldenbourg, München 1960
- [7] SLAWIN, I. I.: Industrielärm und seine Bekämpfung. VEB Verlag Technik, Berlin 1960
- [8] KOCH, H.: Betriebslärm, seine Folgen und seine Bekämpfung. Veröffentlichungen des Bundesinstituts für Arbeitsschutz. Beuth-Vertrieb, Köln/Berlin 1955
- [9] KEUNEKE, K.: Untersuchungen des Betriebsgeräusches von Heubelüftungsgebläsen. Landtechnische Forschung 11 (1961) S. 71—74
- [10] PIENING, W.: Schalldämpfung bei Dieselanlagen auf Schiffen. ZVDI 81 (1937) S. 770—776
- [11] GERBER, O., und R. RICHTER: Das schall- und strömungstechnische Verhalten eines Absorptionsschalldämpfers bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten. Konstruktion 8 (1956) S. 380—388
- [12] GERBER, O.: Verbesserte Absorptionsschalldämpfung und deren Anwendung in Auspuff- und Lüfterkanälen. Konstruktion 5 (1953) S. 363—368
- [13] MEISTER, F. J.: Schallpegel, Lautheit, Lästigkeit und Schädigung bei Geräuschbelastung des Ohres. ZVDI 99 (1957) S. 329—334
- [14] KIENE, W.: Geräuschmessungen an Ackerschleppern. Landtechnische Forschung 7 (1957) S. 83—85
- [15] Beurteilung und Abwehr von Arbeitslärm. (VDI-Richtlinie 2058), Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin und Köln 1960
- [16] DLG Prüfung von Heublüftern. (Sonderbericht zur DLG-Einzelprüfung von Heubelüftungsgebläsen, Gruppe 8g/14) Frankfurt 1959
- [17] MARTIN, R.: Geräte und Methoden der Geräuschmessung. Landtechnische Forschung 7 (1957) S. 79—82
- [18] FINKENZELLER, R.: Einführung in die Geräuschmessung. Landtechnische Forschung 6 (1956) S. 118—119
- [19] DLG-Maschinenprüfungsberichte. (DLG-Einzelprüfung, Gruppe 8g/37) Frankfurt 1959
- [20] SCHOCH, A.: Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1937

Résumé

Albert Scheuermann: "Investigations on the Development of Sound Muffling Devices in Hay Drying Installations."

Investigations on sound-muffling devices in hay drying installations are described. After stating the basis laws of sound propagation, the possibilities of noise suppression are discussed. Sound muffling and absorption devices are compared, from which it is determined that, for the present purposes, commercial absorption sound mufflers are too expensive. A relatively cheap and simple sound muffling device was developed, which can be easily built into existing hay drying installations. Tests made with this device are described. The article closes with suggestions for building this device into all types of buildings generally in use.

Albert Scheuermann: «Etudes en vue de la construction de dispositifs amortisseurs de bruit les installations d'aération du foin.»

L'article s'occupe des recherches sur les dispositifs d'amortissement des bruits destinés aux installations d'aération du foin. Après avoir rappelé les lois fondamentales de la diffusion du son, l'auteur discute les possibilités de lutte contre les bruits. Il compare les différents dispositifs d'amortissement et d'absorption du bruit et constate que les amortisseurs sonores construits en séries sont trop chers pour les installations d'aération. On a étudié un dispositif simple et bon marché qui peut être monté postérieurement également dans des installations déjà achevées. Il parle ensuite des essais faits avec ces dispositifs. A la fin de l'article il fait des propositions pour le montage de ces dispositifs dans les bâtiments de types courants.

Albert Scheuermann: «Investigaciones para el desarrollo de dispositivos de amortiguación del sonido en instalaciones ventiladoras de heno.»

Se trata aquí de investigaciones efectuadas con dispositivos amortiguadores del sonido en instalaciones para la ventilación de heno. Después de exponer las leyes fundamentales sobre la propagación del sonido, se discuten las posibilidades de reducir el ruido. Se comparan los dispositivos de silenciar el ruido con los de absorción, exponiéndose que los amortiguadores de absorción, producidos por la industria para este fin, resultan demasiado caros. Se ha desarrollado entonces un absorbedor sencillo y económico que puede montarse también en instalaciones ya existentes y se informa sobre ensayos hechos con el mismo. Al final del artículo se hacen proposiciones para el montaje en las condiciones constructivas más usuales.