

Lokalisierung und Klassifizierung tonaler Schallquellen in Seitenkanalgebläsen

Thomas Grohmann¹, Rudi Dittmar²

¹ Gardner Denver Deutschland GmbH, 97616 Bad Neustadt, Deutschland, Email: thomas.grohmann@gardnerdenver.com

² Gardner Denver Deutschland GmbH, 97616 Bad Neustadt, Deutschland, Email: rudi.dittmar@gardnerdenver.com

Einleitung

Seitenkanalgebläse (Bild 1) haben ihren Ursprung in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts. Seit dem Beginn der industriellen Fertigung im Jahre 1961 finden sie als Alternative zu den herkömmlichen Strömungs- und Verdängermaschinen Anwendung in weiten Bereichen der Industrie. Diese reichen von der Druckindustrie über die pneumatische Förderung von Kunststoffgranulaten bis hin zur Dentalabsaugung in Zahnarztpraxen.

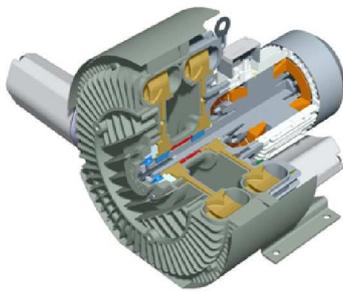


Abbildung 1: Schnittbild eines mehrstufigen Seitenkanalgebläses ©Gardner Denver Deutschland GmbH

Neben der Leistungsdichte und dem Energiebedarf hat sich in den letzten Jahren das Geräuschverhalten zu einem entscheidenden Qualitätsmerkmal entwickelt. Im Folgenden werden die Schallquellen im Seitenkanalgebläse beschrieben und konstruktive Hinweise zur geräuscharmen Gestaltung gegeben.

Schallquellen in Seitenkanalgebläsen

Das Geräuschbild des Seitenkanalgebläses wird geprägt durch einen schmalbandigen Ton mit der Frequenz Drehzahl x Schaufelzahl. Dieser dominiert häufig die Gesamtschallemissionen und wird subjektiv als störend empfunden, Bild 2. Als Ursache des störenden Tons konnten im

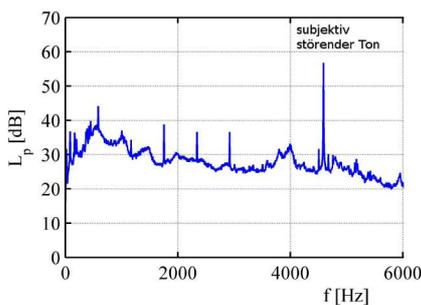


Abbildung 2: Typisches Schmalbandspektrum des flächengemittelten Schalldruckpegels eines Seitenkanalgebläses

Seitenkanalgebläse folgende Schallquellen lokalisiert werden (Bild 3):

- die instationäre Entspannung des über den Unterbrecher geschleppten Massenstroms am saugseitigen Unterbrecher,
- das Abstreifen des aus den Schaufelzellen geschleuderten Fördergases an der Druckseite des Gebläses und
- das Aufschneiden von an Laufschaufeln abgelösten Wirbeln durch nachfolgende Schaufeln.

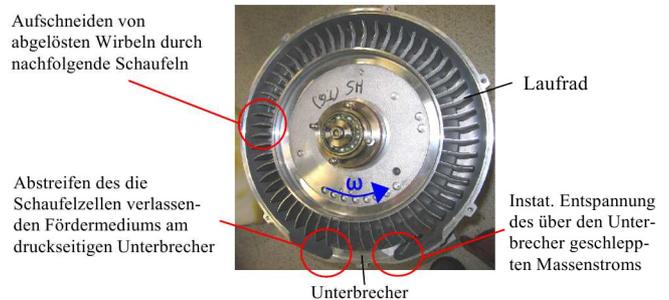


Abbildung 3: Tonale Schallquellen in Seitenkanalgebläsen

Die einzelnen Quellterme werden nachfolgend auf Basis der Lighthill-Analogie formuliert.

Instationäre Entspannungs Vorgänge am saugseitigen Unterbrecher

Die periodische Entspannung des von der Druck- zur Saugseite des Unterbrechers mitgeschleppten Massenstroms führt zu zeitlichen Änderungen des volumenbezogenen Massenstroms \dot{m} (akustischer Monopolstrahler, GL 1), Bild 4.

$$\frac{\partial \dot{m}}{\partial t} \sim \rho_{Exp} K \omega \varphi_N \frac{\partial c_{Exp,ges}}{\partial \varphi_N} + \rho_{Exp} K \omega c_{Exp,ges} \quad (1)$$

Die Intensität wird hierbei bestimmt durch die drehwin-

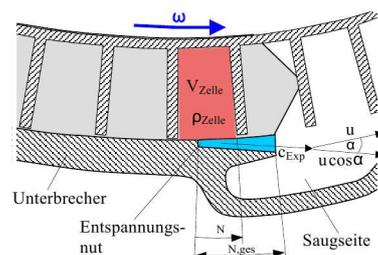


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Entspannungs Vorgangs am saugseitigen Unterbrecher

kelabhängige Änderung der Expansionsgeschwindigkeit $c_{Exp,ges}$, der Winkelgeschwindigkeit ω , dem Unterbrecherwinkel $\varphi_{N,ges}$ und der Querschnittserweiterung $K = dA/d\varphi_{N,ges}$ der Entspannungsnut.

Abstreifen des Fördergases durch druckseitige Unterbrecherkonturen

Beim Eintritt der Schaufelzelle in den Unterbrecher wird diese durch die Unterbrecherberandung mit dem Drehwinkel $\varphi_{N,DS}$ zunehmend verschlossen. Dabei wirken

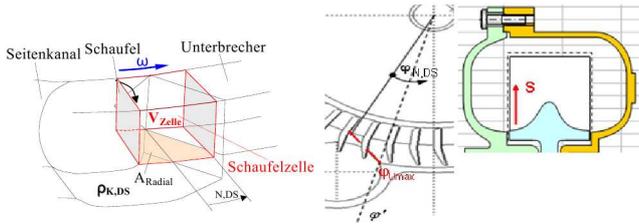


Abbildung 5: Schematische Darstellung der physikalischen Vorgänge am druckseitigen Unterbrecher, links: zeitliche Massenstromänderung, rechts: zeitliche Kraftänderung

zeitliche Massenstrom- (Monopolstrahler, GL 2)

$$\frac{\partial \dot{m}}{\partial t} \sim -\rho_{K,DS} \omega \frac{dA_R}{d\varphi_{N,rad}} c_{m,2} \quad (2)$$

und zeitliche Kräfteänderungen (Dipolstrahler, GL 3)

$$\frac{\partial F}{\partial t} \sim \rho_{K,DS} u^3 \frac{1}{z^2} \frac{ds}{d\varphi_{N,DS}} \quad (3)$$

als Schallquellen, Bild 5. Die Intensität des Monopolstrahlers wird dabei bestimmt durch die Dichte des Fördergases $\rho_{K,DS}$, der Winkelgeschwindigkeit ω sowie dem radialen Anteil der Schaufelaustrittsgeschwindigkeit $c_{m,2}$ und der drehwinkelabhängigen Querschnittsänderung $dA_R/d\varphi_{N,rad}$ durch die Unterbrecherkontur. Der Dipolstrahler wird geprägt durch die Dichte $\rho_{K,DS}$, der Umfangsgeschwindigkeit u , der Schaufelzahl z sowie der drehwinkelabhängigen Änderung der umlaufenden Schaufeleinschlusskante $ds/d\varphi_{N,DS}$.

Aufschneiden von abgelösten Wirbeln durch Laufradschaufeln

Bei Eintritt der Strömung aus dem Seitenkanal in die Schaufelzelle treten unter charakteristischen Schaufeleintrittswinkeln Wirbelablösungen an der Rückseite der Schaufelflanken auf, Bild 6 links. Diese werden von der nachfolgenden Schaufel aufgeschnitten. Auf die Schaufel wirken dabei instationäre Schaufelkräfte (GL 4)

$$\frac{\partial F_{Wirbel}}{\partial t} \sim \rho_{K,DS} \frac{1}{6} \pi s_k^3 w_1 \omega^2 z^2 \sin(z\varphi_N) \quad , \quad (4)$$

die zur Schallabstrahlung mit dem Charakter eines akustischen Dipols führen. Die Intensität wird dabei bestimmt von der Dichte des Fördermediums $\rho_{K,DS}$, dem angenommenen Wirbelvolumen $\frac{1}{6} \pi s_k^3$ mit dem Wirbel-durchmesser s_K , der Schaufelanströmgeschwindigkeit w_1 ,

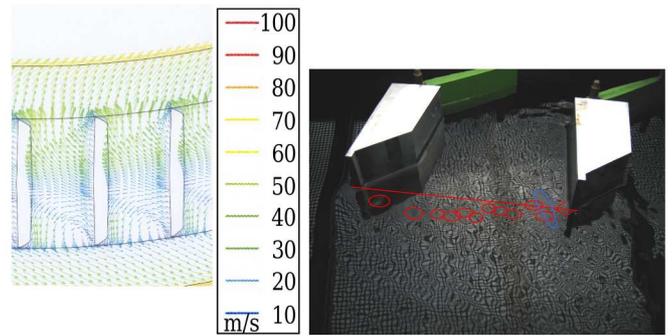


Abbildung 6: Links: Radialschnitt des relativen Geschwindigkeitsfeldes am Laufradaußendurchmesser bei akustisch markantem Betriebspunkt, rechts: Wirbelaufschneiden im Flachwasserkanal

der Winkelgeschwindigkeit ω und der Schaufelanzahl z . Aus parameterabhängigen Schalldruckmessungen konnten Geometrie- und Betriebspunkteinflüsse erfasst (Bild 7) und im Flachwasserkanal visualisiert werden (Bild 6, rechts).

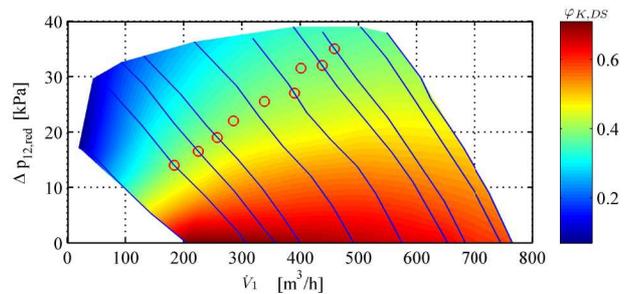


Abbildung 7: Betriebspunkte bei markanter tonaler Schallabstrahlung durch aufgeschnittene Wirbel

Konstruktive Verbesserungen

An der Saugseite des Unterbrechers kann der durch den instationären Entspannungs Vorgang hervorgerufene Schall reduziert werden, indem eine Entspannungsnut eingebracht wird. Der Umfangswinkel der Entspannungsnut $\varphi_{N,ges}$ und die Querschnittserweiterung K sind dabei auf den Betriebspunkt abzustimmen.

Die Schallentstehung durch das Abstreifen des Fördergases am druckseitigen Unterbrecher lässt sich durch Anpassen der axialen und radialen Unterbrechereinschlusswinkel vermindern.

Das Aufschneiden von Wirbeln durch rotierende Schaufeln kann durch Verändern der Schaufelflanken unterbunden werden.

Literatur

- [1] Grohmann, Th.: Lokalisierung und Klassifizierung tonaler Schallquellen in Seitenkanalgebläsen, Dissertation Universität Erlangen, Shaker Verlag, Aachen 2010
- [2] Dittmar, R.: Geräusch von Seitenkanalverdichtern, Untersuchungsbericht Gardner Denver Deutschland GmbH, Bad Neustadt 2002