

Akustische Schallentstehung und Richtcharakteristik von Axialventilatoren unterschiedlicher Laufradgeometrie

Florian Zenger¹, Stefan Becker¹

¹ Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 91058 Erlangen, Deutschland, Email: ze@ipat.uni-erlangen.de, sb@ipat.uni-erlangen.de

Einleitung

Axialventilatoren besitzen ein breit gefächertes Einsatzgebiet in vielen Industriezweigen. Bei der Auslegung und Optimierung ist neben der Energieeffizienz die akustische Schallabstrahlung ein wichtiges Bewertungskriterium. Um gezielt Optimierungsmaßnahmen auch an bestehenden Systemen durchzuführen, benötigt man grundlegende Kenntnisse über die Schallentstehungsmechanismen in Korrelation zur spektralen Verteilung des Schallfelds. Zu den Ursachen der Schallabstrahlung bezogen auf den Schalldruckpegel in verschiedenen Frequenzbereichen sind Unterschiede in der Literatur in [1], [2] vorhanden. Jedoch haben diese Untersuchungen eine begrenzte Allgemeingültigkeit. Ziel dieser Arbeit ist es, die verschiedenen Schallentstehungsmechanismen in Abhängigkeit der Geometrie der Laufradschaufel fundiert zu analysieren um daraus Schallreduzierungsmaßnahmen ableiten zu können.

Schallentstehung bei Axialventilatoren

Das Spektrum des abgestrahlten Schalldrucks eines Axialventilators setzt sich aus breitbandigen und tonalen Komponenten zusammen. Als Ursache der aeroakustischen Geräuschentstehung unterscheidet man prinzipiell zwischen stationären und instationären sowie zwischen schaufelgebundenen und schaufelungebundenen Kräften. Als Hauptquelle der Schallerzeugung gelten hierbei die instationären Schaufelkräfte, die u.a. von der turbulenten Zuströmung, Wirbelablösung in der Grenzschicht, Rotor-Stator-Interaktionen und Wirbelablösungen im Nachlauf beeinflusst werden [2].

Abbildung 1 zeigt das schematische Spektrum nach WRIGHT [1]. Den verschiedenen Frequenzbereichen des Schalldruckpegels werden darin die entsprechenden Quellmechanismen zugeordnet.

Prüfstand für Axialventilatoren

Die Kennlinien- und Schalldruckmessungen wurden an einem saugseitigen Prüfstand nach DIN EN ISO 5801 durchgeführt, dessen Messkammer als Akustikraum ausgeführt ist. Der zu untersuchende Axialventilator ist dabei in ein Rohrsegment eingebaut. Beim Amplitudenspektrum wurde ein Mikrophon saugseitig, koaxial zur Ventilatorachse im Abstand von 1 m zur Ventilatornabe positioniert. Die Messung der Schalldruckverteilung wurde mit 7 Mikrofonen, die halbkreisförmig auf der Saugseite des Ventilators mit einem Versatz von 30° in 1 m Abstand zur Ventilatornabe angeordnet waren, durchgeführt.

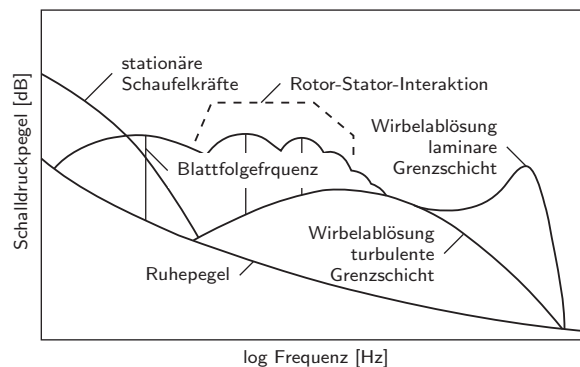






Abbildung 1: Schematisches Spektrum eines Axialventilators nach WRIGHT [1].

Laufrad-Geometrien

Zum Einsatz kommen zwei ungesichelte sowie zwei vorwärtsgesichelte Laufräder. Sie haben jeweils einen Außendurchmesser von 495 mm und einen Kopfspalt von 2,5 mm. Die beiden ungesichelten Laufräder besitzen die gleichen geometrischen Abmessungen und unterscheiden sich im Schaufelprofil: Bei einem Laufrad sind Laufradschaufeln mit Profilierung, beim anderen Laufrad Aluminiumplatten mit 8 mm Stärke ohne Profilierung verbaut. Diese Geometrie wurde als Referenzfall gewählt. Die beiden vorwärtsgesichelten Laufräder unterscheiden sich vor allem in der Verteilung der spezifischen Laufradarbeit. Eine Übersicht der Laufrad-Geometrien mit ihren Abmessungen ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Eigenschaften der unterschiedlichen Laufrad-Geometrien.

	Laufrad			
	PKS01	TKS01	TVS01	TVS02
Durchm.	495 mm	495 mm	495 mm	495 mm
Spalt	2,5 mm	2,5 mm	2,5 mm	2,5 mm
n_{Schaufel}	9	9	10	9
Profil	Platte	Tragfl.	Tragfl.	Tragfl.
Sichelung	-	-	vorwärts	vorwärts
Geometrie				

Kennlinien

Abbildung 2 zeigt die Kennlinien der unterschiedlichen Laufräder. Dargestellt sind die statische Druckdifferenz sowie der Wirkungsgrad über dem Volumenstrom.

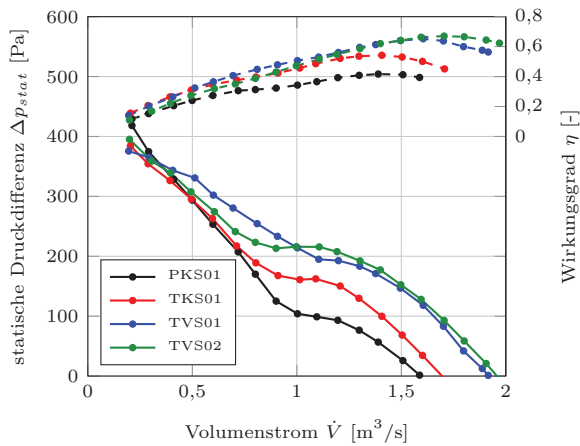


Abbildung 2: Gemessene Kennlinien der Laufräder. Durchgezogen: statische Druckdifferenz, gestrichelt: Wirkungsgrad.

Beim Vergleich der ungesichelten Laufrädern bei niedrigen Volumenströmen bis $0,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ wird deutlich, dass die Profilierung bis dahin keinen wesentlichen Einfluss auf die Kennlinie hat. Danach ist ein deutlicher Abfall des Platten-Laufrades zu beobachten, was durch die unterschiedliche Profilierung erklärt werden kann. Die beiden vorwärtsgesichelten Laufräder weisen ähnliche Druck- und Wirkungsgradverläufe auf.

Amplitudenspektren und Richtcharakteristiken

Dargestellt sind die Amplitudenspektren bei einem Volumenstrom von $1,4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$.

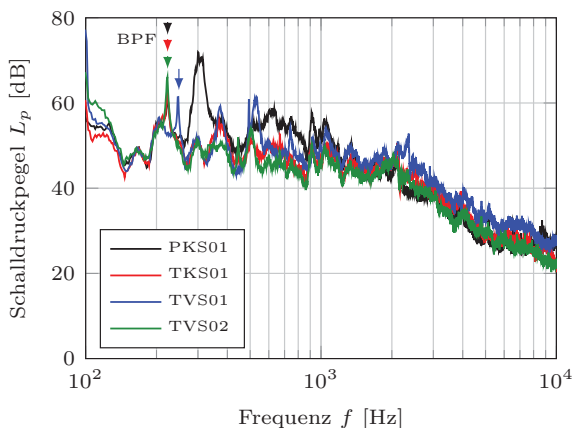


Abbildung 3: Amplitudenspektrum bei $1,4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, Mikrophon in 1 m Abstand zur Ventilatornabe.

Die tonalen Komponenten bei der Blattfolgefrequenz (BPF) sind bei allen Laufrädern deutlich sichtbar. Die BPF ist in Abbildung 3 durch Pfeile mit der entsprechenden Farbe gekennzeichnet. Markant sind neben der Blattfolgefrequenz große tonale Beiträge im Schalldruckpegel bei 300 - 400 Hz. Diese niederfrequenten Anteile lassen sich entsprechend [1] den stationären Schaufelkräften zuordnen. Gerade bei der Plattengeometrie ist diese tonale Komponente besonders stark ausgeprägt. Hier ist auch aufgrund des Schaufelblattvolumens die

Verdrängungswirkung für das Fluid am Größten. Eine endgültige Klärung dieses Schallentstehungsmechanismus steht noch aus. Zusätzlich ist beim Laufrad PKS01 eine Überhöhung im Bereich der zu erwartenden Rotor-Stator-Interaktionen zwischen 500 und 900 Hz zu sehen. Die Schalldruckspektren der vorwärtsgesichelten Laufräder unterscheiden sich hauptsächlich in der Größe des Breitbandrauschens.

Bei der Richtcharakteristik ist zu sehen, dass alle Laufräder eine verstärkte Abstrahlung in Richtung der Ventilatorachse besitzen, was die Ergebnisse früherer Untersuchungen, beispielsweise von BIANCHI [4], bestätigen.

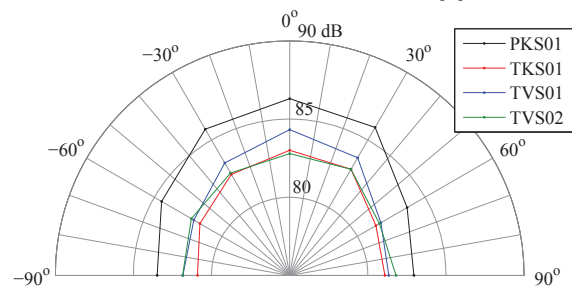


Abbildung 4: Richtcharakteristik bei $1,4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$, Mikrophone saugseitig, halbkreisförmig in 1 m Abstand zur Ventilatorachse angeordnet.

Zusammenfassung

Es wurden vier Axialventilatoren mit unterschiedlicher Laufradgeometrie untersucht. Eine Veränderung der Profilierung bei den Laufrädern PKS01 und TKS01 wirkt sich deutlich auf die Kennlinie und das Schalldruckspektrum aus. Die Kennlinie des Platten-Laufrades fällt ab einem Volumenstrom von $0,7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ merklich ab. Außerdem ist im Schalldruckspektrum vor allem im niederfrequenten Bereich der Einfluss der Profilierung zu sehen. Die Richtcharakteristiken zeigen bei allen Laufrädern eine verstärkte Abstrahlung in Richtung der Ventilatorachse. Für zukünftige Untersuchungen sind Vergleiche unterschiedlicher Laufräder mit identischem Tragflügelprofil und verschiedener Sichelungsarten geplant. Damit wird ein umfassender Katalog erstellt, der die Schallabstrahlung von Axialventilatoren in Abhängigkeit der Blattgeometrie charakterisiert.

Literatur

- [1] Wright, S.: The Acoustic Spectrum of Axial Flow Machines. Journal of Sound and Vibration Volume 45 Issue 2 (1976), 165-223
- [2] Neise, W; Bommers, L., Fricke, J., Grundmann, R. (Hrsg.): Ventilatoren. Vulkan, 2003
- [3] Wagner, S., Bareiß, R., Guidati, G.: Wind Turbine Noise. Springer, 1996
- [4] Bianchi, S., Corsini, A., Sheard, A.G.: Experimental Characterisation of the Far-Field Noise in Axial Fans Fitted with Shaped Tip End-Plates. ISRN Mechanical Engineering Volume 2012, Article ID 212358 (2012)