

# Aeroakustische Messungen an Axialventilatoren zur Motorkühlung

Mohamed Zayani, Saban Caglar, Martin Gabi

Karlsruher Institut für Technologie, Fachgebiet Strömungsmaschinen, 76128 Karlsruhe, E-Mail: zayani@kit.edu

## Einleitung

Im Rahmen dieser Arbeit werden strömungsaerodynamische Untersuchungen am Aero-Akustik-Prüfstand am Fachgebiet Strömungsmaschinen (FSM) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) durchgeführt. Dieser Prüfstand erlaubt simultane Messungen der aerodynamischen (ISO 5801) sowie der akustischen (ISO 3741) Kenngrößen. Untersucht wird hierbei der Einfluss der Schaufelzahl, der Schaufelteilung und der Spaltform auf die Geräuschabstrahlung von Axialventilatoren. Hauptaugenmerk dabei ist die Änderung der Schaufelzahl bei Beibehaltung der Schaufelbelastung (gleiche aerodynamische Bedingungen).

## Experimentelle Untersuchungen

Die experimentellen Untersuchungen wurden mit Axialventilatoren durchgeführt, die im Bereich der Motorkühlung eines Kraftfahrzeugs üblich sind. Charakterisierende Daten können der Tabelle 1 entnommen werden.

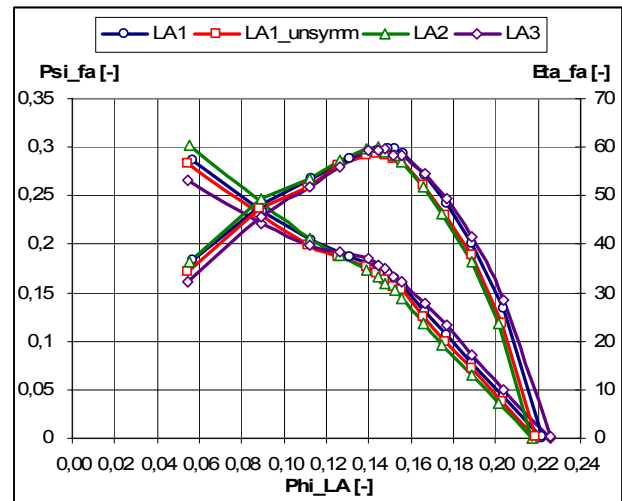
**Tabelle 1:** Geometrische Abmessungen von LA1, 2 und 3

Nabenverhältnis	$\upsilon$	-	0,42
Teilungsverhältnis am Außendurchmesser $t/l$		-	2,1
Spaltverhältnis	$2*s/D_a$	-	0,017
Blattfolgefrequenz LA1	BPF	Hz	450
Blattfolgefrequenz LA2	BPF	Hz	350
Blattfolgefrequenz LA3	BPF	Hz	550

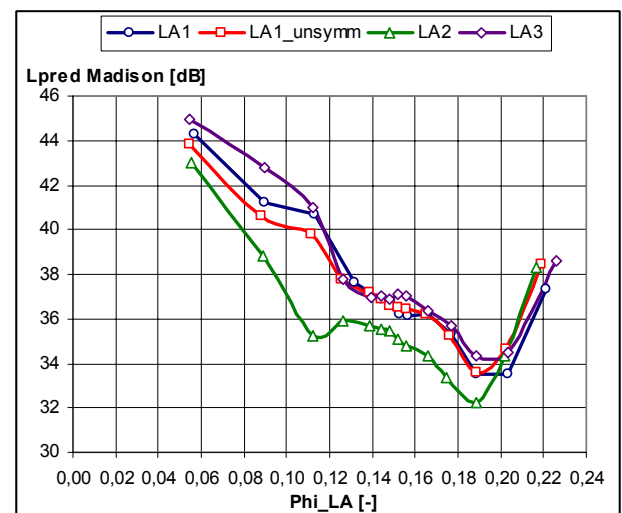
Das Teilungsverhältnis wurde beibehalten, dies erfolgt durch Anpassung der Schaufelzahl und der Schaufelsehnenlänge. Für die in Tab. 1 genannten Laufräder wird eine Spaltform A verwendet. Zusätzlich zu den genannten Laufrädern wird noch das Laufrad LA1 mit unsymmetrischer Schaufelteilung (LA1\_unsymm) gemessen. In einer weiteren Untersuchung wird die Spaltströmung auf ein Minimum reduziert (Spaltform B).

## Ergebnisse und Auswertung

Die Kennlinien werden in Form dimensionsloser Kennzahlen ausgewertet. Dabei ist  $\Phi_{LA}$  die Volumenzahl (bezogen auf die durchströmte Fläche), Druckzahl (frei ausblasend), der Wirkungsgrad (frei ausblasend) sowie der reduzierte Pegelverlauf nach Madison. In Abbildung 1 sieht man den minimalen Unterschieden im Bereich Teil- und Überlast ohne signifikante Differenz im Bereich höchster Wirkungsgrade.



**Abbildung 1:** Einfluss der Schaufelzahl und Schaufelteilung auf die Aerodynamik



**Abbildung 2:** Einfluss der Schaufelzahl und Schaufelteilung auf die Akustik

Der Vergleich der nach Madison reduzierten Geräuschpegel als Funktion der Volumenzahl (siehe Abb. 2) zeigt einen ähnlichen Verlauf bei LA1, LA1\_unsymm und LA3 vor allem im Bereich des besten Wirkungsgrades. Hier zeigt sich, dass in diesem Fall eine Erhöhung der Schaufelzahl von 9 auf 11 Schaufeln bei Anpassung der Sehnenlänge zu einem geringfügigen Unterschied in der Aerodynamik und Akustik führt. Eine unsymmetrische Teilung (nach Mellin und Sovran) zeigt kaum eine Verbesserung im Gesamtpegel bzw. im reduzierten Pegel nach Madison. Das Laufrad mit 7 Schaufeln, LA2, zeigt dagegen das beste Ergebnis mit einem reduzierten Pegel von 35,4 dB statt 36,8 dB.

Eine Darstellung der Frequenzspektren aller Varianten im Bereich des Optimalpunkts ist in Abbildung 3 dargestellt. Diese Frequenzspektren sind in Funktion der Blattstrouhalzahl dargestellt, um die unterschiedlichen Blattfolgefrequenzen auf einen einheitlichen Wert zu führen.

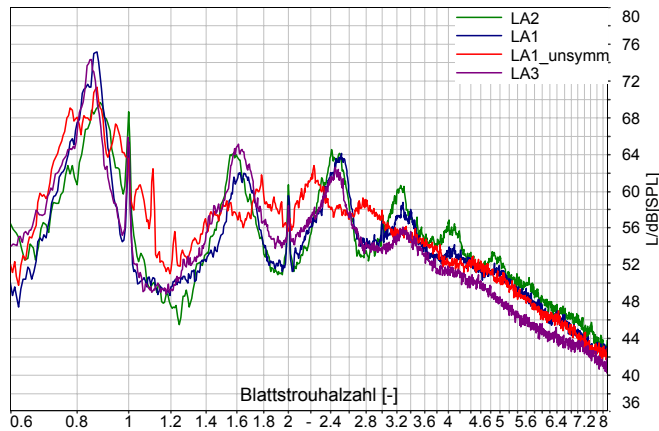


Abbildung 3: Einfluss der Schaufelzahl auf die Akustik

Durch die Anpassung der Sehnenlänge bei Variation der Schaufelzahl ergeben sich unterschiedliche Reynoldszahlen. Diese sind bei LA2 am größten und bei LA3 am kleinsten, LA1 und LA1\_unsymm liegen dazwischen. Die Variante LA1\_unsymm zeigt aufgrund der Unsymmetrie der Schaufelteilung einen interessanten Verlauf. Die Tonalen sind im Gegensatz zu den anderen Laufrädern nicht so stark ausgeprägt. Der Energiegehalt ist gleich wie bei den anderen Varianten, es wird jedoch auf verschiedene Frequenzen verteilt. In den Frequenzspektren (Abb. 3) ist eine schmalbandige Überhöhung vor dem Grundton, zwischen der Blattstrouhalzahl 0,6 und 0,9 (und vielfache davon), erkennbar. Mögliche Ursache hierfür ist die Interaktion der Spaltströmung mit den rotierenden Laufradschaufeln.

Um dies näher zu untersuchen wurden Spaltformvariationen bei der Variante LA1 von Spaltform A auf Spaltform B durchgeführt. Aerodynamische und akustische Ergebnisse dieser Variation zeigten eine deutliche Verbesserung im Wirkungsgrad bei der Variante Spaltform B von bis zu 5 % und im Gesamtpegel von bis zu 7 dB im Vergleich zur Variante mit Spaltform A (Abb. 4). Interessant dabei ist der Rückgang der schmalbandigen Überhöhung, was diese beachtliche Abnahme am Gesamtpegel erklärt [1].

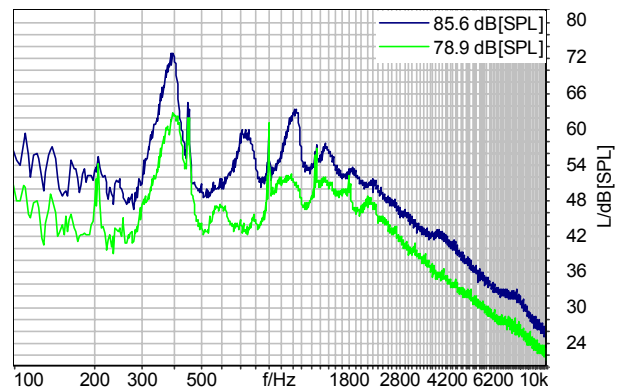
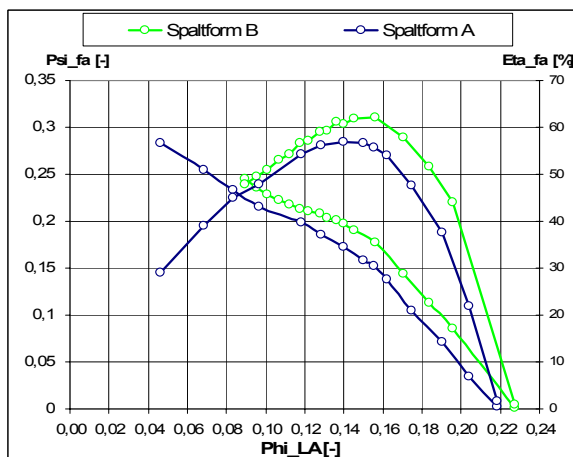


Abbildung 4: Einfluss der Spaltform auf die Aerodynamik (oben) und Akustik (unten)

Um die Strömung im Spaltbereich zu visualisieren wurden Hochgeschwindigkeit Particle Image Velocimetry Messungen senkrecht zur Laufradebene vor dem Laufrad durchgeführt. Eine Gegenüberstellung der Mittelwerte von den beiden Spaltformvarianten zeigt Abbildung 5.

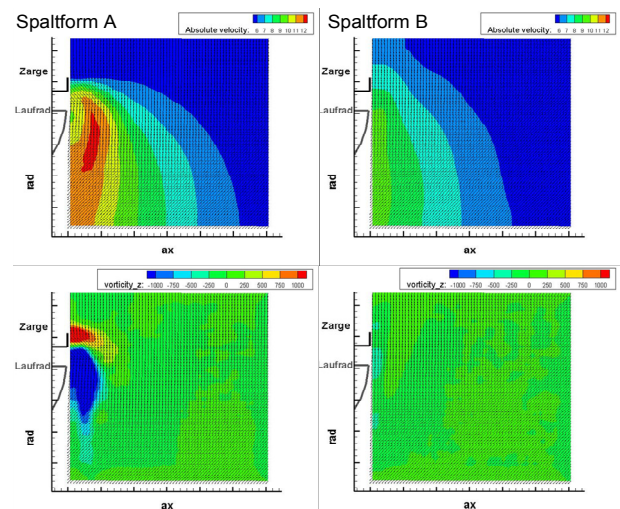


Abbildung 5: Gemittelte Geschwindigkeit (oben) und Verwirbelung (unten) beider Spaltformvarianten

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Spaltform A eine höhere Verwirbelung im Spaltbereich vorhanden ist als bei Spaltform B. Diese Abnahme könnte zum Rückgang der schmalbandigen Überhöhung geführt haben.

## Zusammenfassung

Die Schaufelzahlvariation bei Beibehaltung der Schaufelbelastung führte zu einer Verbesserung der akustischen Abstrahlung bei der Variante LA2. Diese Variante besitzt die höchste Reynoldszahl von allen.

Durch einfache Variation der Spaltform wurde gezeigt, dass der Rückgang der schmalbandigen Überhöhung auch mit Rückgang der Verwirbelung im Spaltbereich verbunden ist.

## Literatur

- [1] Zayani, M.; Caglar, S.; Gabi, M.: Strömungsakustische Untersuchungen an Axialventilatoren zur Motor-kühlung, Ventilatoren-Tagung, Braunschweig, 2010