

Untersuchung der Durchströmung eines Radialventilators mit nicht rotationssymmetrischen Laufrad

Albert Jeckel, Alexander Fischer, Ludwig Berger

CFD Schuck Ingenieurgesellschaft mbH, D-89518 Heidenheim

Summary

The Flow inside a Radial Fan with a “non-rotational symmetrical” rotor was analyzed using Computation Fluid Dynamics simulation. The results from the CFD simulation showed a good level of agreement with those obtained through experimental analysis. For optimization of the simulation methodology the model was meshed using a different Meshing strategy which while reducing the Simulation time significantly produced acceptable results.

Keywords

Radialventilator, Kennlinie, Vernetzung, Rotor-Stator-Interface, Prüfstand

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten hat sich die CFD-Simulation als ein unverzichtbarer Bestandteil der Produktentwicklung etabliert. Neue Konzepte werden soweit möglich ganz oder zumindest in wichtigen Teilbereichen anhand CFD-Simulationen ausgelegt und optimiert. Berechnungsdienstleister wie CFD Schuck bieten ihren Kunden die Möglichkeit der externen Bearbeitung von Themen. Dies können sowohl zeitaufwendige methodische Themen wie auch zeitkritische Standardthemen sein. Gerade letzteres gewinnt heutzutage aufgrund der immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten und der steigenden Modellvielfalt zunehmend an Bedeutung.

Im vorliegenden Vortrag wird die Untersuchung eines Radialventilators mit einem nicht rotationssymmetrischen Lüfterrad vorgestellt. Zur Validierung der Berechnung erfolgt ein Vergleich der berechneten Durchsätze mit experimentellen Werten aus Prüfstandsuntersuchungen. Da die ermittelten Geschwindigkeitsprofile für weiterführende Berechnungen von nachgelagerten Bauteilen verwendet werden, ist eine genaue Abbildung der Strömungssituation in der Ausblasse im Abströmungsbereich des Rotors erforderlich.

Auf der Basis der Berechnung erfolgt eine Bewertung der Strömungssituation im Lüfterrad und in den angrenzenden Bauteilen. Ein besonderer Aspekt der Untersuchung lag in der Bewertung der Modellierungsmethode anhand einer Aufwand-Nutzen-Analyse.

2. CFD-Methode

Im Rahmen der Untersuchung wurden ein CFD-Modell erstellt, welches die Prüfstandssituation abbildet. Zur Reduzierung des Aufwandes für die Laufradvernetzung wurde die nicht rotationssymmetrische Laufradgeometrie modifiziert, sodass durch Vernetzung eines 40°-Segmentes des Laufrades ein rotationssymmetrisches Netz erzeugt werden kann. Im Vergleich zur Vernetzung der Originalgeometrie lassen sich dadurch ca. 50% der Vernetzungszeit einsparen.

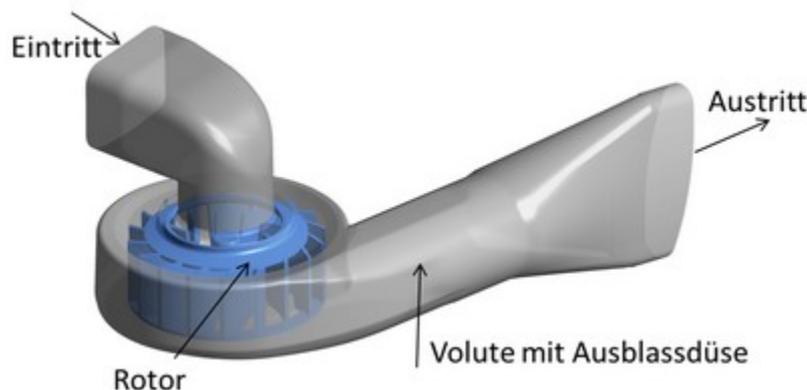


Fig. 1: Untersuchte Geometrie

Die Vernetzung orientiert sich an den von ANSYS bekannten Qualitätskriterien. Es wurde ein blockstrukturiertes Hexaedernetz mit hoher Auflösung im wandnahen Bereich (15 Layer) erzeugt. Die Zellanzahl betrug ca. 15. Mio Zellen.

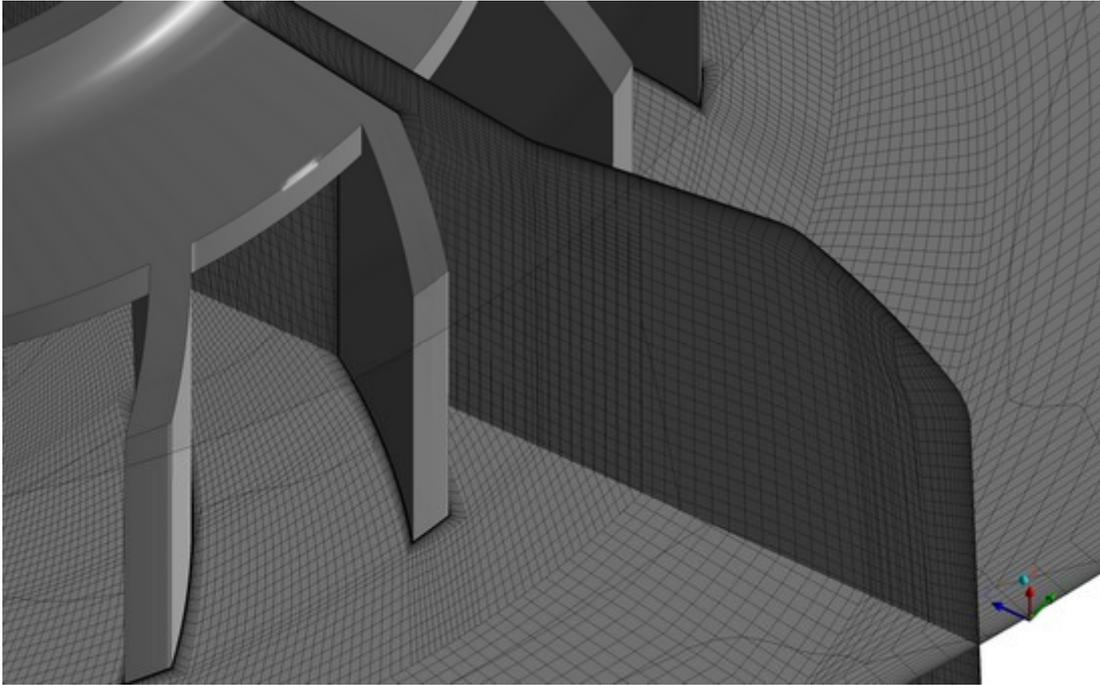


Fig. 2: Netz Rotor (Ausschnitt)

Die Berechnungen erfolgten sowohl stationär mit Frozen-Rotor-Interface wie auch instationär unter Verwendung des transienten Rotor-Stator-Interfaces. Die Prüfstandsbedingungen wurde eintrittsseitig mittels Inlet mit Umgebungsdruck und am Austritt unter Vorgabe des Prüfstandsdrucks (Opening) abgebildet.

3. Ergebnisse

Die stationären Berechnungen mit Frozen-Rotor führten zu Ergebnissen mit Abweichungen von mehr als 20% bei den Durchsätzen im Vergleich zu den Prüfstandsuntersuchungen. Bei Verwendung des transienten Rotor-Stator-Interface ergaben sich gute Übereinstimmungen zwischen Simulation und Messung. Die Abweichung zwischen gemessenem und berechneten Volumenstrom bei niedrigem Gegendruck lag für diesen Lastpunkt bei ca 2,5%. Damit ist belegt, das die Vereinfachung bzgl. der Laufradgeometrie zulässig war. Die unsymmetrische Schaufelverteilung hat demzufolge keinen nennenswerten Einfluss auf die Förderleistung des Ventilators. Anhand der Ergebnisse zeigt sich, das die Zulaufgeometrie zu einer unsymmetrischen Anströmung des Laufrades führt (Fig. 3). Änderungen der Krümmungsradien im Zuströmbereich können hier zu einer Verbesserung der Anströmung und damit der Förderleistung führen.

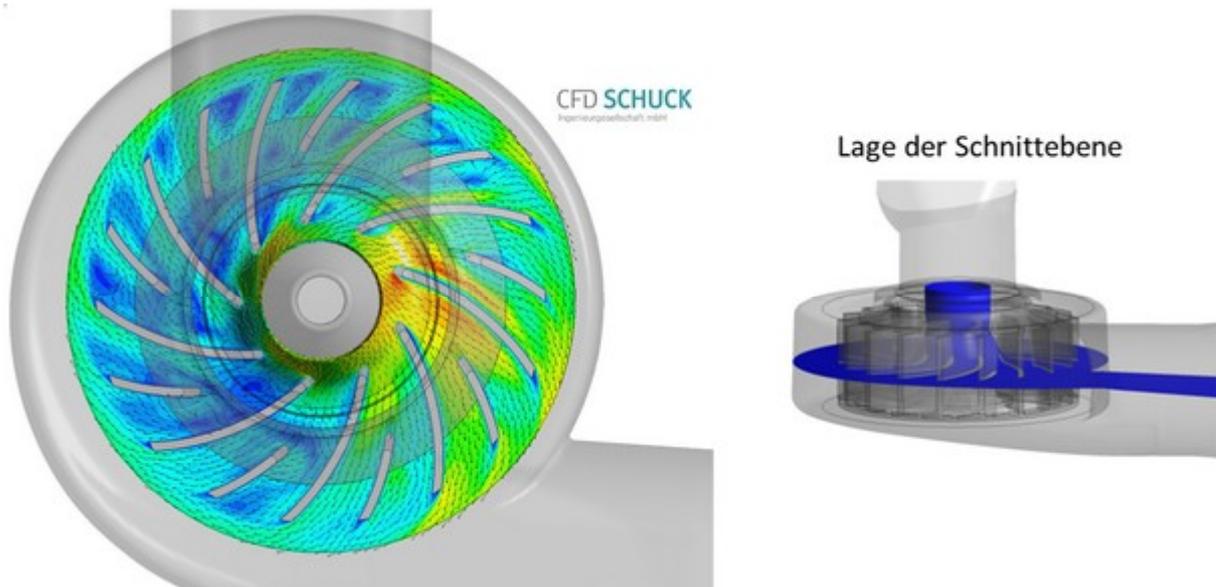


Fig. 3: Geschwindigkeitsverteilung Rotor (Relativsystem)

In Fig. 4 ist zu erkennen, dass in der Austrittsdüse eine gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung vorliegt.

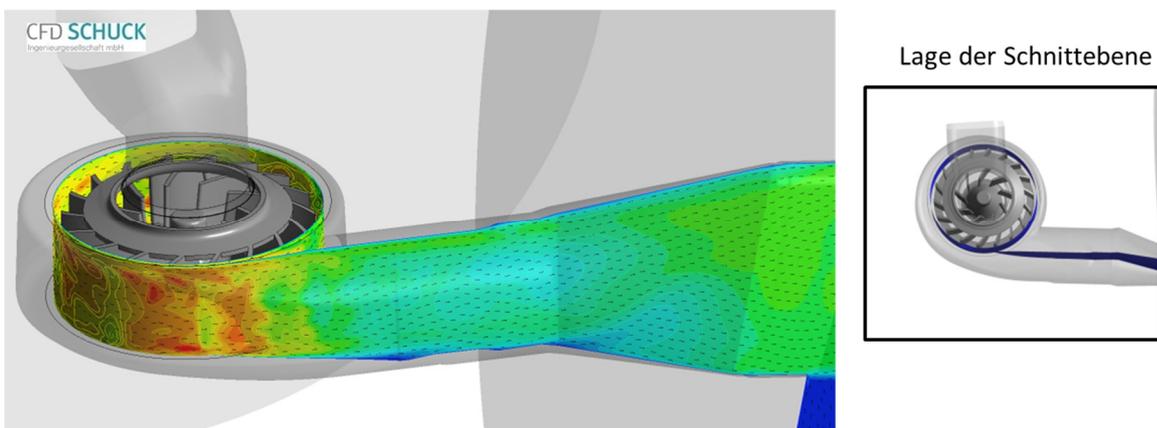


Fig. 4: Geschwindigkeitsverteilung Volute (Absolutsystem)

4. Optimierung Durchlaufzeit

Neben der Verbesserung des Vernetzungsaufwandes durch die rotationssymmetrische Vernetzung des Laufrades wurde anhand von Netzmodifikationen untersucht, ob eine ausreichende Ergebnislösung mit deutlich reduzierter Zellanzahl realisierbar ist. Dies wäre aufgrund der instationären Berechnungen und der damit erforderlichen Berechnungszeiten vor allem für Optimierungsuntersuchungen von Vorteil.

Infolge der Modifikationen konnte insbesondere in Bereichen, in denen aufgrund der blockstrukturierten Vernetzung hohen Zelldichten vorliegen, durch Verwendung von unstrukturierten Hexaedernetzen eine deutliche Reduzierung der Zellanzahl erreicht werden. Die zusätzliche Reduzierung der Zellanzahl führte dazu, dass eine Netzgröße von ca. 5 Mio Zellen erreicht wurde. Mit dem so erhaltenen Netz wurde für den in Punkt 2 untersuchten Lastpunkt eine Abweichung von ca. 4% beim Fördervolumenstrom ermittelt. Dabei konnte aufgrund der reduzierten Zellanzahl eine Reduzierung der Berechnungszeit um 65% erzielt werden.

5. Zusammenfassung

Bei der Untersuchung der Durchströmung eines Radialventilators mit nicht symmetrischen Laufrad wurde zur Reduzierung des Vernetzungsaufwandes vereinfachend angenommen, dass die

Lauftradgeometrie rotationssymmetrisch mit einem 40°-Segment abgebildet werden kann. Die Berechnungen mit transientem Rotor-Stator-Interface zeigen gute Übereinstimmung mit Prüfstandsuntersuchungen. Durch Änderung der Vernetzungsstrategie wurden Netze mit deutlich reduzierter Zellanzahl erzeugt. Diese eignen sich im Vergleich zur Originalgeometrie aufgrund von reduzierten Rechenzeiten zur schnellen Untersuchung von Optimierungsvarianten.