



Ventilatoreinheit mit optimiertem Nachleitrad-Design für kleine Nabenverhältnisse

**Dr. W. Angelis, Technische Leitung
Lufttechnik**

ZIEHL-ABEGG SE



Berlin, 14./15. April 2016



Ventilatoreinheit mit optimiertem Nachleitrad-Design für kleine Nabenverhältnisse

■ *Übersicht*

- Einleitung
- Nabentotwasser und seine Auswirkungen
- Optimierung einer Ventilatoreinheit mit Nachleitrad basierend auf CFD Simulationen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



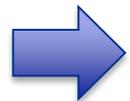
Einleitung



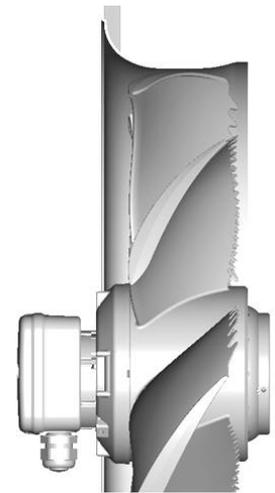
Einleitung

Typischer Einbau

- Niederdruckaxialventilatoren werden oft in Anwendungen wie Kühlung, Klimatisierung, Lüftung, Heizen, Regenerative Energien, Reinraumtechnik, Landwirtschaft, ... eingesetzt
- Ventilator Durchmesser bei ZA typischerweise 200 mm – 1250 mm
- Ventilatoren ohne Leiträder üblich
- Oft niedrige **Nabenverhältnisse**



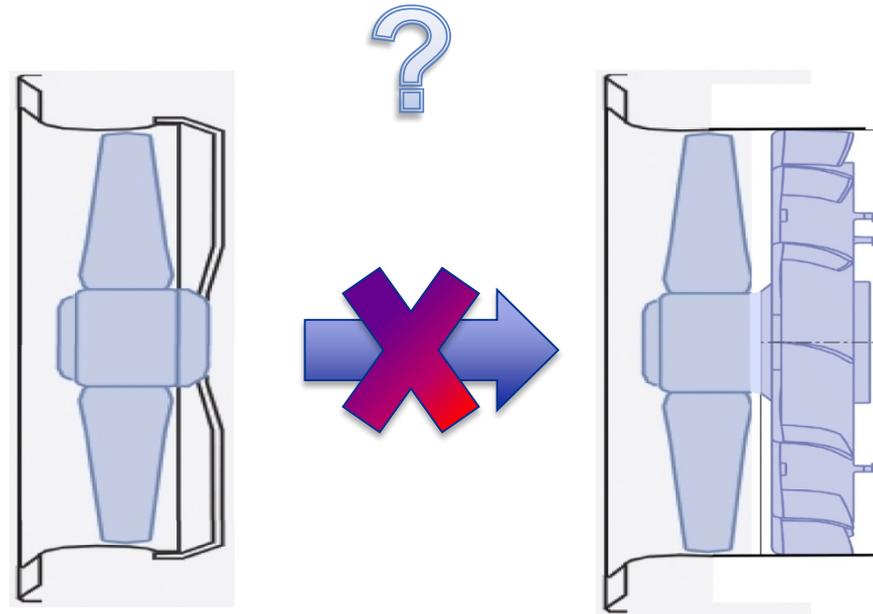
- **vorteilhaft für hohe Volumenströme bei niedriger Druckdifferenz**
- **Außenkontur von (Außenläufer-) motoren als Laufradnabe**



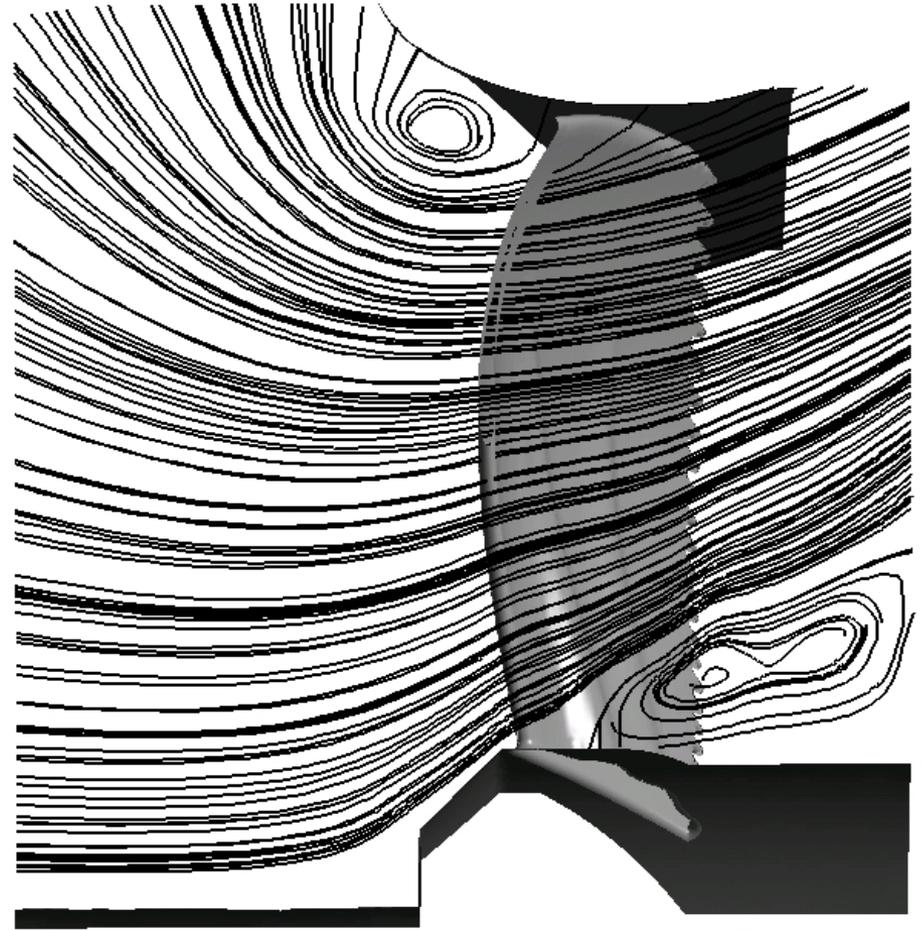
Einleitung

Warum sind Nachleiträder nicht weiter verbreitet im Einsatz?

- Kompaktheit (axiale Bauhöhe)
- Herstellungskosten -> ROI der Energie einsparenden Investition?
- Vergleichsweise niedriger Energieverbrauch / niedrige Energiekosten durch Ventilatorbetrieb ?
- Geringe Einsparungen durch Effizienzsteigerungen möglich?
- Akustische Verschlechterungen durch Nachleitflügel?



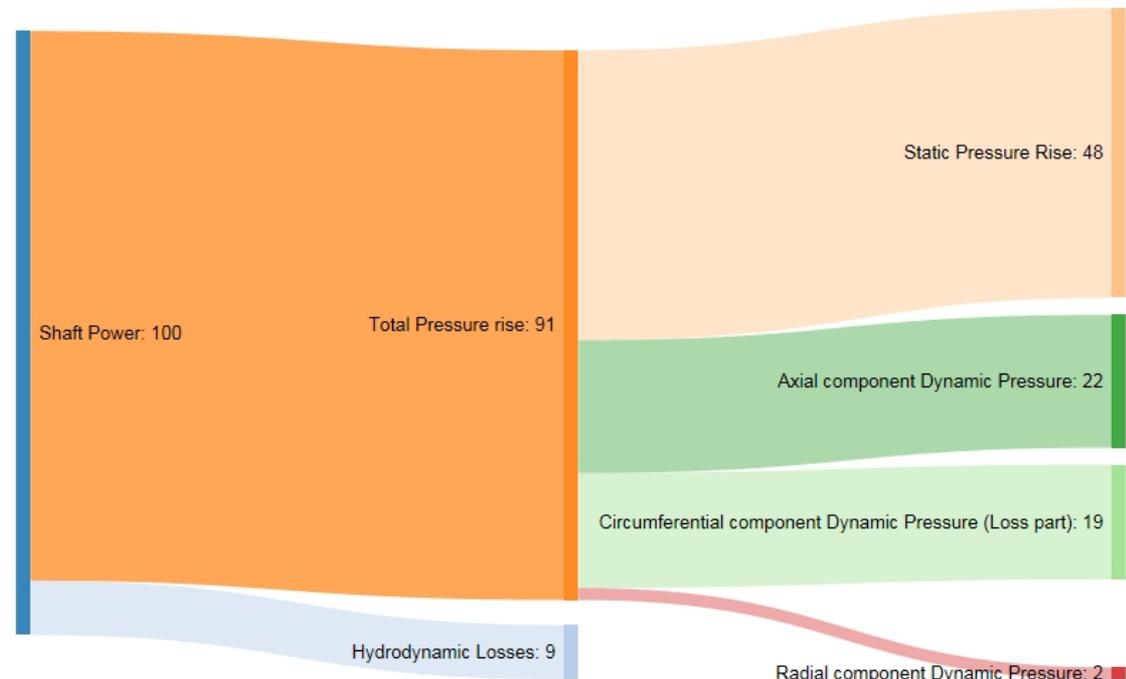
Nabentotwasser und seine Auswirkungen



Nabentotwasser und seine Auswirkungen

Statischer Wirkungsgrad als Maßstab für Energieeffizienz

- Dynamischer Druck am Ventilatoraustritt = Verlust
- Bedeutende Verlustanteile: Axialgeschwindigkeit und Drall
- Axialgeschwindigkeit maßgeblich bestimmt durch Volumenstrom je Durchströmfläche -> Diffusor!
- Drall infolge Eulerscher Gleichung -> Nachleitrad!

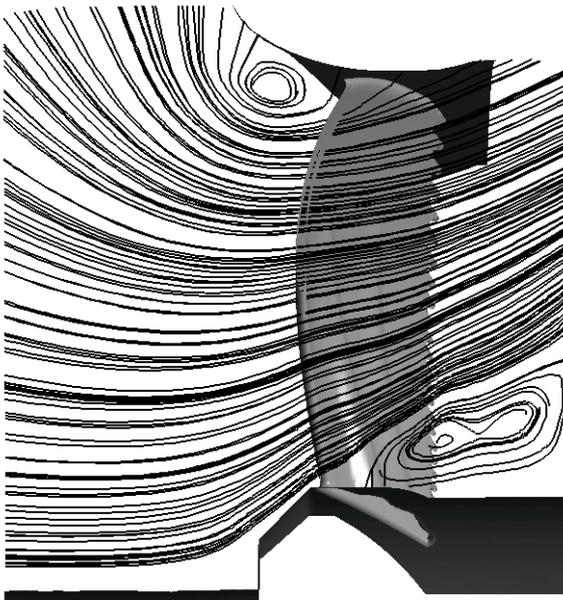


typische Leistungsaufteilung in Axialventilator (%),
ohne Leitrad, $\phi = 0.2$

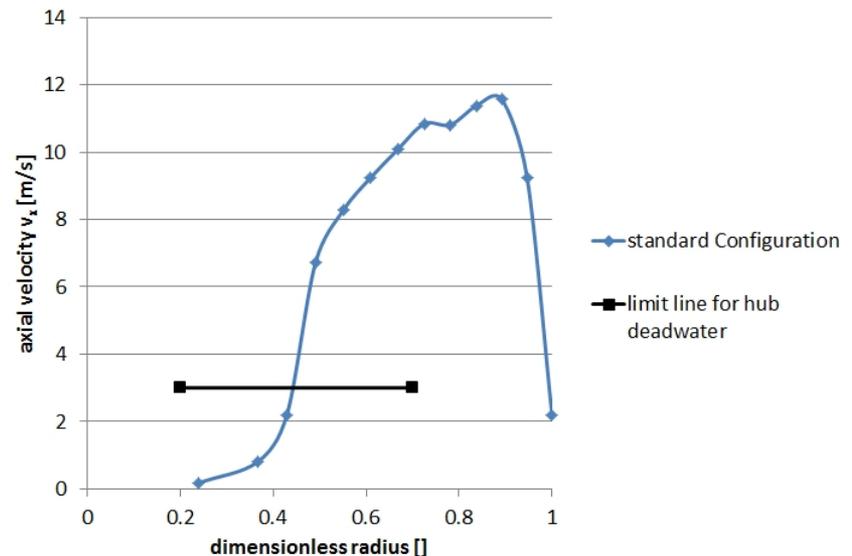
Nabentotwasser und seine Auswirkungen

Auswirkung von Nabentotwasser auf den statischen Wirkungsgrad

- Ablösegebiet im Nabenbereich beim betrachteten Ventilator mit Nabenverhältnis 0.24 (links: CFD-Ergebnisse, rechts: 5-Loch-Sonden-Messung)
- Technisch brauchbare Durchströmfläche ist vermindert -> dynamischer Druckverlust durch Axialgeschwindigkeit erhöht
- Im Beispiel wäre der statische Wirkungsgrad ohne Nabentotwasser um 5.5 % höher



Radial distribution of axial velocity v_x at fan outlet for $\varphi=0.2$

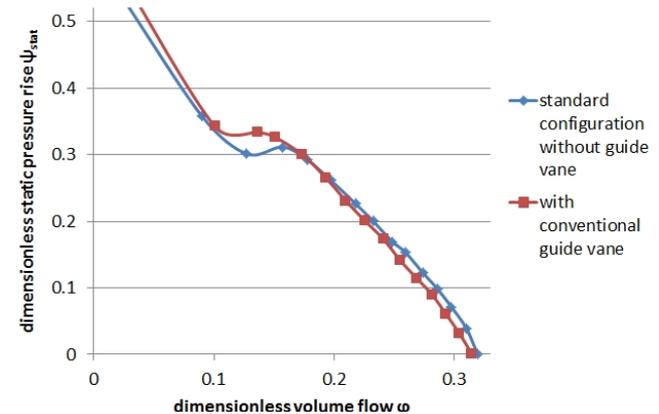


Nabentotwasser und seine Auswirkungen

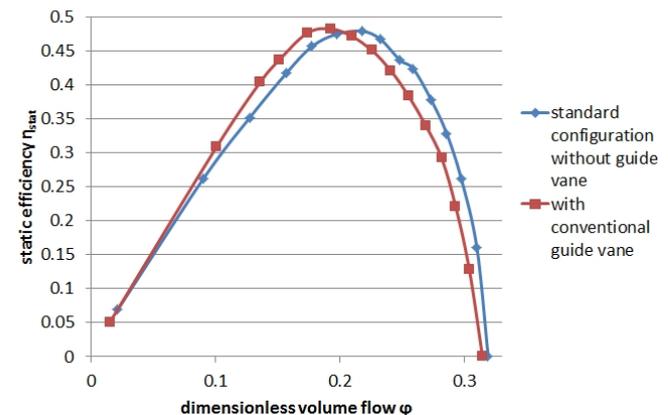
Konventionelles Nachleitraddesign (1)

- Konventionell entworfene Nachleiträder wurden experimentell und numerisch mit CFD Simulationen untersucht
- Üblicherweise sind solche Nachleiträder so entworfen, dass die Drallenergie komplett zu Druck umgewandelt wird
- Experimentelle Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Vorteile durch den Einsatz eines solchen Nachleitraddesigns
- Grund dafür, dass Nachleiträder für solche Ventilatoren nicht weiter verbreitet sind?
- Wo liegt das Problem?

comparison standard configuration - conventional guide vane

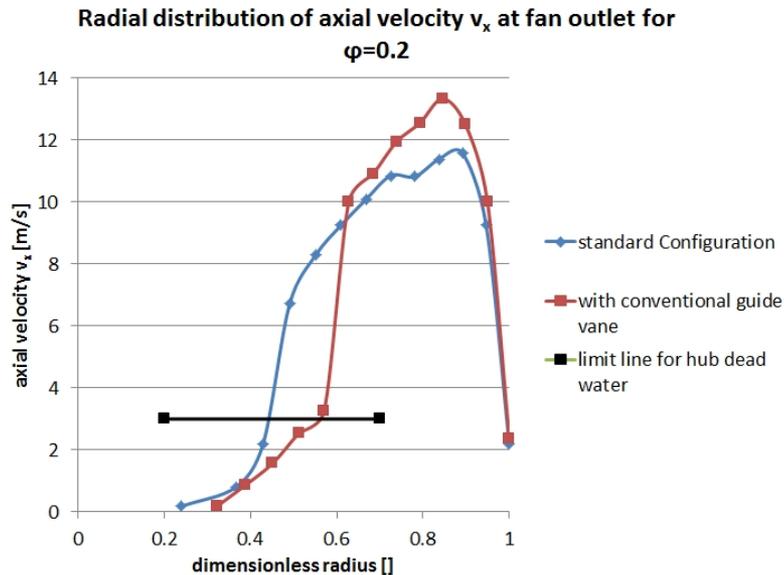


comparison standard configuration - conventional guide vane



Nabentotwasser und seine Auswirkungen

Konventionelles Nachleitrad-Design (2)

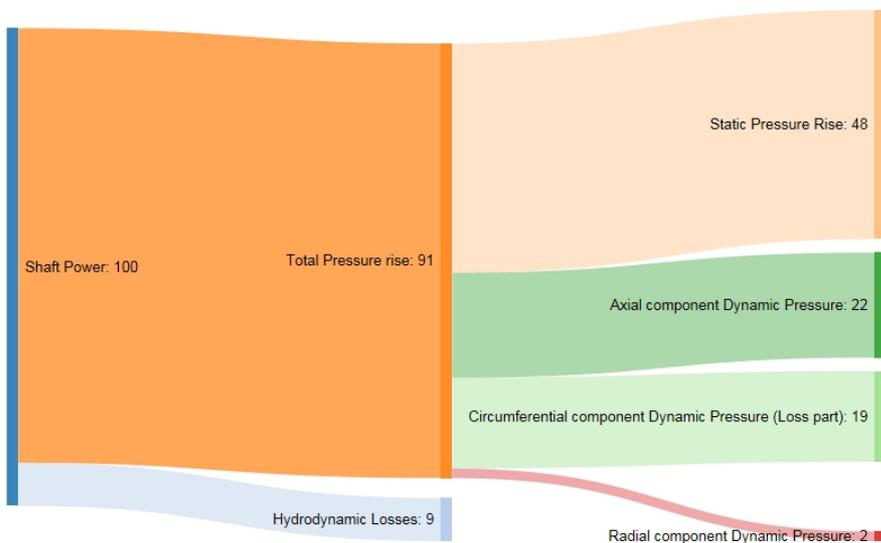


- Messung (links) und CFD (rechts) zeigen eine Vergrößerung des Ablösebereichs
- Infolgedessen ist die Axialgeschwindigkeit im nutzbaren Strömungsbereich erhöht
- Dynamische Verlustleistung (Axialgeschwindigkeit) deutlich erhöht -> Wirkungsgradreduktion

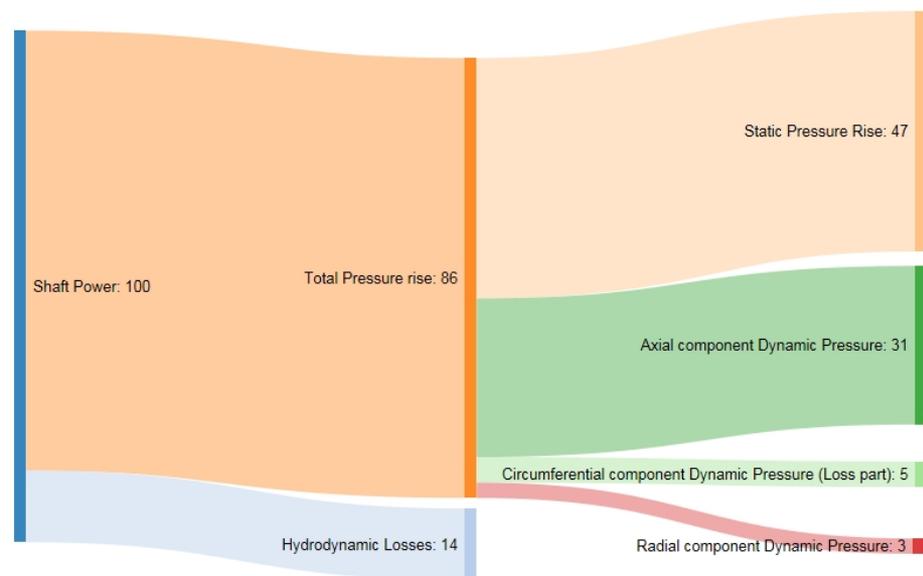
Nabentotwasser und seine Auswirkungen

Konventionelles Nachleitrad-Design (3)

- Dynamische Verlustleistung durch Drall ist reduziert, aber vor allem umgewandelt in axiale dynamische Verlustleistung; größere Reibungsverluste



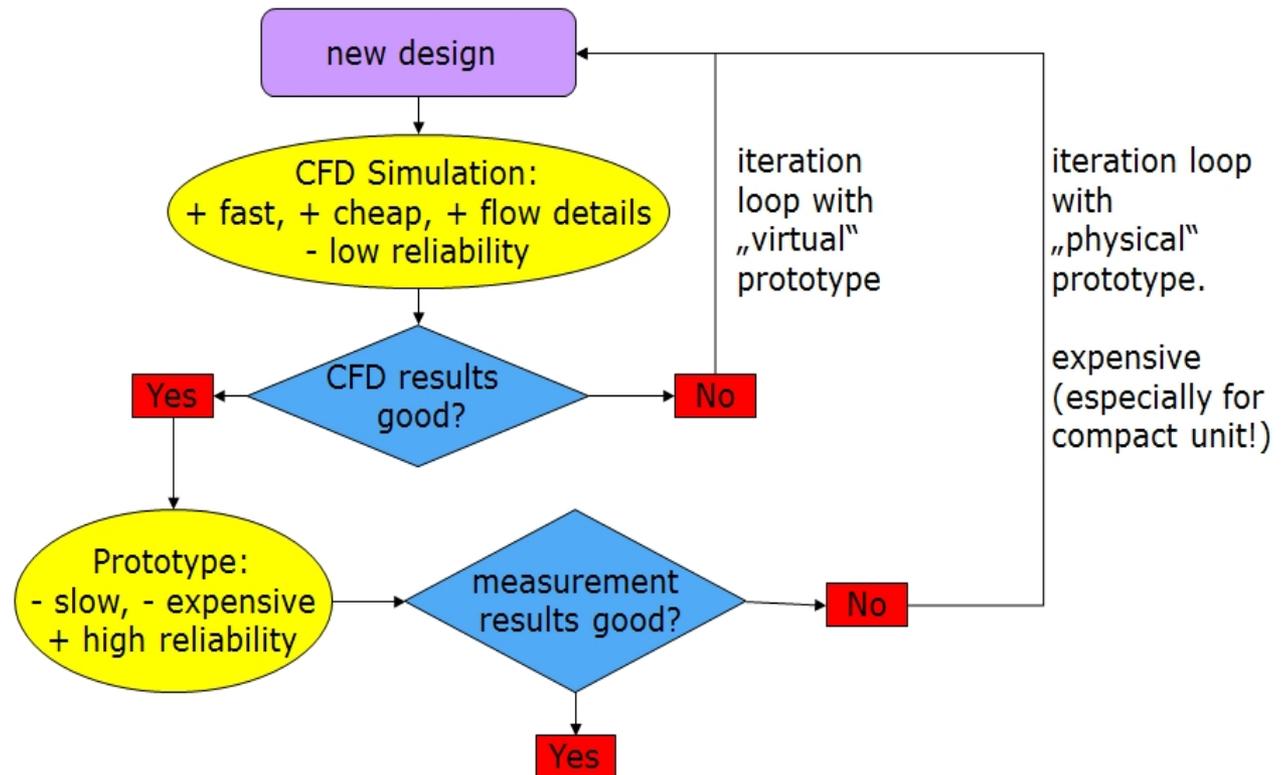
ohne Nachleitrad



mit konventionellem Nachleitrad

Leistungsaufteilung Axialventilator (%), $\phi = 0.2$

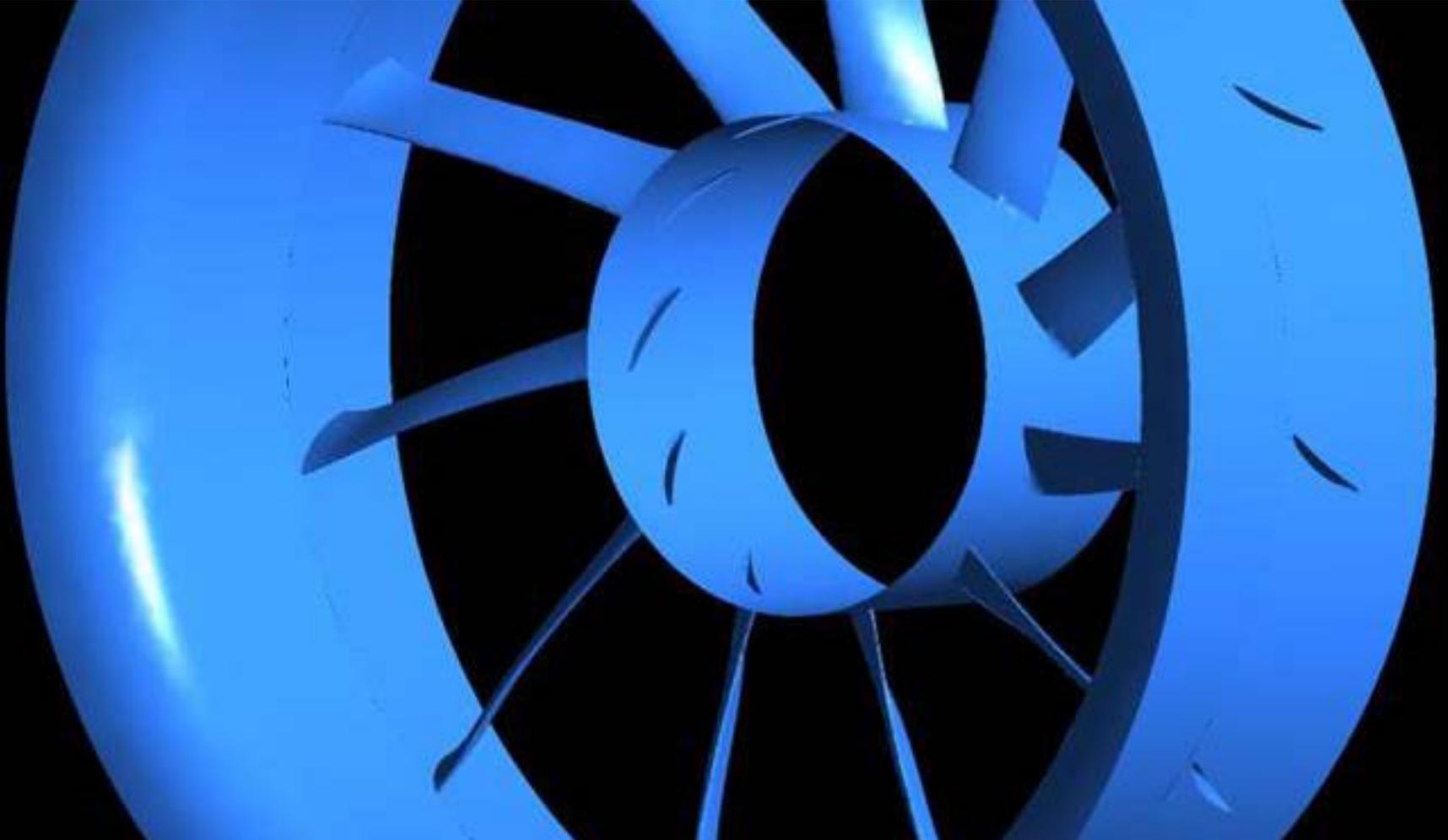
Optimierungsprozess für die Ventilatoreinheit mit Nachleitrad basierend auf CFD Simulationen



Optimierungsprozess für die Ventilatoreinheit mit Nachleitrad basierend auf CFD Simulationen

- Eine Nachleiteinheit wurde mit 46 geometrischen Parametern beschrieben
- CFD Simulationsmodell wurde optimiert für Fälle mit Nabentotwasser
- Automatische Prozesskette aufgebaut: Vom Parametersatz zu ausgewerteten CFD-Ergebnissen
- „Halbautomatischer“ Optimierungsprozess durchgeführt: Die Definition von neuen Parametersätzen wird händisch durchgeführt
- Vorteil: Erfahrungen der Ingenieure und Erkenntnisse aus der Strömungsvisualisierung können eingebracht werden
- In dieser Arbeit wurde über 150 Parametersätze für Nachleiteinheiten mit CFD Strömungssimulation ausgewertet
- Optimierungsziel: Wirkungsgraderhöhung über einen großen Bereich der Kennlinie

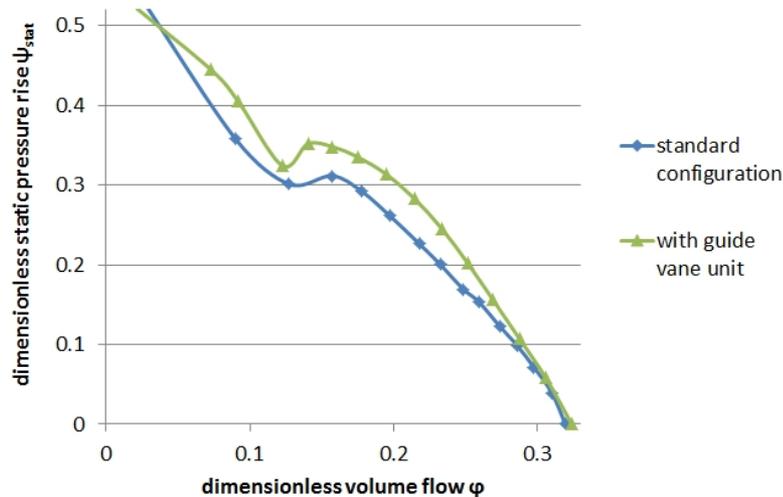
Ergebnisse



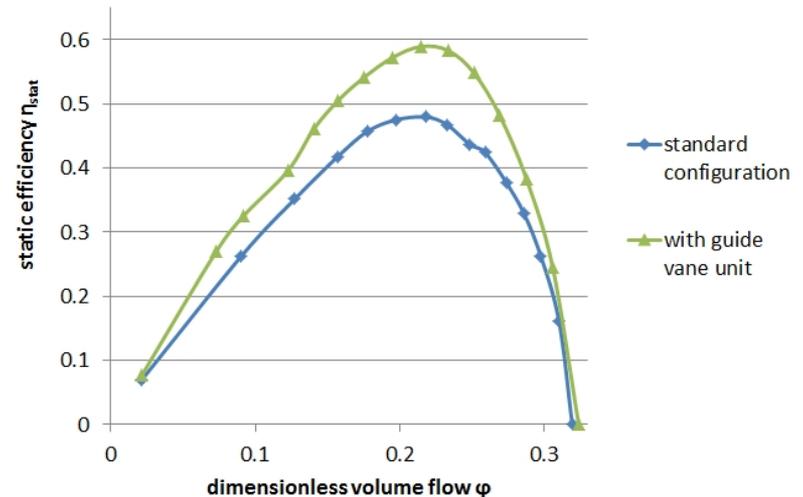
Ergebnisse

Aerodynamische Ergebnisse (Messungen)

comparison standard configuration - guide vane unit



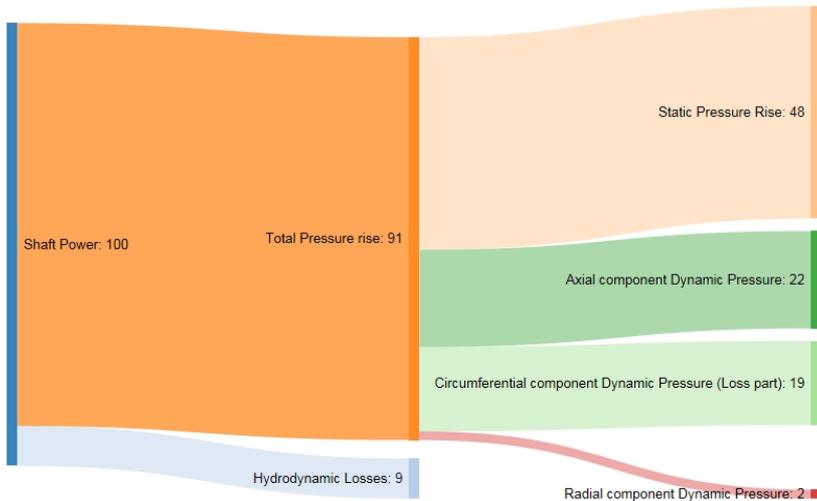
comparison standard configuration - guide vane unit



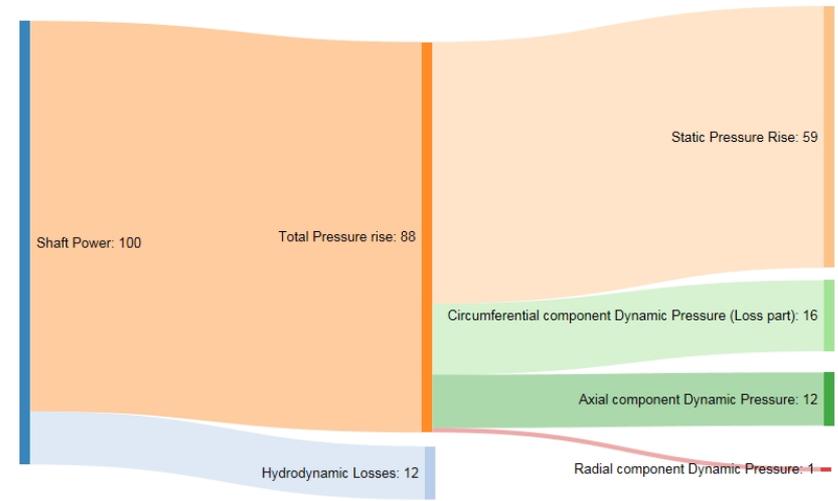
- Größere Druckerhöhung durch Nachleiteinheit, vor allem für Betriebspunkte mit niedrigem Volumenstrom (Vergleich bei gleicher Drehzahl)
- Statischer Maximalwirkungsgrad um 23% erhöht
- Maximale Druckerhöhung um 15% gesteigert

Ergebnisse

Nutz- und Verlustleistungsaufteilung mit optimierter Nachleiteinheit (CFD)



ohne Nachleitrad



mit optimierter Nachleiteinheit

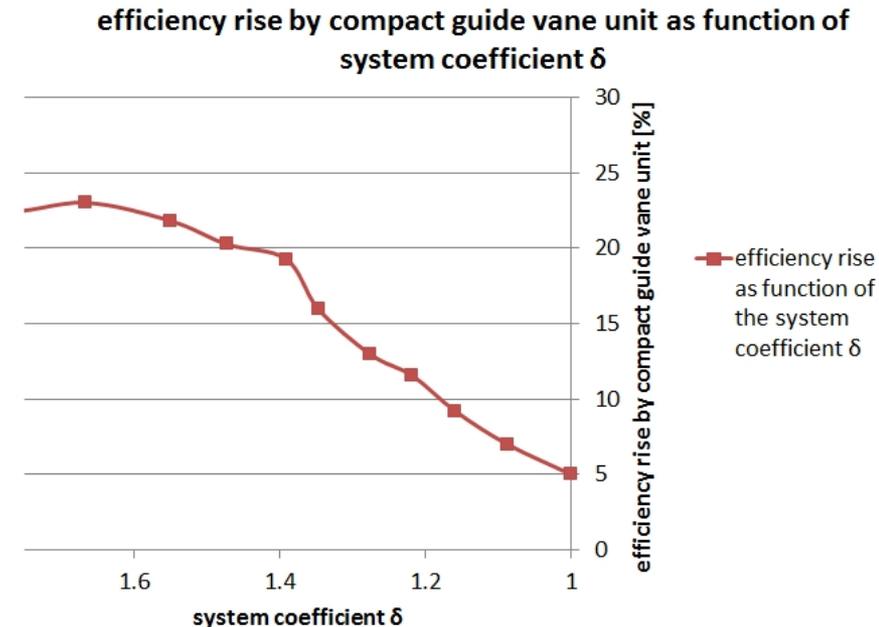
Leistungsaufteilung Axialventilator (%), $\phi = 0.2$

- Im Vergleich zum Fall ohne Nachleitrad sind die Verluste infolge sowohl von Drall als auch von Axialgeschwindigkeit geringer (Nabentotwasser kleiner + Diffusor)
- Drall nur teilweise abgebaut und zu statischem Druck umgewandelt

Ergebnisse

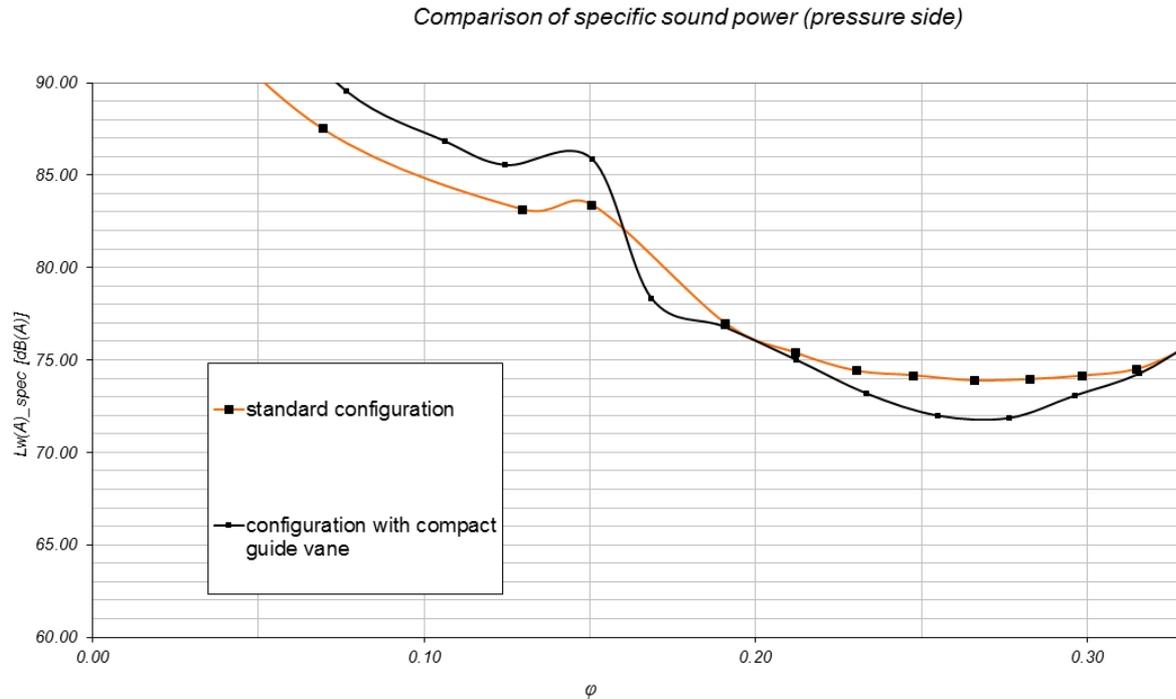
Energieeinsparung durch Nachleiteinheit bei fixiertem Betriebspunkt

- Ein gegebener Betriebspunkt kann mit der Nachleiteinheit bei niedrigerer Drehzahl erreicht werden
- Leistungsaufnahme ist deutlich reduziert
- Wirkungsgraderhöhung als Funktion des Druckverlustkoeffizienten δ dargestellt
- Durch Einsatz der Nachleiteinheit kann der Wirkungsgrad um bis zu 23% (abhängig von der Anwendung) reduziert werden.
- Diese Wirkungsgraderhöhung bedeutet eine entsprechende Energieeinsparung



Ergebnisse

Akustische Messungen



- Abhängig vom Betriebspunkt wird eine Reduktion des druckseitigen Schalldrucks um 2 dB erreicht (bei gleichem Betriebspunkt)
- Grund ist die reduzierte Strömungsgeschwindigkeit am Ventilatoraustritt

Ergebnisse

Umsetzung einer Serienbaureihe

- Kompakte Nachleiteinheit einteilig in Spritzguss gefertigt -> Kosteneffektivität
- 6 Baugrößen zwischen 450 mm und 910 mm als Serienprodukt umgesetzt
- Einfach handhabbare Einheit mit Anschlussmöglichkeit saug- und druckseitig
- Einfacher Transport
- Umfangreiche Versuche bei verschiedenen Lastzuständen und klimatischen Bedingungen wurden durchgeführt



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

