



EOS

STEIGERUNG DER ENERGIE- UND KOSTENEFFIZIENZ DURCH OPTIMIERUNG VON STRUKTURROHREN



Wärmeübertrager sind energieverfahrenstechnische Komponenten, die in großer Zahl in verschiedensten Anwendungen zum Einsatz kommen. Typische Vertreter sind sogenannte Abgaswärmeübertrager. Sie dienen zur Effizienzsteigerung der Anlagen, indem Wärme aus Abgasen zurückgewonnen wird. Die Steigerung der Energieeffizienz ist unabhängig davon, ob fossile oder erneuerbare Energieträger eingesetzt werden, von höchster Bedeutung, da diese unmittelbar auf die Reduzierung der verbrauchten Primärenergie abzielt. Abgaswärmeübertrager werden u.a. in industriellen Prozessen und in Blockheizkraftwerken (BHKW) eingesetzt, welchen aufgrund der in 2011 initiierten Energiewende in der Bundesrepublik Deutschland zukünftig eine große Bedeutung zukommt. Durch Abgaswärmeübertrager werden 20 - 30 % der im BHKW eingesetzten Primärenergie aus dem Abgasstrom ausgekoppelt, nutzbar gemacht und damit der Gesamtwirkungsgrad von Blockheizkraftwerken bis auf ca. 90 % gesteigert.



Abb.:1 Strukturrohr aus Edelstahl.

Im Projekt EOS wird eine Methode zur Optimierung der Energie- und Kosteneffizienz von Abgaswärmeübertragern entwickelt. Ziel der Optimierung ist es, den Wärmeübergang zu maximieren und die Herstellungskosten zu minimieren. Diese Ziele widersprechen einander, da Veränderungen der Geometrie, die eine Erhöhung des Wärmeübergangs zur Folge haben, in der Regel zu höheren Kosten führen. Als adäquates Beurteilungskriterium für solche Mehr-Kriterien-Probleme hat sich die Pareto-Optimalität bewährt. Die Optimierung des Wärmeübergangs führt neben der Energieeffizienz auch zur Kosten- und Rohstoffeffizienz. Ein höherer Wärmeübergang ermöglicht eine Reduzierung der wärmeübertragenden Fläche und bringt somit eine Material- und Kosteneinsparung mit sich. Dies kann durch die Verwendung von Strukturrohren erreicht werden. Es ist offensichtlich, dass energieeffiziente Wärmeübertrager in der Praxis nur dann in größerem Umfang Anwendung finden, wenn durch die Kosteneffizienz der betriebswirtschaftliche Anreiz geschaffen wird.

Strukturrohre sind Rohre, die eine auf der Innen- und/oder Außenseite verformte Oberfläche aufweisen. Dies sind z.B. innenberippte Rohre, Drall- oder Dellrohre. Die Verformungen verursachen Störungen der Strömung (Ablösungen, Turbulenzen), die den Wärmeübergang positiv beeinflussen.

Im Rohr treten je nach Kombination der Strukturgeometrie, Strömungsgeschwindigkeiten und Stoffeigenschaften unterschiedlich zu charakterisierende Strömungsformen auf. Diese beeinflussen nicht nur den Wärmeübergang, sondern bringen auch einen Selbstreinigungseffekt der Strukturrohre mit sich und reduzieren somit das Foulingverhalten. Das Fluid kann die Rohrinneiseite spiralförmig entlang der Struktur umlaufen. Dies führt zu einer höheren Strömungsgeschwindigkeit. Weiterhin treten Strömungsablösungen und Rezirkulationen auf. Dadurch wird die thermische Grenzschicht, die den Wärmeübergang behindert, wiederholt gestört. Beides resultiert in einem höheren Wärmeübergang, erhöht aber gleichzeitig auch den Druckverlust.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Franz
Fakultät
Verfahrenstechnik

Technische Hochschule Nürnberg
Georg Simon Ohm

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Franz
Tel.: +49.911.5880.1470
Fax: +49.911.5880.5475
eberhard.franz@th-nuernberg.de
www.th-nuernberg.de





>>
**STEIGERUNG DER ENERGIE- UND KOSTENEFFIZIENZ DURCH OPTIMIERUNG
 VON STRUKTURROHREN**



Abb. 2: Versuchsstand im Labor der TH-Nürnberg.

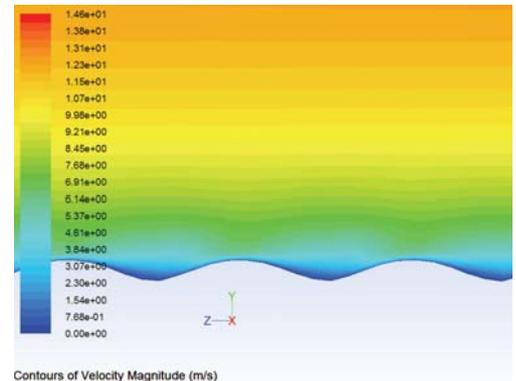


Abb. 3: Geschwindigkeitsverteilung im Strukturrohr
 (Bild: Hochschule Koblenz).

Bei der Optimierung von Wärmeübertragern handelt es sich um eine gemischtganzzahlige Mehr-Kriterien-Optimierung mit Nebenbedingungen in einem großen meist nicht konvexem Designraum, wobei die Berechnungsgleichungen nichtlinear sind. Klassische, gradientenbasierte Lösungsmethoden sind bei solchen Problemen ineffektiv, rechenintensiv und führen in den meisten Fällen zu dem Suboptimum, welches am nächsten zum Startwert der Berechnung liegt. Eine mögliche Herangehensweise stellt die Berechnung aller theoretisch möglichen Kombinationen der Designvariablen dar. In der Praxis ist dies jedoch meist nicht möglich, da die Anzahl der möglichen Kombinationen in der Regel sehr hoch ist. Einen guten Kompromiss stellen *genetische Algorithmen (GA)* dar. Diese ermöglichen das Auffinden guter Lösungen bei akzeptabler Rechenzeit.

Ein wesentlicher Bestandteil der durchzuführenden Arbeiten wird in der experimentellen Bestimmung des thermohydraulischen Verhaltens von Strukturrohren liegen. Die dazu notwendige Datenbasis wird mittels eines für diesen Zweck konzipierten Versuchsstandes ermittelt. Parallel dazu werden vom Projektpartner *Hochschule Koblenz* numerische Simulationen durchgeführt. Mit Hilfe von *Computational Fluid Dynamics (CFD)* ist ein tieferer Erkenntnisgewinn des Strömungsverhaltens in

Strukturrohren möglich.

Kompakt lassen sich die technisch-wissenschaftlichen Arbeitsziele des Projekts wie folgt darstellen:

- Verständnisgewinn über das Strömungsverhalten in Strukturrohren und Anpassung bzw. Weiterentwicklung von Turbulenzmodellen,
- Gewinnung von Erkenntnissen über den Einfluss der Geometrieparameter von Strukturrohren auf Wärmeübergang und Druckverlust, insbesondere bei der Verwendung von Gasen,
- Ermittlung des Einflusses der Reynoldszahl und der Temperaturabhängigkeit der Stoffwerte auf Wärmeübergang und Druckverlust,
- Ermitteln von Berechnungsgleichungen für Widerstandsbeiwerte und Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit der Geometrieparameter und der dimensionslosen Kennzahlen,
- Optimierung der Energie-, Ressourcen- und Kosteneffizienz,
- Entwicklung von Berechnungsmethoden für die praxisorientierte Anwendung.



www.th-nuernberg.de

