

## Wärmeübergang biometrische Oberflächen (WbO)

Das Forschungsziel ist die Entwicklung von neuen, biomimetischen, makro- und mikrostrukturierten Oberflächenstrukturen, sowie Berechnungsgleichungen (Modellentwicklung) zur Charakterisierung dieser, für die Nutzung in energieeffizienten Wärmeübertragungssystemen. Industrielle Wärmerückgewinnungsprozesse fokussieren sich auf die Auslegung und den Betrieb der Wärmeübertragung in großtechnischen Anwendungen mit großen Wärmeströmen und Wärmeübertragungsflächen ohne Oberflächenstrukturen. Zukünftig wird durch Umbrüche im Bereich Energie und Ressourcen die Übertragung von kleinen Wärmeströmen bzw. Wärmeströmen auf immer kleinerem Raum zunehmend an Bedeutung gewinnen.

### 1.1 Wärmedurchgang durch eine profilierte Platte mit bionisch inspirierter Oberflächenstruktur

Hierzu wurde ein CAD-Modell für einen Plattenwärmeübertrager mit profilierter Oberfläche nach dem Vorbild der Haifischhaut erstellt, die Strömungssimulation mit Wärmeübertragung einer profillosen Platte als Referenzmodell sowie die Strömungssimulation der profilierten Platte durchgeführt. Die CAD-Modelle wurden mit dem

Programm als Flächenmodelle erzeugt. Als Vorlage für die Größe und Form der Haischuppen dienten Maßangaben und Detailaufnahmen aus der Literatur (Abb. 1 und Abb. 2, links). Ebenfalls konnte an der Ruhr-Universität-Bochum an einer Haiautopsie teilgenommen werden. Hierbei wurden freundlicherweise Teile der Haut für eigene Aufnahmen zur Verfügung gestellt (Abb. 2, rechts und Abb. 3).

#### Projektleitung

Prof. Dr.-Ing.  
Ruth Kaesemann

#### Wiss. Mitarbeit

B. Eng. Raphael Weiss

#### Zeitraum

2015 - 2016

#### Förderung

HIFF-Projekt

#### Kontakt

Prof. Dr.-Ing.  
Ruth Kaesemann  
Fachbereich  
Maschinenbau  
Fachhochschule  
Dortmund  
Sonnenstr. 98  
44139 Dortmund  
Tel.: 0231 9112 -778  
E-Mail:  
ruth.kaesemann@  
fh-dortmund.de

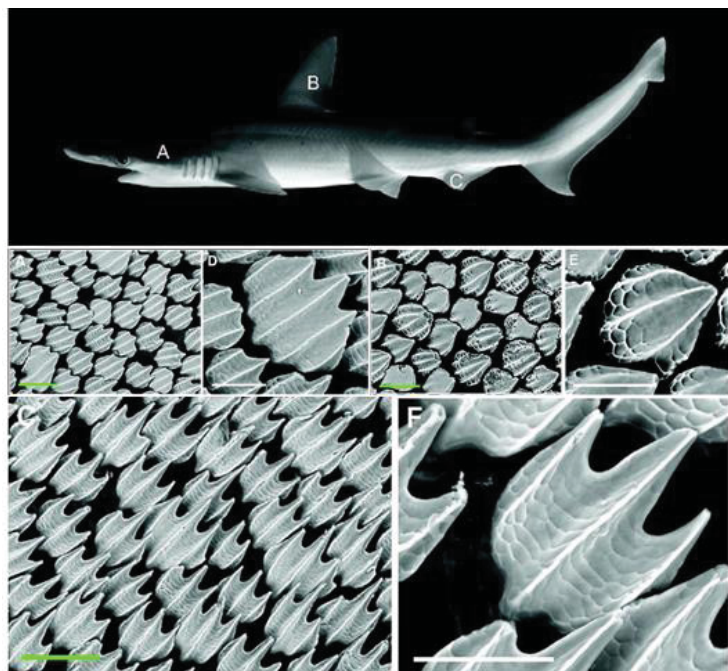


Abb. 1: Detailaufnahmen der Schuppen eines Schaufelnasen-Hammerhai (*Sphyrna tiburo*). Der grüne Maßstab entspricht 200  $\mu\text{m}$ , der weiße 100  $\mu\text{m}$ . C und F größer dargestellt, da diese als Vorlage dienten [5]

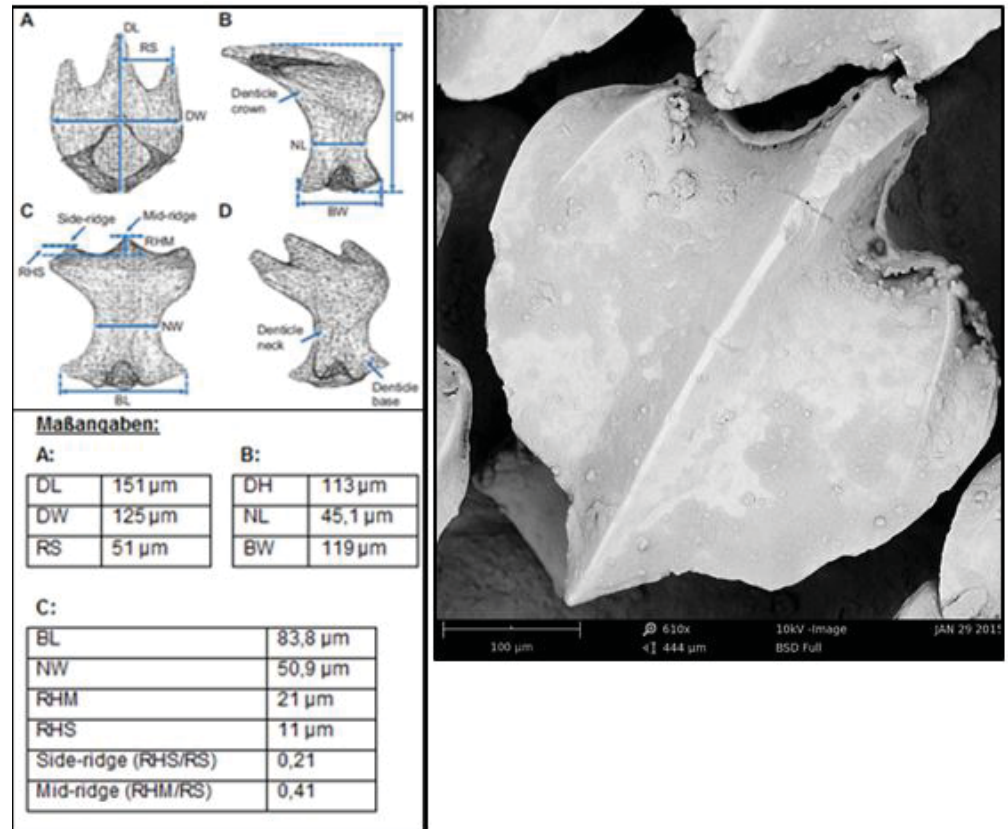


Abb. 2: links: Schuppenmodell mit Maßangaben eines Kurzflossen-Mako (*Isurus oxyrinchus*), Maßstab 1:1 [6]. rechts: Detailaufnahme einer Dornhaischuppe, Kopfregion [1]

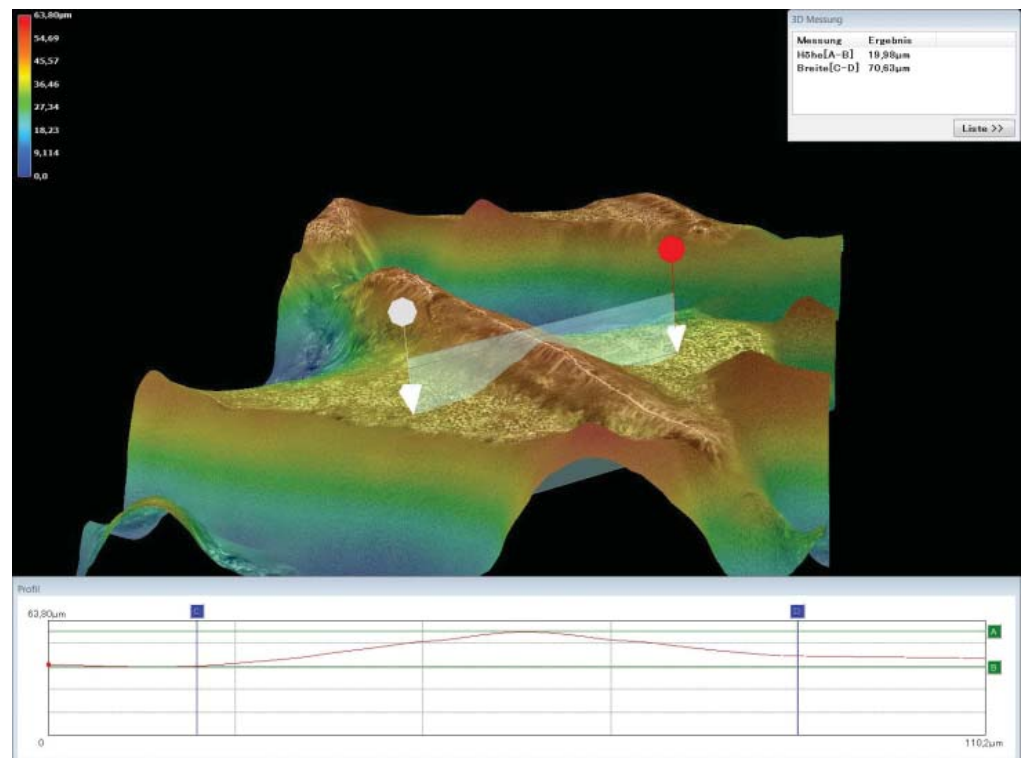


Abb. 3: Höhenmessung an einer Dornhaischuppe, Brustflosse [1]

Die Schuppengröße wurde unter Berücksichtigung späterer Fertigungsmöglichkeiten um den Faktor 100 vergrößert (Abb. 4).

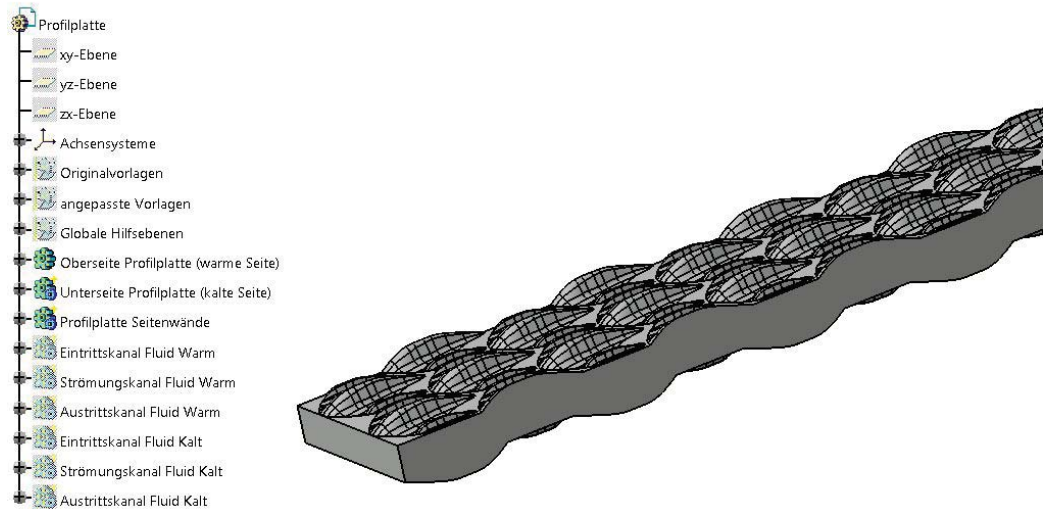


Abb. 4: Ausschnitt Profilplatte, die Strömungskanäle sind ausgeblendet ©Dassault Systèmes ©CATIA V5R20 [1]

Nach Abschluss der Geometrieerstellung wurden die Modelle mit „ANSYS® ICEM CFD™ 16.1“ vernetzt und die Strömungssimulationen mit „ANSYS® Fluent™ 16.1“ durchgeführt. Bei den Simulationen wurde auf die Ähnlichkeiten der Reynolds-Zahlen des warmen und kalten

Fluides geachtet. Beide Platten wurden unstrukturiert vernetzt unter Berücksichtigung einer Gitterunabhängigkeitsstudie und einer ausreichenden Grenzschichtvernetzung (Abb. 5).

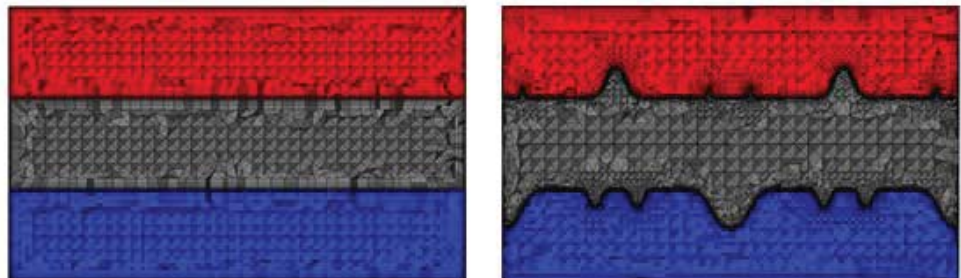


Abb. 5: Ansicht des Mesh mittig in x-Richtung der Geometrie ©ANSYS ©ICEM CFD™ 16.1, links: unprofilte Platte, rechts: profilierte Platte

Aus den berechneten Temperaturverläufen ergibt sich, dass die einzelnen Fluide beim Überströmen der profilierten Platte eine deutlich erhöhte Vermischung

erfahren. Diese Vermischung wird beim Betrachten der Temperaturverteilung an den Austritten aus dem Wärmeübertrager noch deutlicher (Abb. 6 und Abb. 7).

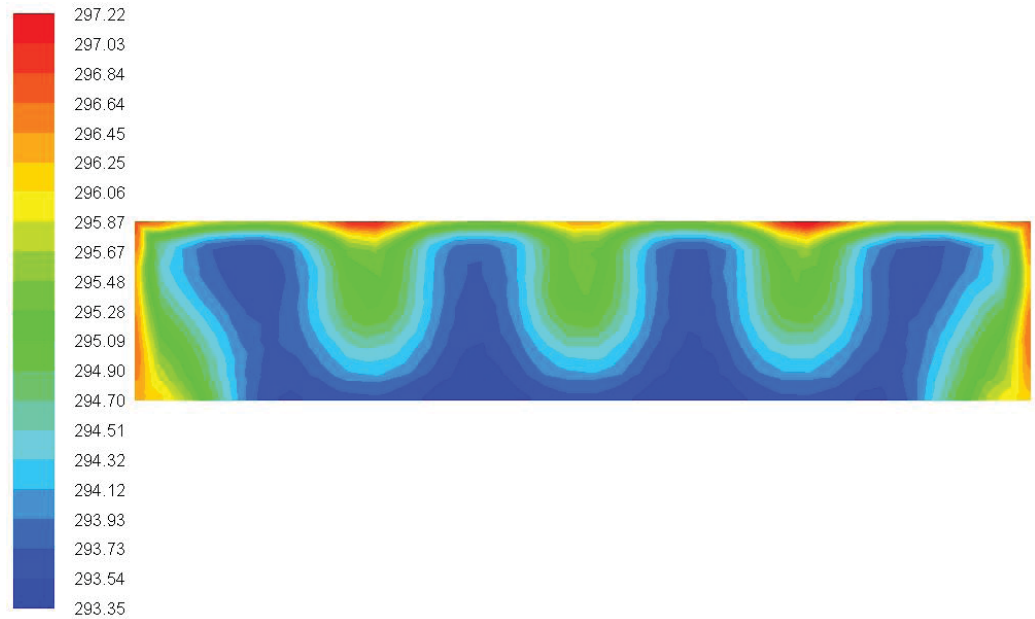


Abb. 6. Austrittstemperatur kalte Seite in Kelvin, profilierte Platte ©ANSYS ®Fluent™ 16.1 [1]

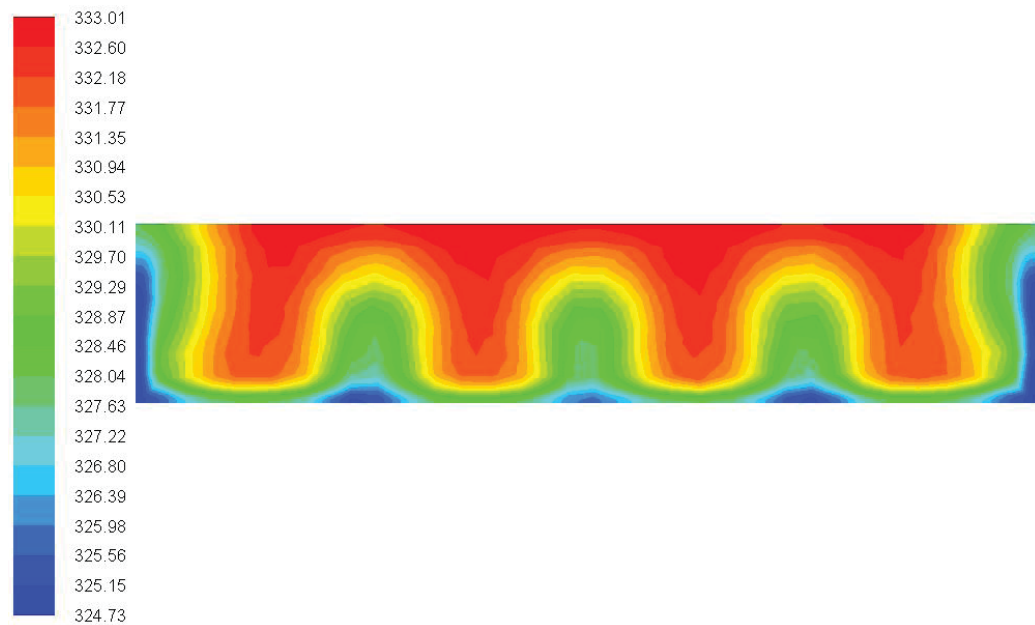


Abb. 7: Austrittstemperatur warme Seite in Kelvin, profilierte Platte ©ANSYS ®Fluent™ 16.1 [1]

**Fazit**

Der übertragene Wärmestrom der profilierten Platte mit Haifischstruktur ist um das 2,1fache größer als der Wärmestrom der unprofilieren Platte obwohl die Vergrößerung der Wärmeübertragungsfläche durch die Profilierung lediglich 25% beträgt.

Weitere Untersuchungen mit geometrischen Vereinfachungen erfolgten um die Parametrisierung der Oberflächenstrukturen mathematisch beschreiben zu können (Bernsteinpolynome, Bézierkurven). Hierzu zählen u.a. angepasste Ellipsenprofile und Ribbletstrukturen. Für die Beurteilung der Profile wurde ebenfalls der erhöhte Druck-

verlust durch die Profilierung, der in energetischer Konkurrenz zur verbesserten Wärmerückgewinnung steht, mitberücksichtigt. Ebenso wurde zur Beurteilung der Energieeffizienz die Zunahme der Wärmeübertragungsfläche relativiert. Aus den Auswertungen durch Simulation und Versuchen mit Wasser in einem Wärmeübertragungsprüfstand geht hervor, dass die Energieeffizienz mit zunehmender Größe der Geometrie (Maßstabsvergrößerung der Profilstruktur) grundsätzlich sinkt.

Bestimmte geometrische Strukturen in einem passenden Modellmaßstab wiesen jedoch eine um 5 – 13 % bessere Energiebilanz auf.