

Von der Haihaut zum Siegerboot des America's Cup 2010

Biologie trifft Technik (Bottom-up-Prozess)

Eigentlich wollte der Tübinger Paläontologe und Zoologe Professor Wolf-Ernst Reif in den 1970er Jahren nur fossile Haiarten untersuchen. Bei den Untersuchungen der Haihaut unter dem Mikroskop fiel ihm auf, dass die Hautschuppen feine Längsriefen (engl. Riblets) besitzen, die alle in Strömungsrichtung verlaufen. Er erkannte den Zusammenhang: Je feiner und ausgeprägter die Rillen umso schneller schwimmt der Hai. Dietrich W. Bechert von der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt in Berlin erkannte das Potential für die Technik. Er untersuchte den Einfluss unterschiedlichster Rillenmustern auf den Strömungswiderstand. Durch das Verständnis der physikalischen Funktionsweise der Rillenstrukturen wurde es möglich, gezielt eine Optimierung der Rillenstrukturen durchzuführen.

Vorbild Natur: Haifischschuppen

Im Laufe der Evolution haben Tiere verschiedene Anpassungen entwickelt, die eine Fortbewegung im Wasser mit möglichst geringem Kraftaufwand ermöglichen. Haie reduzieren den Strömungswiderstand im Wasser durch ihren extrem stromlinienförmigen Körper und durch die Rillenstrukturen auf den Haihautschuppen. Die Haihautschuppen sind so angeordnet, dass sich die Rillen über die hintereinander liegenden Schuppen fortsetzen. So ergibt sich ein, den ganzen Hai überziehendes Rillenmuster, das mit der Strömungsrichtung übereinstimmt. Entscheidende Wirkung kommt den scharfen und relativ hohen Rillenfirsten zu. Sie verhindern, dass bremsende Turbulenzen an der Grenzfläche zum umgebenden Wasser entstehen und verringern so die Reibung an der Oberfläche des Tiers.

Bionische Produkt: Künstliche Haihaut

Die Übertragung der reibungsarmen Strömungseigenschaften der Haihaut auf größere Objekte, die sich im Wasser oder in der Luft bewegen, ist dann möglich, wenn vergleichbare Strömungsverhältnisse herrschen. In Berlin stellten Dietrich

W. Bechert und Mitarbeiter künstliche Haihaut mit unterschiedlichen Rippenabständen und Rippenformen in 100facher Vergrößerung her und machten Versuche in einem Strömungskanal – gefüllt mit 4,5 Tonnen Öl. Durch die größere Viskosität des Öls konnten die vergrößerten Rillenstrukturen unter vergleichbaren Strömungsverhältnissen untersucht werden. Erst durch das Verständnis der physikalischen Funktionsweise der Rillenstrukturen konnte gezielt eine Optimierung der Rillenstrukturen durchgeführt werden. Die Wandreibung konnte um bis zu 10 % verringert werden. Die vielversprechenden Ergebnisse und die Aussicht auf leichte technische Umsetzbarkeit ließen die Forscher auf schnelle Erfolge hoffen.

Fliegen mit dem Haihaut-Effekt

1996 wurden 700 m² Riblet-Folie der Firma M3 auf einen Airbus A320 geklebt. Ein Testflug ergab einen um 1,5 % geringeren Treibstoffverbrauch. Bei langen Flugstrecken ein nicht zu vernachlässigendes Einsparpotential. Dennoch fliegen die aktuellen Flotten ohne Riblet-Folie. Warum? In der Praxis ergaben sich seinerzeit Probleme. Die Folie waren nicht haltbar genug. Temperaturunterschiede von mehr als 100 °C zwischen Boden und großer Höhe machten der Folie schwer zu schaffen, die UV-Strahlung in großen Höhen ließen die Folien vergilben und spröde werden. Inzwischen wird eine Lackiertechnik entwickelt, die Mikrostrukturen aufbringt und eine interessante Alternative zur Folie darstellt.

Segeln mit dem Haihaut-Effekt

Der internationale America's Cup ist die bekannteste und älteste Segelregatta. Beim 33. America's Cup im Februar 2010 traten der Herausforderer aus den Vereinigten Staaten mit der BMW-Oracle-Racing 90-Crew gegen das Schweizer Alinghi-Team an. Sieger wurde das amerikanische Team mit ihrem Trimaran, ein Boot mit drei parallel angeordneten, sehr schmalen Rümpfen, die mit der Riblet-Folie der Firma 3 M beklebt waren.

Schwimmen mit dem Haihaut-Effekt

Die Firma Speedo[®] warb vor einigen Jahren für ihre Schwimmanzüge mit Haihauteffekt. Die spezielle Oberflächenstruktur der Fastskin[®]-Technologie

verbessert laut Hersteller den Widerstand ab Schwimmgeschwindigkeiten von 2 m/s um 3 % gegenüber vergleichbaren Produkten. Die Weiterentwicklung FSII[®] verringert nach Herstellerangaben den Widerstand nochmals um 4 % gegenüber dem ursprünglichen Fastskin. Bei den Olympischen Spielen 2004 in Athen holte Michael Phelps im Modell FSII[®] 2008 acht Goldmedaillen. Zahlreiche Studien zeigen, dass der positive Effekt der Schwimmanzüge nur teilweise durch den Haihaut-Effekt zu erklären ist.