

Der Reibungswiderstand bzw. der Kraftbedarf bei Wasserfahrzeugen

01/09
Januar 2009

BIONIK - Lernen aus der Natur

Schon immer hat der Mensch versucht die Natur zu kopieren. Jeder hat schon einmal vom dem Lotuseffekt gehört, benutzt einen Klettverschluss oder einen Salzstreuer im Alltag ohne darüber nachzudenken oder kann seit neuestem die künstliche Haifischhaut aus der Dose verarbeiten.

Was die Natur aber in tausenden von Jahren der Evolution geschaffen hat, kann der Mensch nicht so mühelos und identisch kopieren. Vielmehr ist das Ziel der Bionik Anregungen aus der Natur wie zum Beispiel die Haifischhaut aufzugreifen und Produkte daraus zu entwickeln, die einen Vorteil zu bereits bestehenden Systemen bieten.

Was macht die Haihaut so besonders ?

Haie besitzen auf ihrer Hautoberfläche keine Schuppen, sondern kleine "Zähne", die sog. Dentikel. Sie sind so ausgerichtet, dass sich die Haut glatt anfühlt, wenn man dem Hai vom Kopf zum Schwanz über den Rücken streicht; anders herum ist sie dagegen rau. Diese Dentikel besitzen auf ihrer Oberfläche eine spezielle Struktur durch kleine Mikrorillen.



Beim Schwimmen des Hais im Wasser werden durch diese feine Oberflächenstruktur der Haut viele kleine Wasserwirbel erzeugt. Sie verringern die seitlich gerichteten Kräfte der turbulenten Strömung und reduzieren die Bremswirkung. Dieser Effekt funktioniert jedoch nur beim schnellen Schwimmen; beim langsamen Schwimmen sind glatte Oberflächen optimaler. Die Mikrostruktur der Haihaut hat aber noch einen weiteren Effekt: Sie schützt den Haikörper vor dem Bewuchs mit Organismen. Die Rillenstruktur der Oberfläche wird durch die sich in Strömungsrichtung ausrichtenden Dentikel erzeugt. Es ist also keine statische, sondern eine dynamische Struktur. Die ständige Bewegung erschwert das Anhaften von sog. Fouling.

Was kann die künstliche Haifischhaut ?

Die kritische und berechtigte Frage nach den Vorteilen eines innovativen Produktes ist naheliegend und durchaus berechtigt. Wenn wir das System auf dem Schiffsrumpf verwenden, profitieren wir dann von allen positiven Eigenschaften und Vorteilen des Vorbildes? Werden wir mit dem Schiff wie ein Haifisch pfeilschnell durch das Wasser gleiten?

Die künstliche Beschichtung versucht das natürliche Vorbild wiederzugeben, kann aber nie eine 100%ige Kopie werden. Damit wird es immer ein Wunschtraum bleiben, nur durch die Verwendung einer Beschichtung anmutig wie ein Hai durch das Wasser zu gleiten. Eine Erklärung ist in den Stromlinien des Schiffes zu finden:

Die Stromlinientheorie

Man muss sich ein Modell vorstellen, in welchem das Medium (Wasser) in lauter Fäden bzw. Stromlinien zerlegt wird und man ein Objekt (Schiff) darin schwimmen lässt. Würde das Objekt in einer idealen und reibungslosen Flüssigkeit tief eingetaucht bewegt werden, erzeugt das Objekt keinen Widerstand.

Weil dabei zur Verdrängung des Wassers eine Arbeit/ Kraft nicht erforderlich ist, indem der durch die Ablenkung der Stromfäden von der geraden Linie erzeugte Druck nach hinten durch den nach vorn gerichteten Druck der sich wieder zusammenschließenden Stromfäden vollkommen aufgehoben wird.

Anders verhält es sich, wenn der gleiche Körper in einem realen Medium tief untergetaucht und bewegt wird. So entsteht ein Widerstand infolge der Flächenreibung und ist der Körper nicht sehr schlank entstehen massive Verwirbelungen, die wiederum eine Bremswirkung haben. Bewegt sich das Objekt wie z.B. ein Schiff auf der Oberfläche in einer nicht reibungslosen Flüssigkeit, so entstehen Reibung, Wirbel und eine Bildung von Wellen durch den sich bildenden Widerstand an der vorbeigeführten Fläche. Der Reibungswiderstand rührt von der Adhäsion (Anhaftungskraft) der Wasserteilchen an der benetzten Fläche des Schiffes her. Der Widerstand ist auch abhängig von der Länge, Zustand der Fläche (rau oder glatt) und der Schiffsgeschwindigkeit. Bei gut konstruierten Schiffen beträgt der Reibungswiderstand die Hälfte des Gesamtwiderstandes und zwar bei geringen Geschwindigkeiten

(3-4 m pro Sekunde 80- 90% und bei hohen Geschwindigkeiten noch 50- 70%), vorausgesetzt die Oberfläche ist sauber und glatt!

Unterbricht man die Adhäsionskräfte an der benetzten Fläche durch eine strukturierte Oberfläche, werden die Anhangskräfte der Fläche unterbrochen und die Stromlinien verlaufen harmonischer. Dadurch wird der Reibungswiderstand vermindert. Dieser Effekt kommt erst zur vollen Umsetzung ab ca. 10 Knoten Rumpfgeschwindigkeit, da die einzelnen Stromlinien sich durch das Trägheitsmoment stabil verhalten.

Nicht vergessen darf man, dass der Reibungswiderstand negativ beeinflusst wird durch eine nachteilige Schiffsförm, besonders wenn die Hinterschiffe nicht schlank auslaufen. In diesem Fall verläuft die Oberflächenströmung negativ und es kommt zu einem Bremseffekt. Eine Ablenkung der Stromfäden im Vorderteil des Schiffes bringt eine Verzögerung der Bewegung der Stromfäden mit sich. Diese hat eine Druckvermehrung zur Folge, welche sich in einer Niveauerhöhung –Bugwelle- äußert. In der Mitte des Schiffes haben die Stromfäden ihre größte Geschwindigkeit, so dass eine Druckabnahme eintritt, welche eine Niveausenkung –Wellental- herbeiführt. Die Bugwelle versucht das Schiff rückwärts und die Heckwelle vorwärts zu treiben.

Im Prinzip entsteht ein Gleichgewicht. Grundsätzlich ist aber festzuhalten, dass der Druck im Bugbereich höher als der im Heckbereich ist. Diese Werte hängen von der Verhältnismäßigkeit der Beschaffenheit von Vor- und Achterschiffbereich des Schiffes ab.

Werden alle Schiffe schneller mit der Haihaut?

Nein. Grundsätzlich kann ein Schiff nicht schneller werden als seine berechnete Rumpfgeschwindigkeit!

Die Rumpfgeschwindigkeit

Die Rumpfgeschwindigkeit ist ein theoretischer Wert für die bei [Verdrängungsfahrt](#) mögliche [Höchstgeschwindigkeit](#) eines [Schiffes](#). Sie errechnet sich näherungsweise aus der Quadratwurzel der [Wasserlinienlänge](#) in Metern multipliziert mit dem Faktor 4,5 (Ergebnis in Kilometern pro Stunde) oder 2,43 (Ergebnis in Knoten). Insbesondere ist sie nur von der Wasserlinienlänge l_{wl} des Schiffes abhängig:

$$v \approx 4,5 \cdot \sqrt{l_{wl}} \text{ km/h} \approx 2,43 \cdot \sqrt{l_{wl}} \text{ kn}$$

Die Rumpfgeschwindigkeit ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des vom Schiff selbst erzeugten, aus Bug- und Heckwelle bestehenden Wellensystems. Bei der Rumpfgeschwindigkeit ist das Schiff zwischen seiner Bug- und Heckwelle „gefangen“.

Welche Geschwindigkeit erreichen Schiffe mit einer Konstruktionswasserlinie- Länge?

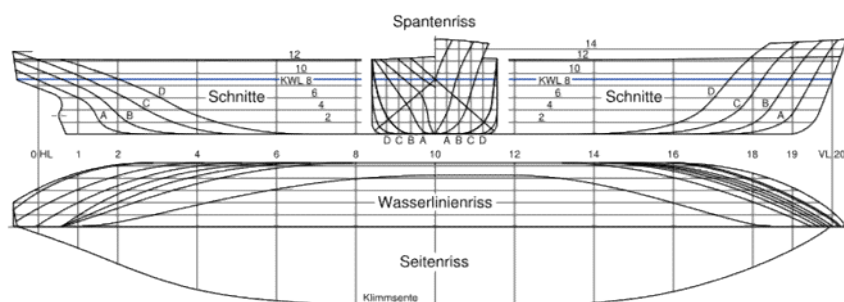
Beispiele:

von 10 Metern etwa 7,7 Knoten,

von 100 Metern etwa 24 Knoten,

von 300 Metern etwa 42 Knoten

Diese Beispiele sind Richtwerte, können aber abweichen vom tatsächlichen Schiff!



Die Tatsache, dass die Rumpfgeschwindigkeit nur von der Wasserlinienlänge abhängt, ist der Grund, warum größere Schiffe – bei entsprechend starkem Antrieb durch Wind oder Motorleistung – in Verdrängungsfahrt höhere Geschwindigkeiten erreichen können als kleinere Schiffe. Dieses spiegelt sich in dem Sprichwort „Länge läuft“ wieder. Schiffe mit einem normalen [Verdränger](#)-Rumpf können auch mit sehr hoher an Bord zur Verfügung stehender Leistung die Rumpfgeschwindigkeit aus eigener Kraft praktisch nicht erhöhen. Daher ist es auch nicht möglich mit einem einfachen Anstrichsystem die Rumpfgeschwindigkeit zu erhöhen, dieses gelingt nur durch die Optimierung der Fläche.

Achtung:

Die Rumpfgeschwindigkeit ist speziell beim Schleppen zu berücksichtigen. Schleppt ein Schiff mit einer hohen Rumpfgeschwindigkeit ein Schiff mit einer geringeren Rumpfgeschwindigkeit, das nicht in der Lage ist zu gleiten, so kann das hintere Schiff in Kentergefahr geraten. Durch eine hohe Schleppgeschwindigkeit hebt sich der Bug des hinteren Schiffes immer weiter, bis Wasser ins Heck läuft!

:: VORSICHTSMAßNAHMEN

Hinweise zum Umgang mit den Produkten und zur Entsorgung entnehmen Sie bitte dem gültigen Sicherheitsdatenblatt und den entsprechenden Merkblättern der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie.

Die vorstehenden Angaben, insbesondere die Vorschläge für die Verarbeitung und Verwendung unserer Produkte beruhen auf unseren Kenntnissen und Erfahrungen im Normalfall. Wegen der unterschiedlichen Materialien, Untergründen und abweichenden Arbeitsbedingungen kann eine Gewährleistung eines Arbeitsergebnisses oder eine Haftung, aus welchem Rechtsverhältnis auch immer, weder aus diesen Hinweisen, noch aus einer mündlichen Beratung begründet werden, es sei denn, dass uns soweit Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt. Hierbei hat der Anwender nachzuweisen, dass er schriftlich alle Kenntnisse, die zur sachgemäßen und erfolgsversprechenden Beurteilung erforderlich sind, rechtzeitig und vollständig zu unserer Kenntnis übermittelt hat. Schutzrechte Dritter sind zu beachten. Im Übrigen gelten unsere jeweiligen Verkaufs- und Lieferbedingungen. Es gilt das jeweils neueste Technische Merkblatt, das von uns angefordert werden sollte.

Copyright VOSSCHEMIE

www.vosschemie.de

www.haifischhaut.de