

Schneller tanken mit Haihaut?



Eine Arbeit von : Sylvia Kleefisch, Hanna Mertens und Martina Mayer

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
1. Das Umweltproblem	4
2. Unsere Lösung	6
2.1 Der Hai	6
2.2 Der Ribleteffekt	9
2.3 Aktueller Forschungsstand.....	10
3. Die Umsetzung	12
3.1 Beschaffung der Haihaut	12
3.2 Materialsuche Negativ.....	13
3.2.1 Gelatine und Gummibärchen	13
3.2.2 Beil	14
3.2.3 Nylon.....	15
3.2.1 Laminierfolie	15
3.2.1 Silikon und Härter	17
3.3 Erstellen des Abdrucks	18
3.4 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen.....	19
3.4.1 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen in einem Blumenkasten	20
3.4.2 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen in einem Glasrohr.....	21
3.4.3 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen in einem Abflussrohr	24
3.4.4 Versuch zur Überprüfung der Rillenstruktur	27
4. Zusammenfassung	28
Literaturverzeichnis	30

Einleitung

Das Umweltproblem, das im Moment die gesamte Welt beschäftigt ist die Klimaerwärmung. Vor allem auf die Tierwelt hat die globale Erwärmung massive Auswirkungen, als Beispiel sei hier der Eisbär genannt. Eisbären leben auf Packeis-Schollen und die Ausdehnung dieser geht stark zurück. In den letzten 20 Jahren hat sich die Ausdehnung um 6% verringert. Das liegt daran, dass die Temperatur in den letzten 100 Jahren um ca. 5° C gestiegen ist. Wenn man nun bedenkt, dass sich dieser Prozess noch beschleunigen wird, kann man sich denken, was das für gravierende Folgen nach sich ziehen würde. Schätzungen zu Folge wird der Eisbär in schon 30 Jahren in der Natur nicht mehr vorkommen!¹

Doch wie reagiert die Gesellschaft darauf? Selbst die großen, so genannten modernen Staaten wehren sich dagegen, notwendige Umweltgesetze oder Klimamaßnahmen einzuhalten, da dies ja gegebenenfalls einen Nachteil für die Wirtschaft mit sich ziehen könnte. Die Menschheit reagiert nicht auf Katastrophenalarm, ist nicht mehr schockiert, wenn sie hört, dass bei gleich bleibendem Verhalten in Afrika die Dürre tausenden Menschen das Leben kosten und andererseits der steigende Meeresspiegel Teile der Welt komplett überschwemmen wird. Wie viele Menschen haben wirklich schon ihr Verhalten geändert, also vielleicht ihr Auto abgeschafft und fahren zum Urlaub nur noch in die Umgebung? Welche Firmen verzichten auf ein Meeting mal eben von Hamburg nach Rom oder sogar New York?

Man entwickelt vielleicht komplizierte Techniken, um Schadstoffausstöße zu verringern. Doch das alles dauert viel zu lange, während neue Kraftstofffilter in aufwendigen Tests entwickelt werden, schmelzen unwiderrufbar auf der ganzen Welt Gletscher. Die Langzeitschäden, die so während kürzester Zeit auftreten, müssen auch gestoppt werden und dazu ist ein schnelles Handeln nötig, das dazu noch möglichst effektiv sein muss.

Also haben wir es uns zur Aufgabe gemacht, etwas zu produzieren, das umfassend den Schadstoffausstoß vermindert und der Umwelt zu Gute kommt. Wir wollen nicht mehr zuschauen, wie unsere Umwelt zerstört wird und Millionen Menschen einfach abwarten, ohne zu handeln. Wir wollen nicht stumpf werden für Fakten, nicht denken, dass wir sowieso nichts erreichen können, wir wollen nicht Teil einer Gesellschaft sein, die nichts mehr schockieren kann.

Wir haben uns überlegt, dass auch die Natur dazu eine Antwort geben könnte, also haben wir uns mit der Bionik beschäftigt.

¹ <http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/news/32932/index.html>

Die Bionik bestimmt immer stärker die Entwicklung moderner Technologien. So werden Flugzeugtragflächen dem Vorbild der Natur nachempfunden, der Lotus-Effekt ist in aller Munde, Pflaster werden nicht mehr mit Klebstoffen, sondern einer Oberfläche produziert, die die Hafteigenschaften der Gekkofüße besitzt.

Spätestens seit der letzten Olympiade ist jedem bewusst, zu welchen Höchstleistungen uns die Bionik befähigen kann. Mit Haihaut ähnlichen Schwimmanzügen wurden fast sämtliche Weltrekorde gebrochen.

Doch geht es hierbei nicht nur um Schnelligkeit, vielmehr besteht ein Nutzen auch darin, einen Beitrag zum sorgfältigeren Umgang mit Energien möglich zu machen. In einer Welt, in der Energieressourcen immer knapper werden und die Umwelt durch Schadstoffe immer stärker belastet wird, sind Methoden, um Energie zu sparen und somit den Schadstoffausstoß zu verringern sehr wichtig. Jede noch so kleine Veränderung kann, wenn sie vielseitig einsetzbar ist eine große Wirkung haben. Und genau das ist unser Ziel!

So kann auch durch die Benutzung von Haihaut ähnlichen Oberflächen, wenn sie zum Beispiel an Flugzeugen oder Schiffen angebracht werden Energie gespart werden, da weniger Energie benötigt wird, um die gleiche Geschwindigkeit aufzubringen beziehungsweise die gleiche Strecke zurück zu legen.

Also wird auch die Schadstoffbelastung verringert, weil weniger Treibstoff benötigt wird.

Wir haben uns in unserer Arbeit damit beschäftigt, wie wir ein Produkt erstellen können, das die Reibung verringert und vielfältig einsetzbar ist, so dass auf schnellem Wege dem Umweltproblem entgegen gewirkt werden kann.

1. Das Umweltproblem

Es wird immer gesagt, dass der Treibhauseffekt für den Temperaturanstieg an der Erdoberfläche verantwortlich ist, doch dabei wird der natürliche Treibhauseffekt überhaupt nicht berücksichtigt. Der natürliche Treibhauseffekt sorgt dafür, dass auf der Erde eine durchschnittliche Temperatur von 15° C herrscht, ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt würde die Temperatur -18°C betragen.

Die Sonne gibt kurzwellige Strahlung ab, diese kann die Erdatmosphäre, die aus Spurengasen besteht, ungehindert durchdringen. Wenn die Strahlung auf die Erde trifft, werden Teile absorbiert und Teile der Strahlung reflektiert, diese reflektierte Strahlung ist dann allerdings in langwellige Strahlung umgewandelt worden. Die Atmosphäre lässt diese langwellige Strahlung nicht so ungehindert durch wie kurzwellige, ein Teil wird erneut reflektiert und

sorgt so für die Steigerung der Temperatur auf der Erde. So weit ist das für die Erde auch nicht schädlich, sondern für die darauf lebenden Lebewesen sogar positiv.

Doch jetzt greift der Mensch in diesen Kreislauf ein, in dem er Spurengase, hauptsächlich CO₂ an die Atmosphäre abgibt.

Das tut er, indem er fossile Brennstoffe verbrennt, bei diesem Vorgang werden gebundener Kohlenstoff und Sauerstoff freigesetzt, diese verbinden sich zu CO₂.

Dieses zusätzliche CO₂ und auch die anderen Gase, die ausgestoßen werden, verdichten nun die Atmosphäre, so wird mehr langwellige Strahlung an der Atmosphäre reflektiert und die Temperatur der Erdoberfläche steigt weiter an.

Diese Veränderung des natürlichen Treibhauseffektes wird anthropogener Treibhauseffekt genannt.

Um diesen Prozess nicht zu unterschätzen muss man beachten, dass der Mensch den CO₂-Gehalt der Atmosphäre in 200 Jahren stärker verändert hat als die natürliche Entwicklung in 1 Mio. Jahren.²

Um unsere Welt zu retten, sind zwar auf politischer Ebene schon etliche Gesetze verabschiedet worden, doch ist die Politik diesmal schnell genug um eine Katastrophe zu verhindern? Vor allem nehmen an internationalen Konferenzen Entwicklungsländer nicht teil, so wurde auf einer Konferenz in Toronto zwar ein Gesetz verabschiedet, nach dem der weltweite CO₂- Ausstoß bis 2005 um 25% und bis 2050 um 50% verringert werden soll, doch wird dies wirklich umgesetzt und können sich Entwicklungsländer diese Maßnahmen überhaupt leisten? Die normale Entwicklung der Industrie, die in vielen Industrieländern noch ganz am Anfang liegt, ist mit sehr hohen Schadstoffemissionen verbunden. Liegt es da nicht an den Industrieländern die Innovation, die sie den Entwicklungsländer voraus haben so einzusetzen, dass sie vielen Menschen das Leben retten kann? Alleine durch die technischen Möglichkeiten müsste der CO₂- Ausstoß in den Industrieländern viel stärker reduzierbar sein, das wäre ein Fortschritt, der wirklich etwas verändern könnte.

Die Folgen des Klimawandels bekommen nicht nur die Menschen auf Dauer zu spüren, vor allem Tiere, die sich nicht wie Menschen schützen können, leiden unter den erhöhten Temperaturen, nicht nur der Eisbär. Ein weiteres drastisches Beispiel sind die Fische in der Nord- und Ostsee, die steigenden Wassertemperaturen verringern den Sauerstoffgehalt des Wasser, so erhalten die Fische nicht mehr genug Sauerstoff, das führt zunächst zu einem verringertem Wachstum, doch auf Dauer natürlich zum Tod.

² <http://www.treibhauseffekt.com>

Von diesem Sauerstoffmangel sind aber nicht nur die Nord- und Ostsee betroffen, sondern alle Weltmeere werden so auf Dauer zu Unterwasserwüsten werden.³

Um diesem Prozess entgegen zu wirken muss also hauptsächlich der CO₂-Ausstoß verringert werden, da dieser der Hauptverursacher des derzeitigen Treibhauseffektes ist. Dies kommt dadurch zustande, dass CO₂ im Gegensatz zu anderen Treibhausgasen in erheblich größeren Mengen vorhanden ist als Methan, Distickstoffmonoxid, Fluorkohlenwasserstoff und Schwefelhexafluorid. Maßnahmen zur Lösung dieses Problems wären unter anderem Energiesparmaßnahmen. Daher haben wir uns überlegt, mit welcher Maßnahme oder mit welchem Produkt man weltweit und möglichst unkompliziert den Energieverbrauch verringern könnte.

2. Unsere Lösung

Bei unserer Recherche nach einem vielfältig umsetzbaren Lösungsweg stießen wir irgendwann auf die Bionik und waren fasziniert davon, wie einfach und genial diese Strukturen zugleich waren. Dabei waren wir besonders beeindruckt davon, dass bei der Olympiade allein durch die Veränderung der Oberfläche ein so großer Effekt erzielt werden konnte. Folglich sahen wir in dieser Oberfläche eine Eigenschaft, die unser Ziel, Energien einzusparen, besonders effizient umsetzen würde.

Daher wollen wir im folgenden Teil über den Hai, sofern es für unser Thema relevant ist, den Riblet-Effekt, sowie den aktuellen Forschungsstand informieren.

2.1 Der Hai

Haie sind Fische aus der Klasse der Knorpelfische, welche zu der Klasse der Wirbeltiere zählen. Der Unterschied zu den Knochenfischen besteht darin, dass diese keine Knochen bilden können und ihr gesamtes Skelett nur aus Knorpel besteht. Die Entwicklungsgeschichte der Knorpelfische begann vor rund 450 bis 400 Millionen, sie entwickelten sich aus einer Gruppe altertümlicher Knochenfische.

Weltweit sind derzeit rund 500 Haiarten bekannt. Es gibt bestimmte Arten, welche sehr groß (Walhai mit rund 12 Metern Länge) oder sehr alt werden (Dornhai kann rund 100 Jahre alt

³ <http://www.klimawandel-global.de/tag/Aussterben>

werden) oder sehr schnell schwimmen (Makohai kann rund 90km/h schnell werden) können. Der Makohai kann auf der Jagd nach Beute rund 90 Kilometer pro Stunde schnell werden.⁴ Die schnell schwimmenden Arten weisen nicht nur eine strömungsgünstige Spindelform ihres Körpers auf, sondern besitzen auch auf ihrer Haut Millionen kleiner Zähnchen, die so genannten Placoidschuppen, auch Dentikel genannt, welche eine feine Oberflächenstruktur mit vielen kleinen Rillen aufweisen. Die Placoidschuppen bestehen aus einer Basalplatte und einem zum Schwanz orientierten Dorn oder auch Stachel genannt. Die Basalplatte ist über Bindegewebsfasern mit der Unterhaut verbunden. Sie besteht aus einer knochenartigen Substanz. Der Dorn besteht aus Dentin, um ihn herum ist jedoch eine zusätzliche Schicht Schmelz zu erkennen, Schmelz ist eine harte, stark mineralisierte Substanz.(vgl Abb. 1).⁵

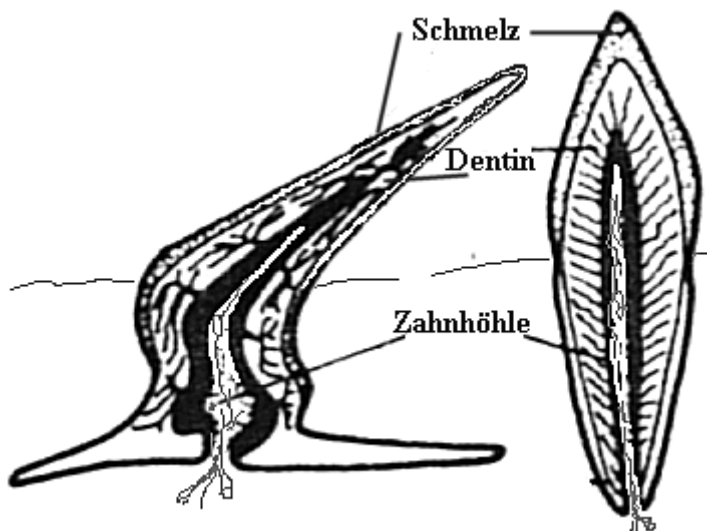


Abb. 1: Schematische Darstellung der Placoidschuppen

Durch diese Placoidschuppen, welche ein geschlossenes Exoskelett bilden, erhält die Haut ihre extreme Festigkeit. Deshalb fühlt sich ein Hai auch rau an, wenn man ihn entgegengesetzt der Wachstumsrichtung der Schuppen streicht. Aufgrund dieser Schmirgelpapier ähnlichen Eigenschaft der Haut des Haies wurde diese früher im getrockneten Zustand oft zum Glätten und Polieren von Holz verwendet.⁶

⁴ <http://www.planet-wissen.de>

⁵ www.jostimages.de/was-haie-sind/kapitel9.php

⁶ www.baufachinformation.de/denkmalpflege.jsp?md=1988017190224

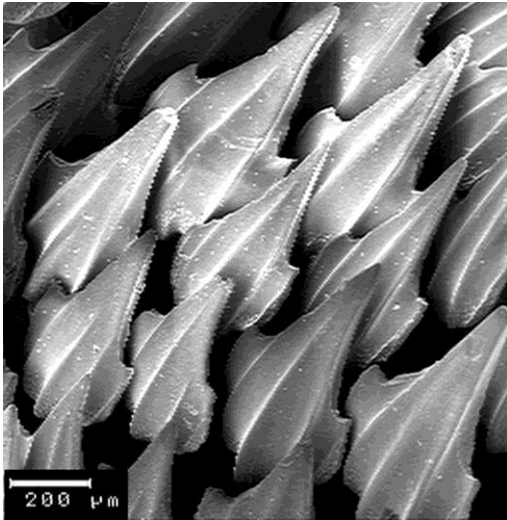


Abb. 2 : Großaufnahme der Haihaut

Die kleinen Rillen, die die Haihaut aufweist, schützen diese auch vor Parasitenbefall. Parasiten, wie beispielsweise Seepocken, Muscheln, Algen oder Krebse brauchen nämlich eine möglichst glatte Oberfläche zum Wachsen. Auf der feinen Rillenstruktur finden diese also keinen Halt. Das nennt man Anti-Fouling-Effekt.⁷

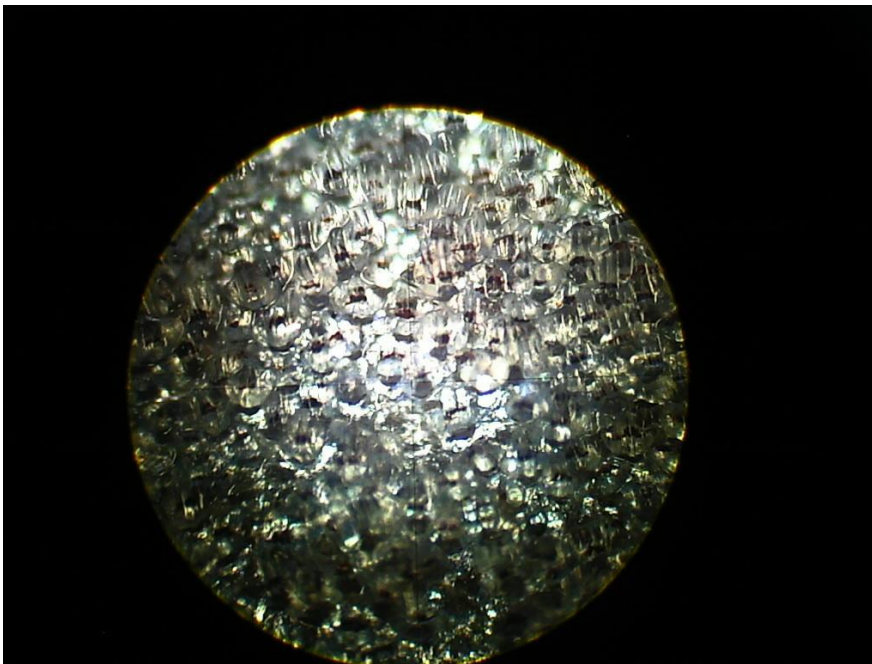


Abb. 3: Sicht auf die Haihaut mit einem Auflichtmikroskop

Diese Rillen sind auch für die Geschwindigkeit des Haies verantwortlich, und zwar durch den so genannten Riblet-Effekt. Durch die Längsrillen wird nämlich der Strömungswiderstand verringert. Je tiefer und feiner diese Rillen sind, desto schneller kann der entsprechende Hai

⁷ www.haifischhaut.de/downloads/PraesentationVC_Haifischhaut.pdf

schwimmen. Beispielsweise besitzen der Mako-, Fuchs- und weißer Hai viel kleinere und feinere Rillen auf ihren Hautschuppen als die langsamer schwimmenden Arten wie der Leopard- oder Blauhai. Bei den schnellen Schwimmern beträgt der Abstand der einzelnen Rillen ca. 40-80 μm bei den langsamen Schwimmern etwa 130-500 μm .⁸

Auf diesen Riblet-Effekt soll im folgenden Kapitel gesondert eingegangen werden, da er Grundlage unserer Arbeit ist.

2.2 Der Riblet-Effekt

Wie schon im ersten Teil erwähnt besitzen die schnell schwimmenden Haiarten auf ihrer Haut kleine Schuppen, welche aus Dentin bestehen. Auf diesen kann man, wenn man sie durch ein Elektronenmikroskop betrachtet, kleine Längsrillen auf der Oberfläche erkennen (vgl. Abb.2). Durch diese Rillen wird der Strömungswiderstand verringert. Dies lässt sich wie folgt erklären. Wenn sich ein glattes, spindelförmiges Objekt durch die Luft oder das Wasser fortbewegt, wird es laminar umströmt. Das heißt, dass die einzelnen Strömungslinien der Grenzschicht sich parallel zu der Oberfläche aneinander vorbei bewegen. Unmittelbar an der Oberfläche des umströmenden Körpers steht das umgebende Wasser. Je weiter man sich entfernt, desto höher steigt die Geschwindigkeit an, bis sie schließlich am Rand der Grenzschicht die Strömungsgeschwindigkeit erreicht.

Wird jedoch eine bestimmte Geschwindigkeit überschritten, reißt die Strömung ab, das bedeutet, es entsteht eine turbulente Strömung mit zahlreichen Wirbeln⁹. Damit ist ein hoher Verlust an kinetischer Energie¹⁰ verbunden, welcher dann die Bewegung abbremst. Durch die Längsrillen wird jedoch die laminare Strömung begünstigt, da die Ribletspitzen, die durch die Wirbel induzierte Querströmung an der Wand/ Oberfläche behindern. Das heißt, dass Verwirbelungen, die oberhalb der laminaren Unterschicht stattfinden, nur in Längsrichtung entstehen können. Seitliche Verwirbelungen werden durch die Rillengröße behindert. Die laminare Unterschicht wird somit verdickt. Die durch die Rillen verringerte Reibung führt zu einem um 8-11% verringerten Energieverbrauch, im Vergleich zu einer glatten Oberfläche¹¹. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn die Rillen eine bestimmte

⁸ www.oebv.at/sixcms/media.php/71/326855/PRISMA_Projekt.pdf

⁹ www.haifischhaut.de/downloads/PraesentationVC_Haifischhaut.pdf

¹⁰ kinetische Energie: die Energie, die ein Objekt aufgrund seiner Bewegung enthält, sie entspricht der Arbeit, die aufgewendet werden muss

¹¹ www.haifischhaut.de/downloads/PraesentationVC_Haifischhaut.pdf

Höhe besitzen. Die Höhe muss sich im Bereich von $1 \cdot \delta$ und $7 \cdot \delta$ befinden, wobei ein Optimum bei $3,5 \cdot \delta$ herrscht. Hierbei beschreibt δ die Stärke der laminaren Unterschicht. Ist $h = \delta$ ist der Reibungswiderstand wie bei einer glatten Oberfläche. Ist $h = 7 \cdot \delta$ dann ist der Reibungswiderstand sogar noch größer als bei einer glatten Oberfläche.

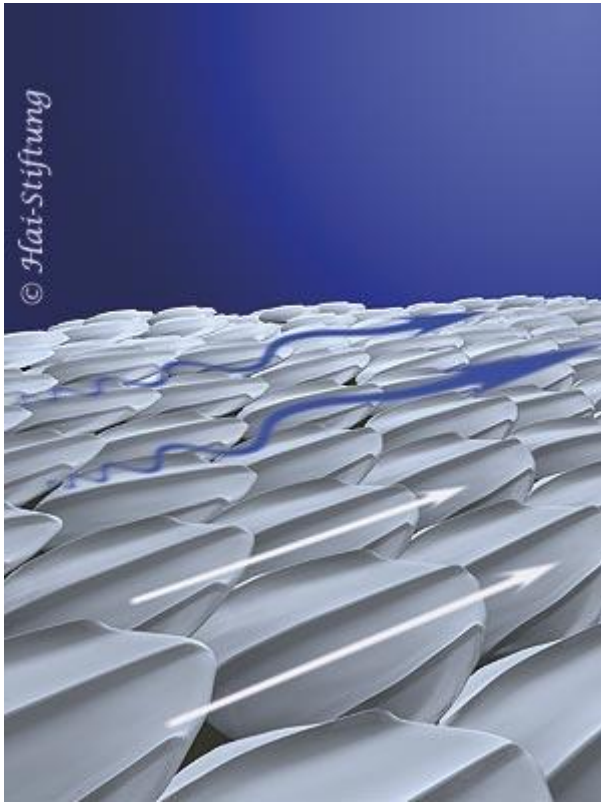


Abb. 4: Schematische Darstellung der Strömungen

Doch wie dies auch in der Forschung genutzt werden kann, soll im Folgenden dargestellt werden.

2.3 Aktueller Forschungsstand

Schon im Jahre 1970 wurde zum ersten Mal die Struktur der Schuppen des Haies in Zusammenhang mit der Reibungsminderung in der turbulenten Grenzschicht in Verbindung gebracht. Die Entdeckung dieses Effekts ist dem Paläontologen Dr. Wolf Ernst-Reif, welcher an der Universität Tübingen und der Arbeitsgruppe der NASA in den USA um M.J. Walsh tätig war, zu verdanken¹².

Anschließend wurde in den 90er Jahren eine industriell gefertigte Ribletfolie nach dem Prinzip der Haihaut von der Firma 3M angefertigt. Mit dieser Folie wurden 75% der

¹² www.haifischhaut.de/downloads/PraesentationVC_Haifischhaut.pdf

Oberfläche des Airbus 320 bedeckt. Durch diesen Riblet-Effekt konnte man 3-4% des Treibstoffes einsparen. Auf Langstreckenflügen spart man somit mehrere Tonnen Kerosin ein und es werden weniger Stickstoffoxide und Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Allerdings war die Folie nicht UV- und temperaturbeständig und die hohen Wartungskosten konnten nicht durch die eingesparten Kerosinkosten ausgeglichen werden, da Kerosin im Moment noch zu günstig ist. Deshalb wurde die Nutzung der Folie von der Flugzeugindustrie eingestellt.¹³

Im Jahre 2002 wurde eine Ribletfolie als Produkt des Jahres auf der „Windenergy 2002“ ausgezeichnet, da diese durch verbesserte aerodynamische Eigenschaften einen wesentlich geräuschärmeren Lauf der Windanlagen verspricht. Gleichzeitig dient diese PU-Folie als hervorragender Erosionsschutz für die Rotorblätter der Windräder.¹⁴ Auch die Segeljacht „Stars and Stripes“ von Dennis Connor und seiner Mannschaft war mit einer Ribletfolie beklebt. So gewann Dennis Connor 1996 den America’s Cup.

Zudem tragen seit 1996 auch die meisten Schwimmer, welche bei den olympischen Spielen teilnehmen oder neue Weltrekorde aufstellen einen speziellen Schwimmanzug, der sich die



Wasserwiderstandsverringern durch den Riblet-Effekt zu Nutze macht. Er besitzt Mikrolängsrillen, welche wie die Rillen auf den Schuppen der Haihaut wirken, also den Strömungswiderstand verringern. Solch einen Anzug hat beispielsweise die Firma Speedo entwickelt¹⁵. Gleich 38 Weltrekorde sind in diesem neuen Ganzkörper-Modell „LZR Racer“, welcher nach vierjähriger Entwicklungszeit im Februar 2008 auf den Markt gebracht wurde, gebrochen worden.

Abb.5: „LCR-Racer“ Speedo

¹³ www.jostimages.de/was-haie-sind/kapitel9.php (Juerg M. Brunnschweiler)

¹⁴ http://www.mikroblasen.de/html/download/www.mikroblasen.de_Mikroblasen.pdf

¹⁵ www.focus.de/sport/mehrsport/technologie-die-in-der-haut-der-haie-stecken_aid_185000.html

3. Unsere Umsetzung

Nachdem wir nun das perfekte Vorbild in der Umwelt gefunden hatten, war unser nächstes Ziel, dies für unser Projekt nutzbar zu machen.

Dazu standen wir einigen Problemen gegenüber. Wir mussten Haihaut beschaffen, ein Material finden, das solch feine Strukturen (wir befinden uns im μm -Bereich) sauber abformen kann und dann auch noch nachweisen, dass unser Produkt wirklich den Strömungswiderstand vermindert.

3.1 Beschaffung der Haihaut

Die Beschaffung der Haihaut stellte sich als unser größtes Problem heraus. Das Hauptproblem bestand darin, dass sich nur bestimmte Haiarten eignen, da nicht alle die besondere Struktur aufweisen. Wir benötigten einen Hai der Gattung Lamnidae, also der Makrelenhaie. Zunächst haben wir Speisekarten von Restaurants aus unserer Umgebung durchgelesen, um eventuell dort die Haihaut zu bekommen. Doch keines der Restaurants verwendete Haifisch, bzw. nicht den Hai, den wir benötigten. Als nächstes versuchten wir unser Glück bei einem Fischstand auf dem Wochenmarkt, doch obwohl man uns dort zunächst zusagte, man könne uns den Hai innerhalb von einer Woche besorgen, liefen unsere Bemühungen dort ebenfalls ins Leere.

Daraufhin haben wir unsere Suche auch auf die Wochenmärkte in den größeren Städten in der Umgebung ausgeweitet, dort wurde uns dann auch mal erklärt, warum wir mit unseren Versuchen Haihaut zu bekommen bisher keinen Erfolg hatten. Der Handel von Hai ist auf Grund der Tatsache, dass mittlerweile sehr viele Haiarten vom Aussterben bedroht sind, sehr eingeschränkt worden.

Vor allem deshalb ist auch die Nachfrage sehr stark zurückgegangen. Das Haiprodukt, das noch am meistens verkauft wird, sind Schillerlocken, doch diese bestehen nicht aus einer Haiart, die wir gebrauchen konnten.

Auch weitere 50 E-Mails waren nicht von Erfolg gekrönt.

Als wir uns danach an einen Großhandel gewandt haben, schien es zunächst mal wieder so, als sei unser Problem gelöst, denn auch dort wurde uns zunächst zugesagt, dass es möglich sein müsste, den gewünschten Hai zu bestellen. Doch 3 Telefonate und drei Tage später haben wir dort die nächste Absage kassiert.

Das Problem dort war, dass man zwar Hai bestellen kann, aber nur unspezifisch, da auf Grund der Fischereibeschränkungen nur der Hai verkauft werden darf, der zufällig in die Netze der Fischer schwimmt.

Fast haben wir da die Hoffnung, noch Haihaut zu bekommen aufgegeben.

Doch dann haben wir doch noch eine positive Antwort bekommen. Wir sollten nur noch die gewünschte Größe der Haistücke und die Adresse angeben, an die die Haut geschickt werden sollte. Leider haben wir nach dieser ersten E-Mail noch nichts von diesem Produzenten gehört. Das heißt, wir haben immer noch keinen Hai, doch wir geben die Hoffnung nicht auf. Unsere Hoffnungen stützen sich jetzt auf den Aquazoo in Düsseldorf, der sowohl Hai als auch Materialien für Abdrücke besitzt und Schulen in ihrer Arbeit unterstützt.

Schließlich konnten wir den Produzenten doch wiedererreichen und haben von diesem vier Stücke der Haut eines Makrelenhaies bekommen und auch der Aquazoo hat uns eine Hautprobe zur Verfügung gestellt.

3.2 Materialsuche Negativ

Da die Beschaffung des Hais sich als so schwierig herausstellte, haben wir zunächst mit vielen verschiedenen Methoden gearbeitet, um Materialien zu testen, die zur endgültigen Abformung der wirklichen Haihaut geeignet sein könnten. Dafür haben wir zunächst mit verschiedenen Oberflächen gearbeitet, die eine Rillenstruktur aufwiesen. Auf diese haben wir verschiedene Stoffe gegeben, die wir als mögliche Abformungsmaterialien gesehen haben.

3.2.1 Gelatine und Gummibärchen

Versuchsfrage: Eignen sich Gelatine und Gummibärchen als Abformungsmaterial?

Materialien:

Becherglas, Gelatine, Gummibärchen, Wasser, Bunsenbrenner, eine handelsübliche Forelle (tiefgefroren)

Versuchsdurchführung:

Zunächst haben wir 3g Gelatine mit 8,6g Wasser in das Becherglas gegeben. Dieses Gemisch haben wir dann zunächst quellen lassen. Nachdem die Gelatine soweit gequollen ist, dass keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist, haben wir sieben Gummibärchen hinzugegeben. Dann haben wir das Gemisch unter Rühren auf dem Bunsenbrenner erhitzt, bis sich die Gummibärchen komplett gelöst hatten.

Dieses haben wir dann zunächst auf einen Kunststoff mit Rillenstruktur gegeben, außerdem auf die Forelle, da diese eine feinere Struktur hat, als der Kunststoff. Nachdem das Gemisch abgekühlt ist, haben wir es vorsichtig von den Oberflächen abgelöst.

Beobachtung:

Nach dem Ablösen hat das Gemisch die Form beider Oberflächen sehr gut angenommen.

Ergebnis:

Von diesen Ergebnissen waren wir zunächst sehr begeistert, doch, da dieser Abdruck nicht sehr hitzebeständig ist und so also beim Ausgießen mit einem heißen Material flüssig wird, haben wir uns nach weiteren Materialien umgeschaut.

So haben wir uns als nächstes Material Blei angeschaut, da dieses eine höhere Schmelztemperatur als das Gummibärchen-Gelatine-Gemisch aufweist.

3.2.2 Blei

Versuchsfrage: Eignet sich Blei als Abformungsmaterial?

Materialien:

Reagenzglas, Bunsenbrenner, Holzklammer, Blei, eine handelsübliche Forelle (tiefgefroren)

Versuchsdurchführung:

Wir haben 5g Blei in das Reagenzglas gegeben und dann das Reagenzglas mit der Holzklammer über die Flamme des Bunsenbrenners gehalten. Nachdem das Blei sich verflüssigt hat, haben wir es auf die Forelle gegossen.

Versuchsbeobachtung:

Das Blei wurde sehr schnell wieder fest und der Abdruck war wenig strukturiert.

Ergebnis:

Da die Schmelztemperatur von Blei höher ist, wird es sehr schnell wieder hart und kann daher nicht in die feine Oberflächenstruktur fließen, bevor es erhärtet. Daher haben wir Blei als Abdruckmaterial verworfen. Doch das Blei hat uns insofern weitergebracht, da wir so bemerkt haben, dass sich ein Stoff, der komplett aushärtet für den Abdruck besser eignet als ein weicher Stoff.

Dadurch haben wir uns mit Kunststoffen beschäftigt, da diese ebenfalls komplett aushärten und im Gegensatz zum Blei für diesen Prozess länger benötigen.

3.2.3 Nylon

Versuchsfrage: Eignet sich Nylon als Abformungsmaterial?

Materialien:

Glasschale, AH-Salz (Gemisch aus Apidinsäure und Hexamethylendiamin), Tiegelzange, Bunsenbrenner, Dreifuß, eine Forelle (aus dem Handel)

Versuchsdurchführung:

Zunächst haben wir 5g AH-Salz abgewogen, dieses haben wir dann in der Glasschale auf den Dreifuß gestellt. Dann haben wir es mit dem Bunsenbrenner solange erwärmt bis es so flüssig war, dass man es auf der Forelle verstreichen konnte.

Beobachtung:

Dabei zeigte sich unser erstes Problem, das Verstreichen der Masse war nicht möglich, da sie sich direkt von der Fischhaut löste und so die Form nicht gut annahm. Der Abdruck war nahezu glatt und hat die Oberflächenstruktur des Fisches nicht abgeformt.

Ergebnis:

Nylon eignet sich nicht für den Abdruck, da es nicht flüssig genug wird.

3.2.4 Laminierfolie

Versuchsfrage: Eignet sich Laminierfolie als Abformungsmaterial?

Materialien:

Backpapier, Laminierfolie (bestehend aus Polyethylen und Polyester), Haut einer Forelle, eine Heizplatte, ein Becherglas

Versuchsdurchführung:

Wir haben als erstes die Heizplatte mit Backpapier belegt, dann haben wir auf das Backpapier ein Stück Laminierfolie gelegt und darauf die Forellenhaut. Dabei mussten wir darauf achten, dass sich keine Luft zwischen der Haut und der Folie befand. Auf die Haut legten wir dann noch einmal eine Schicht Backpapier, dann wird das Becherglas daraufgestellt. Anschließend haben wir die Heizplatte auf 170°C erhitzt, währenddessen haben wir das Ganze unter Druck gesetzt, indem wir auf das Becherglas gedrückt haben.

Nach ca. 5 min. haben wir die Heizplatte ausgestellt und das Ergebnis begutachtet.

Beobachtung:

Die Folie hat zwar die Struktur der Haut angenommen, doch nicht komplett und nur unregelmäßig.

Ergebnis:

Der Versuch ist in dieser Durchführung nicht geeignet, da nicht gewährleistet werden kann, dass die Struktur komplett und ohne Unregelmäßigkeiten übernommen werden kann. Doch unter veränderten Bedingungen könnte diese Art der Abformung durchaus möglich sein.

Der Versuch musste optimiert werden, das heißt, der Druck und die Temperatur muss eher an die Bedingungen eines Laminiergerätes angepasst werden. Dafür haben wir uns überlegt, den Versuch mit einem Bügeleisen durchzuführen.

Material:

Backpapier, Laminierfolie, Haut einer Forelle, ein Bügeleisen

Versuchsdurchführung:

Ein erstes 30-40cm langes Stück Backpapier haben wir auf einen glatten Tisch gelegt, darauf haben wir die Forellenhaut mit der Struktur nach oben gelegt, darauf wiederum die Laminierfolie, dabei war wieder darauf zu achten, dass keine Luft zwischen der Folie und der Haihaut zurückbleibt. Damit die Folie nicht am Bügeleisen festklebt, haben wir nun eine weitere Schicht Backpapier aufgebracht, dann haben wir das Bügeleisen angemacht und auf die oberste Schicht Backpapier gestellt. Dadurch wird der Versuchsansatz gleichzeitig erwärmt und unter Druck gesetzt.

Beobachtung:

Die Folie hat die Form auch in diesem Versuchsansatz angenommen, doch auch mit dem Bügeleisen ist die Struktur nicht optimal.

Ergebnis:

Unter diesen Bedingungen ist die Laminierfolie immer noch nicht geeignet. Also haben wir uns nach weiteren Materialien umgesehen.

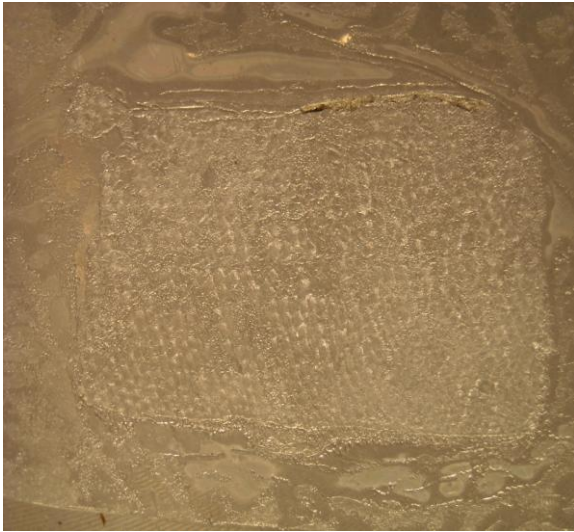


Abb. 6: Foto des Hautabdrucks aus Laminierfolie

3.2.5 Silicon und Härter

Versuchsfrage: Eignet sich die Silicon-Härter-Mischung als Abformungsmasse?

Material:

Forelle, Spülmittel, Silicon, Härter

Versuchsdurchführung:

Zuerst haben wir die Forelle in eine Schüssel gelegt, in welcher sich eine Mischung aus Wasser und Spülmittel befand, um sie von dem Schleim auf ihrem Schuppenkleid zu befreien. Alternativ hätte man sie auch für einige Stunden in Salz einlegen können.

Um nun ein Negativ der Haut zu erstellen, haben wir die saubere und trockene Haut des Fisches entfernt und sie auf ein glattes Brett gelegt.

Nun haben wir eine spezielle Abformmasse der Firma R&G darüber gegossen. Diese besteht aus 2 Komponenten: Silicon und Härter, welche man im Verhältnis von 10:1 mischen muss.

Beobachtung:

Als Ergebnis erhielten wir einen sauberen und differenzierten Abdruck der Forellenhaut.

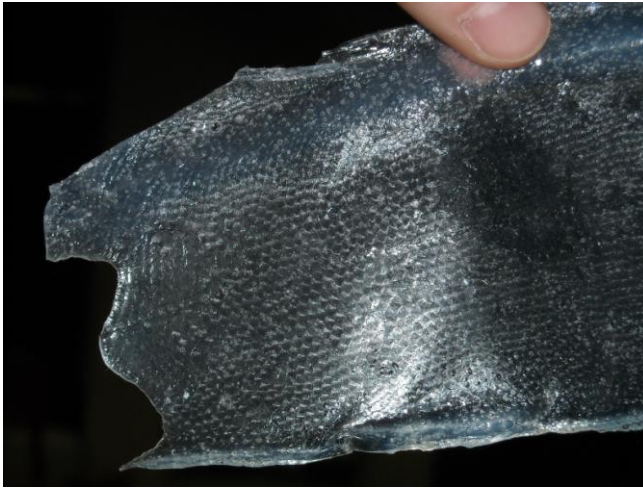


Abb. 7: Foto des Hautabdrucks aus Siliconhärter-Mischung

Ergebnis:

Die Masse eignet sich gut für den Abdruck der Haut, da sie dünnflüssig ist und auch die kleinen Hohlräume der Schuppen des Fisches ausfüllt. Zudem wird bei diesem Silicon kein Trennmittel benötigt, und durch seine hohe Dehnfähigkeit (300%) kann man sehr leicht die Haut und die Masse nach einer Aushärtungszeit von 15 Stunden trennen. Außerdem beträgt die Schrumpfung der Abformmasse weniger als 1%, somit wird die Form der Haut bei dem Abdruck nicht verfälscht.

Mit diesem Produkt haben wir also endlich die optimale Abformungsmasse gefunden und können nun den Abdruck erstellen.

3.3 Erstellen des Abdrucks

Im nächsten Schritt kann man nun mit dem Negativ ein Replikat der Haut herstellen. Hierzu gießt man einen beliebigen Stoff auf den Siliconabdruck. Solange man ein Material nimmt, welches eine nicht so extreme Dehnfähigkeit besitzt, benötigt man kein Trennmittel zwischen Negativ und Replikat. Da unser Replikat der Haut als Folie genutzt werden soll, ist es sinnvoll, als Material für den Guss Kautschuk zu benutzen. Hierzu eignet sich besonders die dauerelastische Polyurethan-Vergussmasse. Das haben wir durchgeführt und auf dem Bild erkennt man nun deutlich die Rillenstruktur, die der Abdruck von der Haihaut angenommen hat.

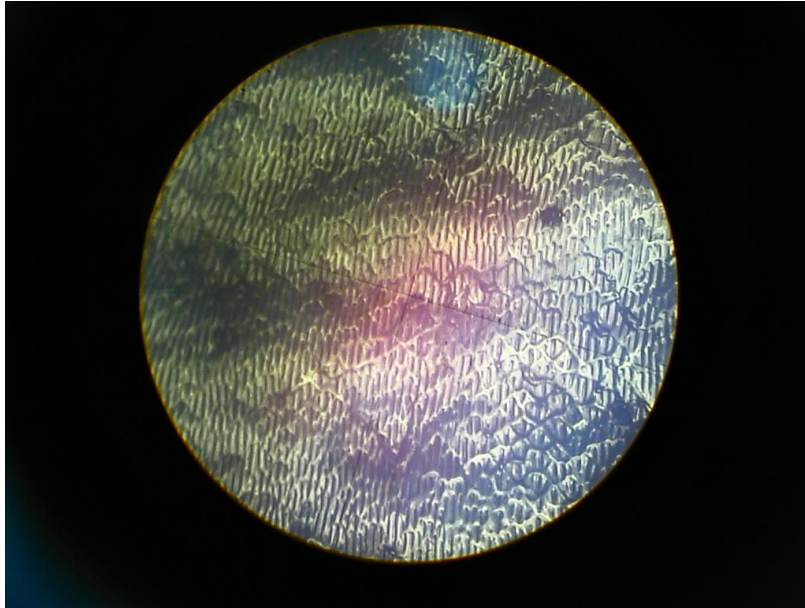


Abb. 8: Sicht auf das selbsterstellte Replikat mit einem Auflichtmikroskop

3.4 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen

Um zu überprüfen, ob wir mit unserer Abformung Erfolg gehabt haben, haben wir uns überlegt, dass wir den Wasserwiderstand eines Kegels, der mit unserer Folie beklebt ist mit dem eines Kegels vergleichen, der mit einer glatten Oberfläche beschichtet ist. Nun war nur noch die Frage, wie wir den Wasserwiderstand dieser beiden Kegel vergleichen könnten. Der Wasserwiderstand ist für uns deshalb von Bedeutung, da der Hai im Wasser lebt, die Oberfläche dafür also optimiert sein sollte und auch unser Produkt soll für den Einsatz in Wasser geeignet sein. Zunächst haben wir mit Knete gearbeitet, um herauszufinden ob unser Versuchsansatz überhaupt umsetzbar ist. Außerdem mussten wir herausfinden ob in unserem Versuchsaufbau überhaupt unterschiedliche Geschwindigkeiten zu messen sind.

Die folgenden Versuche fanden parallel zu denen aus 2.2 statt und stellen somit ebenfalls die Entwicklung unseres Versuchsaufbaus dar. Demnach stammt der folgende Versuch aus unserer Anfangsphase.

3.4.1 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen in einem Blumenkasten

Materialien:

Blumenkasten(1m Länge), Nylonfaden, Knete, Wasser

Versuchsdurchführung:

Zunächst erstellten wir aus Knete mit dem Gewicht von 29,6g einen Kegel, in den wir Querrillen ritzen. Dieser sollte als Versuchsobjekt dienen. Dieser wurde an einem Nylonfaden befestigt, an dessen anderem Ende ein Gewicht hing. Dann haben wir auf dem Nylonfaden einen Start und einen Endpunkt markiert, damit wir bei mehreren Versuchen immer die gleichen Bedingungen schaffen konnten.

Nachdem wir den Blumenkasten mit Wasser gefüllt haben, haben wir den Kegel in das Wasser gelegt; den Nylonfaden mit dem Gewicht am anderen Ende haben wir über den Rand des Blumenkastens gehängt. Den Knetekegel haben wir dann am anderen Ende des Blumenkastens so gehalten, dass er den Boden nicht berührte, damit er während des Versuchs nicht über den Boden schleift und dadurch gebremst wird. Dann haben wir den Kegel losgelassen. Die Zeit, bis er am Ende des Blumenkastens angekommen war, haben wir gestoppt.

Danach haben wir den Versuch mit einem Kegel mit Längsrillen durchgeführt.

Gewicht Kegel: 29,6g; Gewicht Gegengewicht: 10g

Beobachtung:

Wiederholungen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kegel ohne Rillen (in sec.)	1,71	1,32	1,59	1,74	1,72	1,31	1,31	1,63	1,52	1,82
Kegel mit Längsrillen (in sec.)	1,51	1,32	1,69	1,87	1,4	1,56	1,8	1,98	1,53	1,66

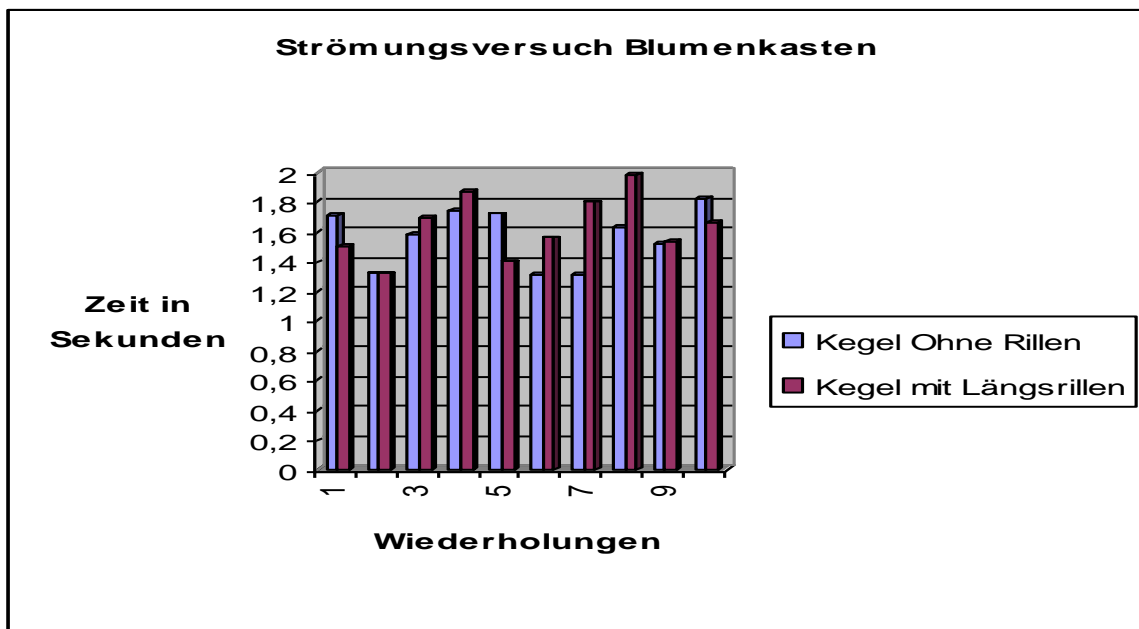


Abb. 9: Diagramm zum Strömungsversuch in einem Blumenkasten

Durch das Gewicht am anderen Ende des Fadens wurde der Knetkegel durch den Blumenkasten gezogen, doch nach der halben Strecke sank der Kegel auf den Boden des Kastens und wurde so gebremst. Auf Grund dieser Tatsache haben wir keine weiteren Versuche mit verschiedenen Oberflächen durchgeführt.

Ergebnis:

Der Versuch mit dem Blumkasten ist nicht für unsere Messungen geeignet, da die Werte, die wir in diesem Versuch ermitteln konnten durch das Schleifen auf dem Boden verfälscht werden würden. Außerdem sind keine Zeitunterschiede messbar und die Werte innerhalb einer Versuchsreihe schwanken zu stark um den Mittelwert.

Also haben wir uns überlegt, wie wir das Problem lösen könnten. Eine Variante ist es, den Versuch in der Vertikalen durchzuführen. Dazu haben wir uns dann einen entsprechenden Versuchsaufbau überlegt.

3.4.2 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen in einem Glasrohr

Material:

Knete, 50cm Glasrohr, Nylonfaden, Wasser, Paketklebeband, 3 Holzstifte

Versuchsaufbau:

Das Wasser haben wir in das Glasrohr gefüllt und oben am offenen Ende haben wir mit dem Klebeband die Stifte befestigt.



Abb. 10: Fotos des Glasrohres zum Strömungsversuch

Versuchsdurchführung:

Um unseren Versuchsaufbau zu testen, haben wir einen Kegel aus Knete in das Glas getan, dieser war an einem Nylonfaden befestigt, an dessen anderem Ende wir ein Gegengewicht befestigt haben. Danach haben wir den Kegel auf den Boden des Glases sinken lassen und den Nylonfaden so über die Stifte gehängt, dass das Gegengewicht außerhalb des Glases hing und dieses auch nicht mehr berührte. Dann haben wir als Startpunkt den Faden dort markiert, wo er auf dem roten Stift lag. Danach haben wir den Kegel durch das Gegengewicht nach oben gezogen und dann erneut einen Punkt auf der Höhe des roten Stiftes markiert, dieser sollte für unsere Zeitmessungen als Endpunkt dienen. Anschließend haben wir das Gegengewicht Einige Male den Kegel durch das Wasser ziehen lassen.

Beobachtungen:

Wiederholungen	1	2	3	4	5
Kegel ohne Rillen (in sec.)	1,14	1,48	1,27	1,27	1,21
Kegel mit Längsrillen (in sec.)	1,36	1,37	1,14	1,39	1,25

Gewicht Kegel: 29,6g; Gegengewicht: 10g

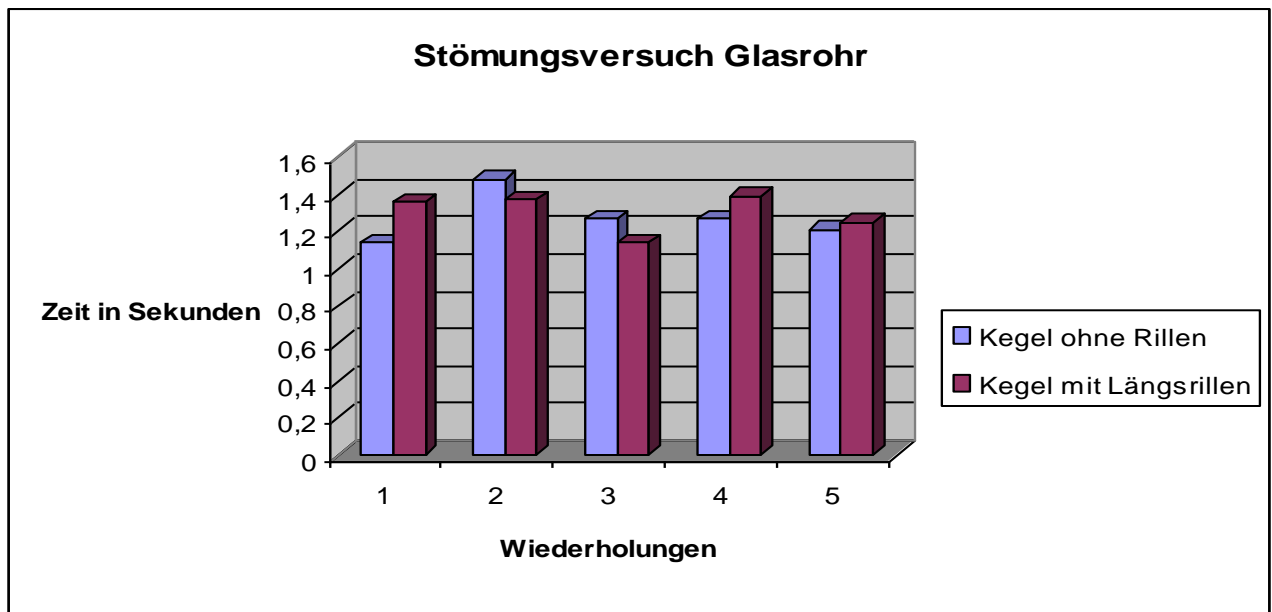


Abb. 11: Diagramm zum Strömungsversuch in einem Glasrohr

Der Kegel berührt nur das Wasser, wird also durch keine äußeren Umstände gebremst. An Hand der Markierungen konnten wir die Zeit, die er zum Zurücklegen der Strecke brauchte gut messen.

Ergebnis:

Der Versuch eignet sich für unsere Messungen, der Ablauf im Rohr funktioniert sehr gut. Es müsste jedoch noch gezeigt werden, ob der Versuchsaufbau ausreicht, um auch geringe Zeitunterschiede deutlich zu machen.

Also haben wir den Kegel zunächst mit Querrillen versehen und ihn dann zehnmals durch das Wasser gezogen und dabei die Zeit gestoppt. Dann haben wir Längsrillen hineingeritzt und erneut zehnmals die Zeit gemessen, die der Kegel brauchte, um die Strecke zurückzulegen.

Da unsere Ergebnisse uns nicht vollends zufrieden stellten, haben wir beschlossen, den Versuch noch etwas zu verändern. Zunächst entschieden wir uns für ein längeres Rohr. Nach einigen Versuchen damit haben wir beschlossen, dass die Versuchsbedingungen besser wären, wenn die Schnur nicht frei über die Stifte läuft, sondern immer den gleichen Weg nimmt, daher haben wir aus Lego eine Konstruktion mit Umlenkrollen gebaut. Außerdem haben wir uns für eine elektronische Zeitmessung entschieden, da diese ebenfalls genauer ist.

Das ist nun also der perfekte Versuchsaufbau:

3.4.3 Vergleich des Wasserwiderstandes zweier Oberflächen in einem Abwasserrohr

Material:

Abwasserrohr(2m lang und 120mm Durchmesser), Wasser, 2,5m Nylonschnur, Knetekegel, Gegengewicht, Legokonstruktion, elektronische Zeitmessungsanlage (mit Lichtschranken)

Versuchsaufbau:

Das Rohr wird mit Wasser gefüllt und die Legokonstruktion am oberen Ende so befestigt, dass die erste Rolle dafür sorgt, dass der Kegel sich in der Mitte des Rohres befindet und die zweite Rolle ist dafür da, dass das Gegengewicht das Rohr von außen nicht berührt, was die Messergebnisse verfälschen würde. Dann wird der Kegel ins Wasser gelassen, bis er den Boden berührt. An der Rolle außerhalb des Rohres wird dieser Punkt auf der Nylonschnur als Startpunkt markiert, das gleiche wird an der anderen Rolle gemacht, wenn der Kegel die Wasseroberfläche berührt, diese Markierung dient auch für die Zeitmessung. Dann wird die Anlage zur Zeitmessung so vor dem Rohr aufgebaut, dass das Gegengewicht während des Versuchsablaufs beide Lichtschranken passiert.

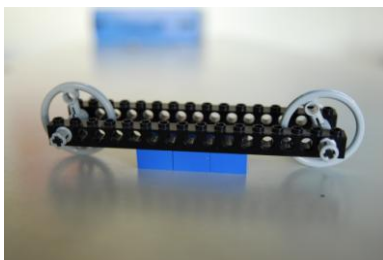


Abb. 12: Legokonstruktion

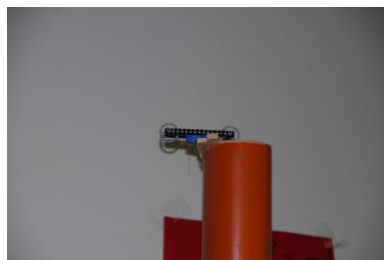


Abb. 13: Legokonstruktion auf
Abwasserrohr



Abb. 14: Kompletter Versuchsaufbau

Versuchsdurchführung:

Der Kegel wird zunächst mit Längsrillen ins Wasser gelassen, bis er den Boden des Rohres berührt, dann wird die Stoppuhr aktiviert und das Gegengewicht losgelassen. Dieses passiert die erste Lichtschranke und die Stoppuhr beginnt mit der Zeitmessung. Wenn der Kegel die Wasseroberfläche erreicht, passiert das Gegengewicht die zweite Lichtschranke, die Zeit wird gestoppt. Das gleiche haben wir dann erneut durchgeführt, diesmal mit einem Kegel mit

Querrillen. Insgesamt haben wir pro Versuchsansatz zehn Wiederholungen durchgeführt, um einen guten Mittelwert zu erhalten.

Beobachtung

Wiederholungen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kegel mit Längsrillen (in sec.)	2,172	2,148	2,042	2,008	2,067	2,103	2,128	2,097	2,086	2,104
Kegel mit Querrillen (in sec.)	2,091	2,080	2,105	2,120	2,100	2,084	2,126	2,078	2,094	2,094

Gewicht Kegel: 53,74g; Gewicht Gegengewicht: 19,8g

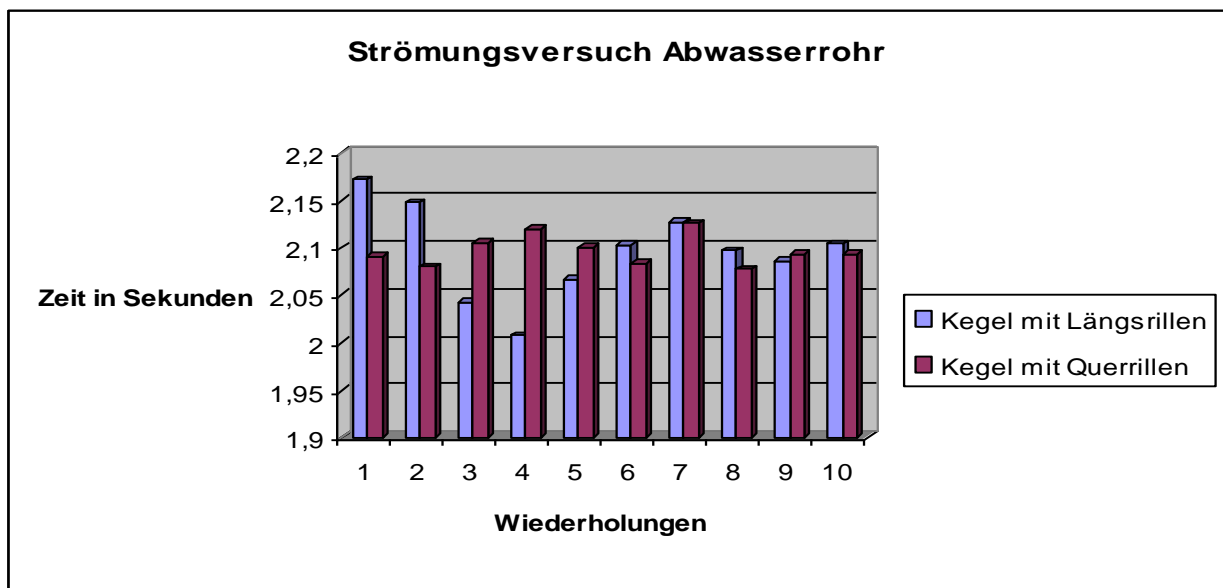


Abb. 15: Diagramm zum Strömungsversuch in einem Abwasserrohr

Ergebnis:

Der Versuchsaufbau ist nun soweit optimiert, dass wir saubere Ergebnisse erhalten (Lichtschranke) und sogar feine Unterschiede und deren Einfluss auf die Reibungsmessung nachweisen können.

Dieses Prinzip der Reibungsmessung von Oberflächenstrukturen soll auch bei unserer selbst hergestellten Haihautoberfläche durchgeführt werden.

Diese wird dazu auf eine feste Unterlage geklebt, sodass sie sich im Wasser nicht verformen und so die Ergebnisse des Versuchs beeinflussen kann. Die Werte des Versuchs werden mit denen einer glatten Oberfläche, die unter denselben Bedingungen wie das Haihautpräparat durch das Wasser gezogen wird, verglichen.

Falls unser bisheriger Versuchsaufbau den Reibungsverlust durch die Haihaut nicht nachweisen kann, könnten wir diesen noch in zwei Punkten optimieren. Zum einen könnten wir die Strecke noch erweitern, da wir das Rohr bisher nur zur Hälfte befüllt haben. Zum anderen können wir das Wasser durch Öl ersetzen und durch die erhöhte Viskosität auch noch feinere Unterschiede deutlich machen.

3.4.4 Versuch zur Überprüfung der Rillenstruktur

Material:

Auflichtmikroskop, Nanoteilchen (Latexkügelchen; Durchmesser: ca. 0,5 μm ; weiße Farbe), Haihautreplikat

Versuchsaufbau:

Die Nanoteilchen werden auf das Replikat gegeben. Das Replikat dann unter das Auflichtmikroskop gelegt.

Versuchsdurchführung:

Nun kann man durch das Auflichtmikroskop einerseits die Struktur des Replikats erkennen, andererseits sieht man auch deutlich, wo die Nanoteilchen sich abgelagert haben.

Beobachtung:

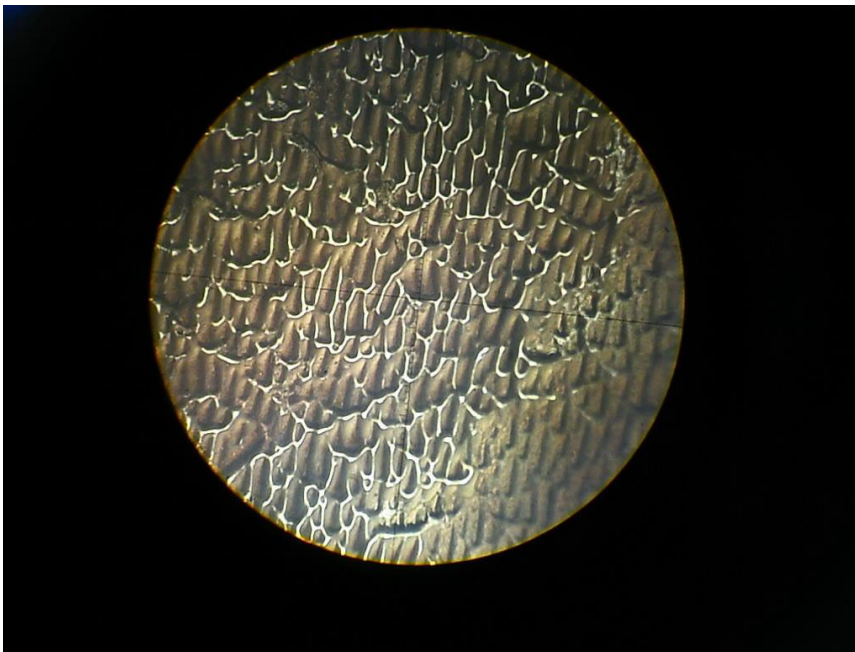


Abb. 16: Sicht auf das Replikat mit Nanoteilchen durch Auflichtmikroskop
Die Nanoteilchen haben sich in den Rillen abgelagert.

Ergebnis:

Man kann aus der Tatsache, dass die Nanoteilchen sich in den Rillen abgelagert haben schließen, dass sich auch die viel größeren Wassermoleküle darin ablagern würden, Als dass diese sich durch diese Rillen bewegen würden, wenn man ein Objekt mit einer solchen Oberfläche im Wasser bewegen würde.

4. Zusammenfassung

Eine solche Folie könnte wie zu anfangs schon erwähnt großflächig eingesetzt werden, um Energie zu sparen und somit der rigorosen Rohstoffausbeutung einhalt zu gebieten und gleichzeitig auch den CO2 Ausstoß zu vermindern.

Nach unserer Ansicht könnte man alle Autos, LKW, Züge, Schiffe, Flugzeuge und generell alle Fahrzeuge mit der Folie bekleben. Bei einer Reibungsverminderung von bis zu 11% würde das eine enorme Kraftstoffeinsparung ausmachen.

Als Beispiel sei hier das Flugzeug vorgestellt:

Das Flugzeug Model Boeing 747 für den Personenverkehr fliegt mit einer Geschwindigkeit von 900 km/h. Bei dieser Geschwindigkeit verbraucht es 13.000 Liter Kerosin pro Stunde.¹⁶

Angenommen dieses Flugzeug flöge die Strecke Berlin / Los Angeles, eine Strecke also von ungefähr 9.329km, dann würde es insgesamt ca. 134.752 Liter Kerosin verbrauchen.

Beschichtet man dieses Flugzeug nicht mit einer Ribletfolie, wie sie probeweise am Airbus A340 angebracht wurde, sondern mit unserem Replikat beklebt (wie stellt man eine so große Folie her? Diese Frage wird noch beantwortet), das im Idealfall eine Reibungsverminderung von 11% hervorbringen kann.

Da der Kerosinverbrauch eines Flugzeugs vom Reibungswiderstand abhängt, den kleine Luftwirbel an der Flugzeugoberfläche verursachen¹⁷, kann man folglich den Verbrauch herab setzen, in dem man die Oberflächenreibung verringert.

¹⁶ <http://www.vcockpit.de/flugfaq.php#8>

¹⁷ <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,443057,00.html>

Luft ist zwar nicht das gleiche wie Wasser, trotzdem lässt sich die Haihautfolie von uns auch in der Luft einsetzen. Mit ihren Eigenschaften lenkt sie die Oberflächennahen Luftströme durch die Rillen der Schuppen, also durch die Rillen, die durch den Abdruck auf die Folie übertragen wurden, genau wie im Wasser.

Dadurch wird der Reibungswiderstand der Oberfläche reduziert und somit auch der Kerosinverbrauch. Auf der Strecke Berlin / Los Angeles würde somit (bei einer angenommenen Verringerung des Reibungswiderstandes um 11%) 14800 Liter Kerosin eingespart.

Nicht nur auf Langstreckenflügen, sondern auch auf kürzeren Distanzen würde sich eine solche Beschichtung rentieren.

Wie bekäme man aber so eine große Folie hin? - Man könnte z.B. eine Walze mit der Struktur erstellen, die in einem Fort auf das Material die Struktur überträgt.

Momentan erreicht unsere Folie eine Reibungsverminderung von knapp 9%. Unser Ziel ist es noch, eine Folie zu erstellen, die eine Reibungsverminderung wie bei am schnellsten schwimmenden Haiarten zu erhalten. Bei unserer Methode, der Abformtechnik, bräuchten wir allerdings eine Hautprobe dieser schnell schwimmenden Art, des Makohais. Jedoch wird sich die Suche danach noch schwerer gestalten, als die unsrige war.

Außerdem benötigen wir auch eine größere Probe, denn mit einem Postkartengroßen Stück können wir noch nicht einmal ein Auto bekleben.

Man könnte also enorme Massen an Treibstoff einsparen, wenn man Folien dieser Art auf alles Mögliche, was sich durch Wasser oder Luft bewegt, aufbringt.

Damit kann ein wesentlicher Beitrag gegen die heutige Umweltbelastung erbracht werden

Literaturverzeichnis

<http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/news/32932/index.html>
www.baufachinformation.de/denkmalpflege.jsp?md=1988017190224
www.focus.de/sport/mehrsport/technologie-die-in-der-haut-der-haie-stecken_aid_185000.html
www.haifischhaut.de/downloads/PraesentationVC_Haifischhaut.pdf
www.jostimages.de/was-haie-sind/kapitel9.php
www.jostimages.de/was-haie-sind/kapitel9.php (Juerg M. Brunnschweiler)
<http://www.klimawandel-global.de/tag/Aussterben>
http://www.mikroblasen.de/html/download/www.mikroblasen.de_Mikroblasen.pdf
www.oebv.at/sixcms/media.php/71/326855/PRISMA_Projekt.pdf
<http://www.planet-wissen.de>
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,443057,00.html>
<http://www.treibhauseffekt.com>
<http://www.vcockpit.de/flugfaq.php#8>

Bildernachweiß:

Abb. 1 : www.scheffel.og.bw.schule.de/faecher/science/biologie/evolution/2befunde/zahn.gif
Abb. 2 : <http://www.wissenschaft-online.de/sixcms/media.php/912/thumbnails/227407.334184.jpg.334189.jpg>
Abb. 4 : <http://www.jostimages.de/was-haie-sind/kapitel9b.jpg>
Abb. 5 : www.markpascua.com/wp-content/lzr_racer.jpg