GABRIEL PANKOW

Von Haien inspiriert, von Lasern gebaut

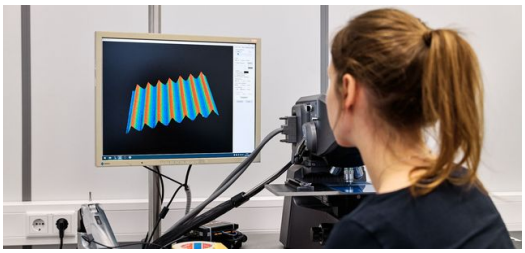
4Jet überträgt das Prinzip Haifischhaut auf Tragflächen von Flugzeugen und bringt mikroskopische Strukturen in den Lack ein: weniger CO2-Emissionen, weniger Kerosinverbrauch.

Schon mal einen Hai gestreichelt? Haptisch ist das eine raue Angelegenheit. Grund dafür ist sein Paillettenkleid aus besonders gerillten mikroskopischen Haifischschuppen. Das sieht nicht unbedingt glamourös aus, bringt dem Hai aber strömungstechnisch klare Vorteile. Die Schuppenrillen überziehen den Haifisch mit einer Mikrostruktur, die energiefressende Wasserwirbel entlang des Körpers deutlich reduziert. Sie ermöglicht es dem Raubfisch, mit mehr als 70 Kilometern pro Stunde durchs Wasser zu schießen: weniger Widerstand, weniger Energieverbrauch, höhere Geschwindigkeit.

Direkt in den Lack

Michiel Top hat selbst noch nie eine Haihaut berührt. Doch er will schon bald Flugzeugteile mit einer solchen Struktur versehen. Gemeinsam mit neun Kolleginnen und Kollegen arbeitet er als Product Developer beim Laseranlagenbauer 4Jet am sogenannten LEAF-Projekt. Das Ziel: Die Haut des Fliegers zur Haihaut machen. Denn was im Wasser funktioniert, funktioniert auch in der Luft. Auch dort lässt sich der Energieverbrauch – sprich Kerosin – mit Mikrostrukturen verringern. Einige Airlines setzen darum bereits aufgeklebte Strukturen ein. 4Jet entwickelt solche Folien ebenfalls, sieht langfristig aber einen besseren Weg. Michiel Top erklärt: „Wir bringen die kleinen, V-förmigen Rillen, sogenannte Riblets, direkt in den Lack ein. Damit können wir den Reibungswiderstand um bis zu zehn Prozent reduzieren. Dieser macht beim Flugzeug etwa 50 Prozent des Gesamtwiderstands aus. Das heißt, wenn wir das ganze Flugzeug strukturieren, erzielen wir bei jedem einzelnen Flug eine Treibstoffeinsparung von drei bis vier Prozent.“ Im Schnitt ist ein Flugzeug etwa 20 Jahre im Einsatz, in der Regel muss es alle sieben Jahre neu lackiert werden, über die gesamte Lebensdauer gerechnet, sind die Einsparungen an Treibstoff und CO2-Emissionen also enorm.

Zwei Laserstrahlen interferieren und sorgen dafür, dass auf der Oberfläche kleine V-förmige Rillen entstehen, die mit bloßem Auge kaum zu sehen sind.



Damit auch nicht perfekt ebene Flugzeugoberflächen zuverlässig strukturiert werden können, wählt 4Jet eine außergewöhnlich hohe Tiefenschärfe.

V-förmigen Rillen, die sogenannten Riblets, werden direkt in den Lack eingebracht. Sie reduzieren den Gesamtwiederstand um 50 Prozent, dies resultiert in einer enormen Treibstoffeinsparung.

Kleine Riblets in Streifen

Warum dann die Folie, die doch dem Flugzeug Gewicht hinzufügt und am Ende Müll wird? Weil es bis heute keinen Weg gibt, viele Hunderte Quadratmeter Flugzeuglack in sehr übe schaubarer Zeit mit einer funktional perfekt getrimmten Mikrostruktur zu versehen. Geht nicht. Gibt's nicht. Punkt. Das LEAF-Team bei 4Jet betont das anders: Geht nicht? Gibt's nicht! Ausrufezeichen. LEAF steht für Laser Enhanced Air Flow. Das Projekt gibt es seit zehn Jahren und es verfolgt eine ambitionierte Idee. Das Verfahren nutzt das physikalische Phänomen der Laserinterferenz zur Strukturierung von Oberflächen. Über eine spezielle Optik splittet 4Jet den Laserstrahl auf und führt ihn dann wieder so zusammen, dass sich die beiden Strahlen überlagern und dadurch miteinander interagieren. Diese Wechselwirkung erzeugt ein charakteristisches Muster aus unterschiedlichen Intensitäten. Damit lassen sich Oberflächen im mikroskopischen Maßstab modifizieren.

Lukas May ist bei 4Jet für die LEAF-Anlage verantwortlich. Er erklärt: „Wir erzeugen eine Textur aus 100 Mikrometer breiten und 50 Mikrometer tiefen Riblets. Diese hauchzarte Mikrostruktur bringen wir gleichmäßig in einen Flugzeugflügel mit gut 400 Quadratmetern Fläche ein." Die Bearbeitung des Lacks erfolgt daher nicht Punkt für Punkt, sondern in größeren Bahnen: Mit dem Laser strukturiert die Anlage jeweils Streifen von rund 15 bis 20 Zentimetern Breite. Innerhalb dieser sogenannten Lanes entsteht eine vollständig homogene Ribletstruktur.

An den Übergängen gibt es Versätze im Millimeterbereich, diese seien auf die große Fläche gesehen jedoch funktional unkritisch, sagt May: „Sonst müssten wir zweimal in einem Ribletn und da besteht die Gefahr, dass wir zu tief ins Material strukturieren eindringen. Darum gehen wir auf Nummer sicher. Wir können trotz dem effektiv fast 2.000 Riblets nebeneinander platzieren, dann haben wir eine Nahtstelle, die eben nicht ganz perfekt ist." Die im Vergleich zur klassischen Laserstrukturierung sehr große Tiefenschärfe von rund 20 Millimetern sorgt dafür, dass die Strukturierung auch auf nicht perfekt ebenen Flugzeugoberflächen zuverlässig und mit Geschwindigkeiten von bis zu einem Quadratmeter pro Minute funktioniert.

Wir sind uns im Klaren, dass es noch drei bis vier Jahre dauern wird, bis das kommerziell durch die Luft fliegt. Aber wir haben gezeigt, dass unser Verfahren funktioniert. Nun sind wir bereit für den nächsten Schritt.

Lukas May und Michiel Top von 4Jet.

CO2-Laser vs. CO2-Verbrauch

Damit dieses Vorgehen auch an großen Flugzeugen im Hangar funktioniert, braucht es eine flexible Anlage, die die Laser über den Flugzeugleib führt. 4Jet hat dafür ein sogenanntes Portal gebaut. Seine Abmessungen sind enorm: 10 Meter hoch und 20 Meter breit ist der Demonstrator, der in der Halle der Alsdorfer Firmenzentrale steht. Ausgelegt, um die Tragflächen eines Airbus A330 oder einer Boeing 777 zu bearbeiten. Die Anlage besteht aus Bewegungssystem, Laser, Spiegel, Interferenzoptik sowie Sensorik und Software. Strahlquelle ist der CO2-Laser TruFlow 5000. Er erfüllt die physikalischen Anforderungen des Verfahrens am besten.

Michiel Top erläutert: „Die Wellenlänge ist entscheidend – der CO2-Laser wird im Flugzeuglack besonders gut absorbiert und ermöglicht so eine präzise und materialschonende Strukturierung." Gleichzeitig muss der Laser eine hohe Kohärenz aufweisen, damit sich das notwendige Interferenzmuster, das durch die sich überlagernden Laserstrahlen entsteht, stabil ausbilden kann. Daher passte TRUMPF den TruFlow für den Einsatz bei 4Jet an, unter anderem durch eine spektrale Verengung des Strahls mit einem speziellen Gitter. „Beim CO2 Laser können wir allerdings kein Lichtkabel verwenden", erklärt May.

Durch die Größe des Portals ist der Weg des Strahls bis zur Flugzeughaut lang. Ein speziell entwickeltes Spiegelsystem bringt ihn dorthin. „Die Anlage selbst verwindet sich, darum arbeiten wir mit einer aktiven Nachführung. Das sind bewegliche Spiegel, die entsprechend nachgestellt werden." Trotz seiner Größe ist das System frei fahrbar. Ein Laserscanner erkennt die exakte Position von Flugzeug und Anlage.

Grundsätzlich ließe sich die Ribletstruktur auch auf das gesamte Flugzeug aufbringen. In der Praxis konzentriert sich 4Jet jedoch auf die aerodynamisch besonders relevanten Bereiche. Berechnungen zeigen, dass der Effekt vor allem an den Tragflächen am größten ist – dort, wo die Luftreibung besonders stark ins Gewicht fällt. Potenzielle Kunden wie Airlines seien von dem Verfahren begeistert, erzählt Top. Doch bis das LEAF-Team deren Flugzeuge mit einer Haifischhaut überzieht, wird es wohl noch ein bisschen dauern. „Wir suchen aktuell nach Partnern in der Luftfahrt, die diese Dienstleistung mit uns gemeinsam anbieten möchten", erklärt May. Dann braucht es noch die nötigen Zertifizierungen durch die zuständigen Luftfahrtbehörden. Das ist zeitintensiv. May und Top sind dennoch zuversichtlich: „Wir sind uns im Klaren, dass es noch drei bis vier Jahre dauern wird, bis das kommerziell durch die Luft fliegt. Aber wir haben gezeigt, dass unser Verfahren funktioniert. Nun sind wir bereit für den nächsten Schritt."

GABRIEL PANKOW
SPRECHER LASERTECHNIK