

Vom Vogelflügel zum Flugzeugflügel

Technik trifft Biologie (Top-down-Prozess)

Wie ein Vogel zu fliegen – das ist der alte Traum der Menschheit. Und mit diesem Traum begann die Geschichte der Bionik. Schon immer blickten Menschen sehnsüchtig zum Himmel und träumten davon, sich wie ein Vogel in die Lüfte erheben und fliegen zu können. Vögel waren die Vorbilder der ersten Flugzeugbauer und sind bis heute Inspiration für Innovationen im Flugzeugbau.

Auf ein Flugzeug wirken verschiedene Kräfte. Der Vortrieb, erzeugt von Triebwerken oder Propellern, überwindet beim Flug den Strömungswiderstand der Luft. Der Auftrieb, erzeugt von den Tragflächen, überwindet die Schwerkraft. Der Auftrieb eines Flugzeugs entsteht durch Unterdruck auf der Flügeloberseite und Überdruck auf der Flügelunterseite. An den Flügelenden stoßen diese unterschiedlichen Druckgebiete zusammen. Es bilden sich Randwirbel, die Energie verbrauchen. Hinter dem Flugzeug entsteht eine Wirbelschleppe. Der Strömungswiderstand steigt. Diese Randwirbel sind auch ein Grund warum auf Flughäfen die Flugzeuge bei Start und Landung eine bestimmte Zeit warten müssen, bevor die Start- bzw. Landebahn freigegeben wird.

Da ohne die Randwirbelbildung kein Auftrieb an der Tragfläche entsteht, kann man diese also auch nicht durch einen Trick verhindern. Die Ausbildung eines Randwirbels kostet Energie. Häufig findet man hierfür auch den Begriff „induzierter Widerstand“. Der Randwiderstand ist unter anderem abhängig vom Auftrieb, der Geschwindigkeit und vom Schlankheitsgrad der Flügel. Um den Randwiderstand zu verringern gibt es zwei elegante Lösung – den Schlankheitsgrad der Flügel erhöhen oder das Doppeldeckerprinzip.

Teilt man einen Flügel längs und ordnet die Teile nebeneinander an, dann verdoppelt sich die Spannweite (b) eines Flügels bei gleichbleibender Fläche. Da die Spannweite umgekehrt proportional mit dem Quadrat eingeht, wird der induzierte Widerstand (W_i) geviertelt.

Das ist die Lösung moderner Segelflugzeuge mit extrem langen schmalen Flügeln.

$$W_i \propto 1/b^2$$

$$\text{Segelflugzeug: } W_i \propto 1/(2b)^2 = 1/(4b^2) = 0,25/b^2$$

Teilt man wie beim Doppeldecker einen Flügel längs und ordnet die zwei Tragflächen übereinander an, generieren sie jeweils den halben Auftrieb. In die Berechnung des induzierten Widerstandes fließt der Auftrieb im Quadrat ein. Damit besitzt jeder Flügel nur noch ein Viertel des induzierten Widerstands. Beide Flügel zusammen gerechnet (Doppeldecker) haben ihren induzierten Widerstand halbiert.

$$W_i \propto A^2$$

$$\text{Doppeldecker: } W_i \propto (0,5A)^2 + (0,5A)^2 = 0,25A^2 + 0,25A^2 = 0,5A^2$$

Vorbild Natur: Handschwingen mit Mehrdeckerprinzip

Seevögel wie der Albatros reduzieren den durch Randwirbel verursachten induzierten Strömungswiderstand durch langgestreckte Flügel und schmale Flügelenden. Landvögel wie der Steinadler spreizen im Flug ihre Handschwingen auf. Der Trick: Es entstehen kleine Wirbel. Der induzierte Strömungswiderstand ist kleiner, da er vom Quadrat des Wirbeldurchmessers abhängt. Der Luftwiderstand des Vogels nimmt ab, er spart Energie. Technisch betrachtet ist Vogelflügel vom Flügelansatz bis zum Flügelrand ein auftriebsgünstiger Eindecker. Die Handschwingen am Flügelende sind widerstandsgünstige Mehrdecker. Bereits um 1920 hat Ludwig Prandtl gezeigt, dass die Mehrdecker einen verminderten induzierten Strömungswiderstand haben. Bei Flugzeugen wird dieses Prinzip in Form von Winglets realisiert.

Bionisches Produkt: Winglets

An der TU Berlin wurden im Windkanal Experimente mit einem Tragflügel durchgeführt, bei dem sich die Winglets einzeln einstellen ließen. Zur Optimierung wurde die Evolutionsstrategie eingesetzt. Startpunkt war eine

planare Anordnung. Über viele Generationen wurden durch zufällige Änderung der Abstände und Winkel der einzelnen Flügelenden zueinander Nachkommen erzeugt und jene Individuen ausgelesen, die das Optimierungskriterium am besten erfüllen. Es entstand ein Multiwinglet, der im Vergleich zum Rechteckflügel, eine verbesserte Gleitzahl (ein Maß für die aerodynamische Güte) von 11 % hatte. Bei Verkehrsflugzeugen werden heute bereits einfache Winglets verwendet. An Segelfliegern wurden erste Prototypen für den Einsatz von Multiwinglets getestet.

Informationen im www:

- www.bionik.tu-berlin.de