

Ziel der vorgelegten Arbeit ist die experimentelle und numerische Untersuchung flexibler Tragflügelprofile die nach dem Vorbild der belebten Natur entworfen wurden. Für variierende Anströmbedingungen soll sich der Tragflügel jeweils in eine strömungsgünstigere Konfiguration verformen (Adaption).

Durch die Entschlüsselung der in der Natur vorkommenden Lösungen für Vortrieb und die Anwendung des mechanischen Systems des Flossenstrahleffektes wurde ein symmetrisches autoadaptives Tragflügelprofil entworfen, welches anstatt durch kontrollierte Deformation der Außenkontur allein durch die Art und Weise der inneren Mechanik in Verbindung mit der flexiblen Hülle eine Strömungs-angepasste Verformung aufweist (Auto-Adaption).

Ausgehend von einer symmetrischen Startkontur (NACA0016) aus gebogenen Polycarbonatplatten, wird das Profil durch die jeweilige Druckverteilung innerhalb der Strömung verformt. Die Art der mechanischen Anbindung (Position und Festigkeit) wird hinsichtlich des Einflusses auf das Gesamtverformungsverhalten bei unterschiedlichen Anströmbedingungen (Anstellwinkel, Anströmgeschwindigkeit) systematisch untersucht.

Im Experiment wurden neben der Verschiebungsmessung jeder Flügelkonfiguration auch lokale Geschwindigkeitsmessungen (LDA) durchgeführt.

Das vorgeschlagene mechanische System ist in der Lage den Flossenschlageffekt abzubilden und erzeugt variierende Außenkonturen für veränderliche Anströmbedingungen. Je nach Art der mechanischen Formulierung wurden unterschiedliche Endkonturen erreicht.

Es konnte ein numerisches Modell der Fluid-Struktur-Interaktion des Tragflügels entworfen und mit gewonnenen Messdaten verglichen werden. Es wurden detaillierte Parameterstudien am numerischen Modell durchgeführt.

Ein Vergleich zwischen Experiment und Numerik zeigt, dass das generelle Verformungsverhalten, wie auch die Variation der Mechanik zufriedenstellend abgebildet werden konnte.

Das Verformungsverhalten des Tragflügels ist neben den Materialeigenschaften der Tragflügelober- und -unterseite von der Steganordnung im Bereich der Hinterkante dominiert. Auch die Art der Hinterkantenanbindung (gelenkig oder fest) hat deutlichen Einfluss auf die Endverformung für einen Betriebspunkt.

The aim of the described research is the examination of nature-inspired flexible and internally structured foils by conducting practical and numerical experiments.

For varying flow conditions the outer contour of a given foil needs to be changed to result in a flow-adaptive contour (adaption), which at the same time is optimized for the given flow around the foil. By imitating natural methods for propulsion and studying mechanical systems from fishes (fin rays), the so called fin-ray-effect is used to create a symmetrical auto-adaptive foil. Instead of varying the shape externally, the bionic principle states to have the body itself transforming its outer contour (auto-adaption).

The inner structure equips a given foil contour with an "intelligent mechanism" and enables it to react to variable flow conditions without additional control or regulation. Starting in a symmetrical configuration (NACA 0016) made out of polycarbonate sheets, the foil is deformed by the resulting pressure distribution around the circumference depending on the internal structure. The topology (number and type of coupling) of the internal structures is systematically examined with respect to the impact on the "system-reaction" for changing flow characteristics (AoA, mean stream velocity). Several numerical setups for the computational fluid dynamics (CFD) and structural mechanics (CSM/FEM) are tested and compared with respect to boundary conditions, mesh sensitivity and mechanical properties, resulting in a fully coupled fluid-structure-interaction (FSI) calculation using commercial software (ANSYS, ANSYS CFX). In the experimental setup LDA measurements are carried out to gain insight into the local velocity distribution around the deformed foil, whereas the total deformation is determined photometrically at several positions along the foil to compare against numerical results.

The proposed mechanical system is capable of reproducing the fin-ray-effect and was tested for varying AoA and inflow velocities. The suggested prototype showed differences in curvature and displacement when changing the internal topology of the fin rays.

For the same setup numerical experiments were carried out in order to validate the numerical procedure. It has been found that the numerical setup is capable of reproducing major trends of the interaction between the proposed system and the surrounding flow field, but reveals differences when being checked against local deformations.

The overall deformation and behavior is driven by the mechanical formulation in the foil tip section.