

Kombination Turbulenter und Laminarer Strömungskontrolle an Flügelprofilen

Georg Fahland

DLRK 31.08. - 02.09.2021

Es werden aktuelle Forschungsstände zum Thema turbulente Strömungskontrolle an Flügelprofilen vorgestellt. Der besondere Fokus der derzeitigen Arbeiten liegt auf der Kombination der turbulenten Strömungskontrolle des homogenen Ausblasens mit laminarer Strömungskontrolle, v.a. Hybrid Laminar Flow Control (HLFC). Beide Techniken beruhen auf einem Massenstrom durch die umströmte Oberfläche, um die Grenzschichteigenschaften zu beeinflussen. In vorausgegangenen Arbeiten konnten beide Techniken in ihrem jeweiligen Regime Effizienzsteigerungen aufzeigen, wobei jedoch v.a. technische Herausforderungen bei der Umsetzung sowie die Frage des Energieverbrauchs zur Überwindung von Druckunterschieden ausschlaggebend für die Leistungssteigerung sind. Aus Sicht der technischen Herausforderungen sind beide Systeme nahezu identisch, aus Sicht des Energieverbrauchs können sie u.U. sogar voneinander profitieren. In ersten Vorstudien zur Machbarkeit wurde zunächst die Frage untersucht, unter welchen Bedingungen eine Integration der turbulenten Strömungskontrolle in ein Profil, das für HLFC ausgelegt ist, aerodynamisch sinnvoll umgesetzt werden kann.

Es hat sich gezeigt, dass das Ausblasen in die turbulente Grenzschicht der Druckseite für sich genommen leistungssteigernd ist, was v.a. für gewölbte und dünne Profile gilt. HLFC Profile weisen i.d.R. dazu passende Eigenschaften auf. Zusätzlich existiert für moderate Anstellwinkel ein Bereich turbulenter Druckanstiegs auf der Druckseite der Profile, der für eine Ausblaseregion in Frage kommt, ohne die Bereiche laminarer Grenzschicht am Profil zu beeinträchtigen. Auf Basis der Reibungsreduzierung dieser turbulenten Grenzschicht, der Widerstandsreduktion durch die Quellwirkung der turbulenten Ausblasung und der Energieersparnis der Laminarabsaugung durch den geringeren Druckunterschied für den daraus resultierenden Absaugmassenstrom ergibt sich das Effizienzsteigerungspotential der kombinierten Grenzschichtkontrolle. Zur Zeit der Verfassung dieses Abstracts liegen erste RANS-Ergebnisse aus zwei Parameterstudien vor, die u.a. die in Abbildung 1 dargestellte Konfiguration behandeln. Die Ergebnisse bestätigen die ersten Überlegungen, zeigen jedoch auch, dass es noch Optimierungspotential hin zu einer besseren Abstimmung der Grenzschichtkontrollen und Profilgeometrie gibt. Die Konfiguration in Abbildung 1 weist leichte aerodynamische Verbesserung im mittleren c_A -Bereich ($c_A = 0.5$, $\Delta c_d = -3.5\%$) gegenüber dem reinen Absaugefall auf. Die Gesamtsystemeffizienz ist für dieses Beispiel jedoch nahezu unverändert, was durch die internen Verluste aufgrund der hohen Ausblasegeschwindigkeit dieser Konfiguration verursacht wird.

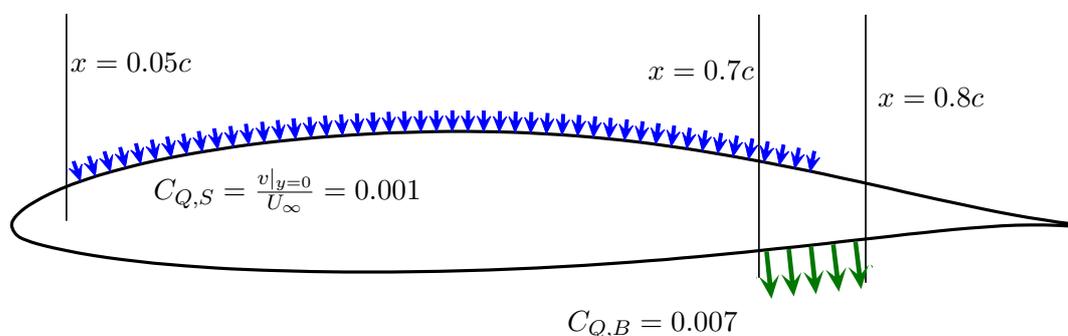


Abbildung 1: Eine der untersuchten kombinierten Strömungskontrollen. Blau: Absaugung zur Laminarhaltung auf der Saugseite, Grün: Ausblasen im Bereich turbulenter Grenzschicht auf der Druckseite