

# Variable Profile der Sc-Serie (Morphing Airfoils)

Dipl.-Ing.(FH) Kapt.(AG) Wolf Scheuermann

Forschungskontor  
Hamburg 2015

Eine Anfrage gab Anlaß zu untersuchen, ob die Profile der Sc-Serie oder wenigstens Modelle von ihnen variabel gestaltet werden können. Das ist wohl der Fall.

Die Sc-Profilserie sind als starre Profile für langsamfliegende Nurflügelflugzeuge entworfen. Da Nurflügelflugzeuge schwanzlos sind, also keine Höhenflosse haben, muß die Stabilität um die Querachse durch Nullmomentenprofile (auch Reflex-Profile oder S-Schlag-Profile genannt) erzielt werden.

Das optimale Profil ist Sc715. Aufgrund der Berechnung mittels meromorpher Funktionen ist das Profil als Profil mit S-Schlag momentenfrei und die Strömung extrem gutmütig. Die Wölbung mit 7% der Profiltiefe (die 7 in Sc715) ist nicht übertrieben und die Dicke mit 15% (die 15 in Sc715) groß genug, aber nicht zu groß.

Eine ganze Profilserie ist nach demselben Schema berechnet:

## Wölbung 4 % Dicke

Sc412	12 %
Sc413	13 %
Sc414	14 %
Sc416	16 %
Sc418	18 %

## Wölbung 5 % Dicke

Sc512	12 %
Sc514	14 %
Sc516	16 %
Sc518	18 %

## Wölbung 6 % Dicke

Sc612	12 %
Sc614	14 %
Sc616	16 %
Sc618	18 %

Wölbung 7 %	Dicke
Sc712	12 %
Sc714	14 %
Sc715	15 %
Sc716	16 %
Sc718	18 %

Wölbung 8 %	Dicke
Sc812	12 %
Sc814	14 %
Sc816	16 %
Sc818	18 %

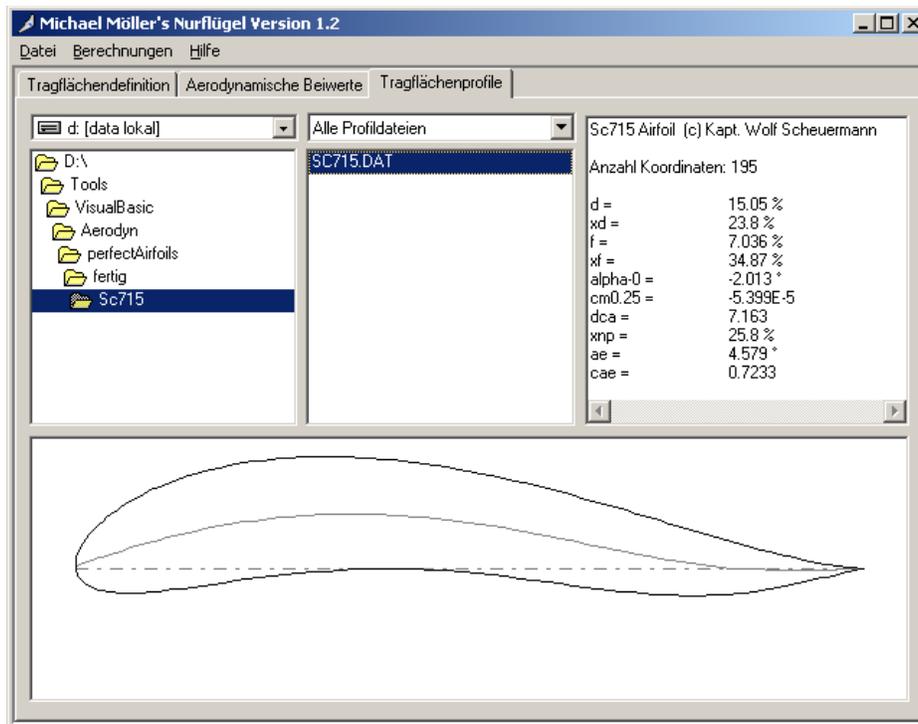
Zwar sind das alles starre Nullmomentenprofile, es lassen sich daran aber einige Gemeinsamkeiten entdecken, die für Morphing-Profile, die diesen Profilen nahekommen, genutzt werden könnten.

Folgende Eigenschaften können ggf. zum Bau von Morphing-Profilen verwendet werden:

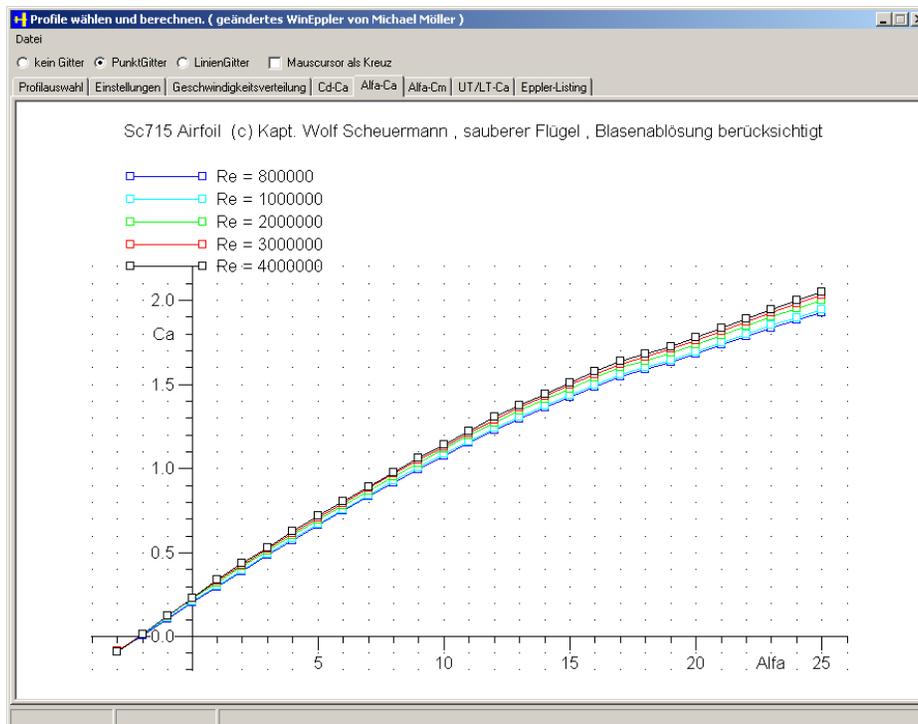
- Alle Sc-Profile haben eine starre Verbindungslinie (Sehne) von der Nasenspitze bis zur Hinterkante, welche die Länge des Profils (100%) definiert.
- Die Profilnase ist bis zu einer Länge von 14% der Profillänge symmetrisch zur Verbindungslinie, aber um die Nasenspitze drehbar, wenn das Profil eine Wölbung hat. Obwohl die Profilkontur durch eine zweistufige Transformation des Einheitskreises in der komplexen Zahlenebene mittels zweier konformer, analytischer, komplexzahliger Funktionen bei richtiger Wahl der Parameter als geschlossene Kurve erzeugt wird, ist die Form der Profilnase sehr gut durch eine Parabel wie bei den NACA-Profilen anzunähern, wobei die größte Profildicke bei 23% liegt. Bei 14% ist die Dicke des Profils etwa einen Prozentpunkt geringer als die maximale Dicke.
- Die Hinterkante wird durch ein zur Sehne symmetrisches Dreieck von 15% Länge dargestellt. Dieses Dreieck kann man sich als starr mit der Verbindungslinie zur Vorderkante verbunden denken. Die Basis des Dreiecks ist halb so lang wie die Profildicke.
- Die eigentliche Centerline des Profils wird vorne durch die Mittellinie der drehbaren Profilnase gebildet, zum anderen durch eine Art Kreisbogen oder Parabel fortgesetzt, die bei 80% auf die Sehne trifft. Die maximale Ablage dieses Bogens von der Sehne beträgt einen Prozentpunkt mehr als die Wölbung des Profils.
- Die Kontur des Profils verläuft symmetrisch zur Centerline entsprechend der Dickenverteilung.

Diese Eigenschaften werden durch die folgenden Bilder am Modell des Profils Sc715 illustriert:

## Aerodynamische Eigenschaftung des Profils Sc715:



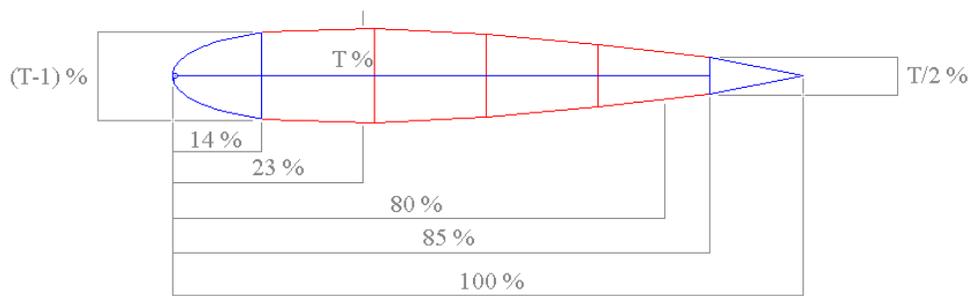
## Polare des Profils Sc715:



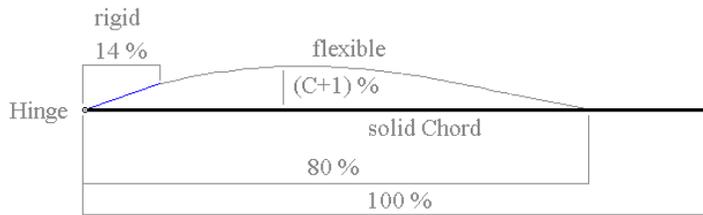
# Morphing Airfoil of the ScCTT - Series

C: Camber [%]  
T: Thickness [%]

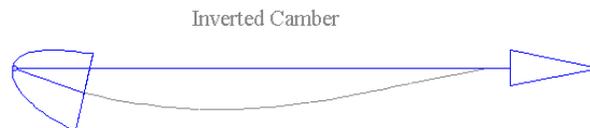
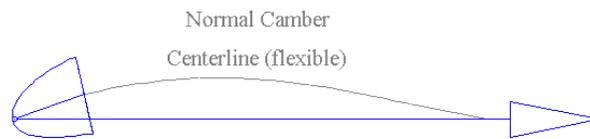
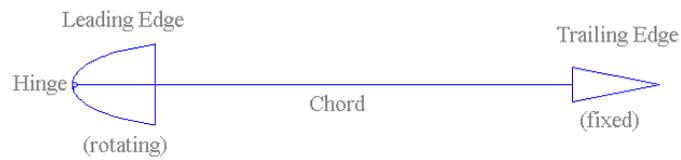
e.g.: Sc715: airfoil Sc-series, 7% camber, 15% thickness in percentage of the chord length



## Centerline



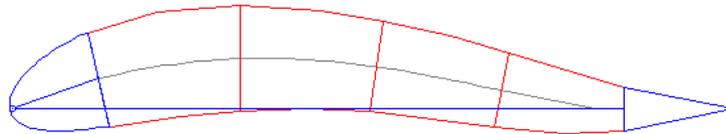
## Structural Elements of Morphing Airfoil



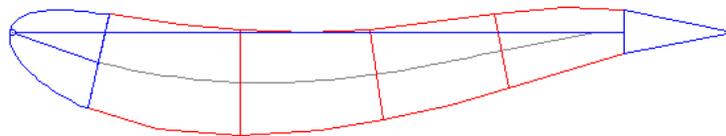
Airfoil Sc715



Morphing Model of Airfoil Sc715



Inverted Position



Eventuell läßt sich ein entsprechendes Morphing-Profil mit zwei Zuständen folgendermaßen bauen:

Die Sehne mit dem Dreieck der Hinterkante und dem Gelenk für die Profilnase dient als starre, tragende Struktur. Die entsprechend der gewünschten Dicke geformte Profilnase ist mit der Centerline verbunden, die elastisch ausgebildet ist, ggf. durch Federelemente. Diese flexible Mittellinie ist bei 80% mit der Sehne verbunden.

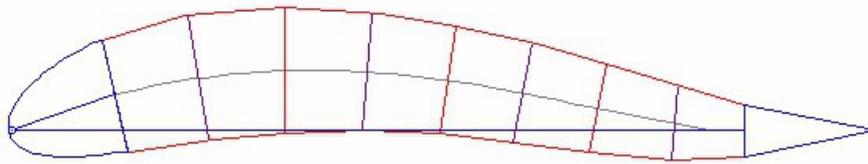
Durch die entsprechende Rotation der Profilnase um einen bestimmten Winkel wird die gewünschte Wölbung eingestellt. Spanten, welche die Profilkontur stützen sind in geeigneten Abständen zwischen die Federelemente der Centerline eingebaut. Die Profilkontur selbst wird durch ein elastisches Material, z.B. EPDM, gebildet.

Das Morphing kann durch die Rotation der Profilnase auf die andere Seite der Sehne geschehen. Dabei sollte die flexible Mittellinie automatisch mit umklappen und das Profil in die invertierte Form bringen.

Morphing-Profile könnten auch für Schwingenflügler (Ornithopter) interessant sein.

Die reale Ausführung des Morphing-Profils sollte tatsächlich eher so

Morphing Model of Airfoil Sc715



statt so aussehen um die Formtreue besser zu bewahren.



Das folgende Bild zeigt die Umströmung und Druckverteilung am Profil Sc715:

