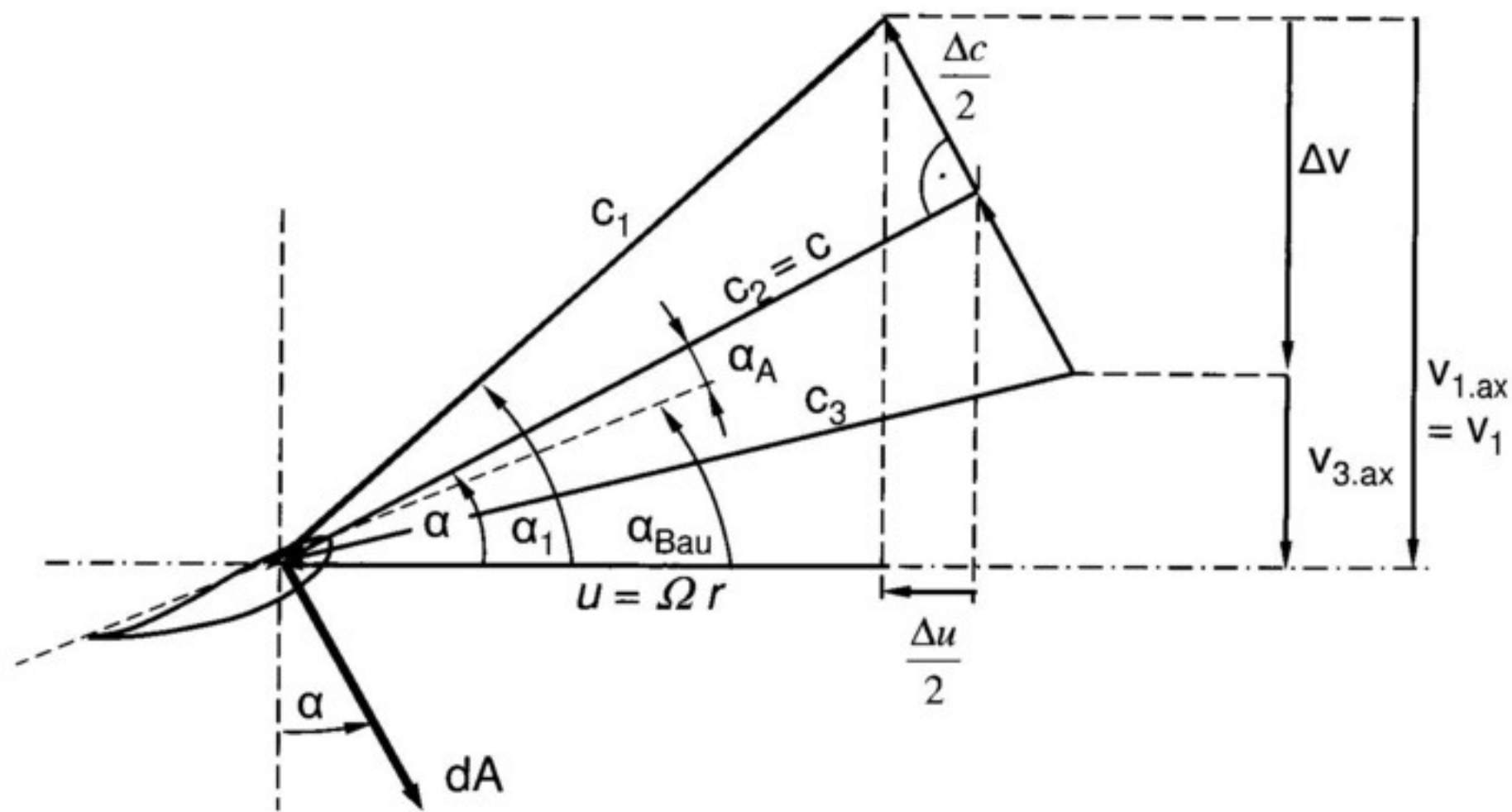




Erweiterte Iteration

Das Iterationsverfahren lautet nun unter Berücksichtigung von ungenutzten Luftmassen, von Glauerts empirischer Formel für die Randumströmung und Profilwiderstand:

- 1) Startwert: $\alpha = \alpha_1$,
- 2) Grenzwinkel des Anströmwinkels:

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{z \cdot \sqrt{1 - (r/R)^2}}{2 \cdot \pi \cdot (r/R)} \quad \text{für } \lambda < \lambda_A$$

$$\sin \alpha_{\min} = \sin\left(\frac{2}{3} \cdot \alpha_1\right) \quad \text{für } \lambda > \lambda_A$$

- 3) Mit diesem α : $\alpha_A = \alpha - \alpha_{\text{Bau}} \rightarrow c_A(\alpha_A)$ und $c_W(\alpha_A)$
aus Profilkennlinie

und Abkürzung: $x = \sin \alpha$

- 4) Überprüfung:

Wenn $x < \sin \alpha_{\min}$, dann Modifikation nach Glauert:

$$\text{Setze } x = \frac{1}{4} \cdot \sin\left(\frac{2}{3} \cdot \alpha_1\right) \cdot \sqrt{9 - 2 \cdot y^2 + 9 \cdot y^4} \quad \text{mit } y = \frac{\sin \alpha}{\sin((2/3)\alpha_1)}$$

Wenn $x > \sin \alpha_{\max}$, dann Modifikation nach Prandtl:

setze $x = \sin \alpha_{\max}$

- 5) Berechnung:

$$f = t \cdot c_A(\alpha_A) - \left(\frac{8 \cdot \pi \cdot r}{z} \cdot x + t \cdot c_W(\alpha_A) \right) \cdot \tan(\alpha_1 - \alpha)$$

- 6) Prüfung :

Wenn $f > 0$ ist, müssen wir α verringern und wieder zu 3) gehen.

Wenn $f < 0$ ist, müssen wir α vergrößern und wieder zu 3) gehen.

So kreisen wir den Anströmwinkel α ein, bis das Residuum $f = 0$ [m] ist. Die Aerodynamik wird wieder zur Nullstellensuche.

Meist ist es rechentechnisch sinnvoll, ein angemessenes Abbruchkriterium für f in der Schleife vorzugeben. Aufgrund der Profiltiefe t und des Radius r ist f jedoch dimensionsbehaftet, weiterhin nimmt die Profiltiefe mit steigendem Radius beim Schnellläufer stark ab. Daher kann nicht dasselbe Kriterium f (z.B. $f \leq 0,002$ m) für den gesamten Flügel gelten, da es an der Flügelspitze zwar passt aber in der Nähe der Flügelwurzel bei einer Profiltiefe von bis zu 4 m unterhalb der Fertigungstoleranzen liegt. Um dem abzuhelpen sollte daher bei der Programmierung die Gl. (6.23) in eine dimensionslose Form überführt werden, indem sie durch die Profiltiefe t geteilt wird, und so ein für den gesamten Flügel geltendes prozentuales Abbruchkriterium f/t gesetzt kann.

r = der Abstand von der Rotorwelle, [m]

R = der Aussenradius des Flügels, [m]

z = die Flügelzahl des Rotors, Anzahl Rotorblätter.

$\pi = 3,1415926\dots\dots$

α_1 = Anströmwinkel weit vor der Windkraftanlage, [°]

α_{Bau} = Einbauwinkel, Verwindung, d.h. Winkel zwischen Rotorebene und Flügelprofil, [°].

α_A = der Anstellwinkel, [°].

α = der Anströmwinkel, [°].

c_A = der Auftriebsbeiwert, [Dimensionslos].

c_W = der Widerstandsbeiwert, [Dimensionslos].

t = die Flügeltiefe, [m].