

Geschwindigkeiten am Blattelement einer VAWT

Vertikalachswindturbine

Bezeichnungen

R Abstand von der Rotorachse

ϕ Umfangswinkel gegenüber der x -Achse

α Anstellwinkel

Ω Winkelgeschwindigkeit

v_1 Windgeschwindigkeit

v_r Relativgeschwindigkeit

Vertikalachswindturbine

- Berechnen Sie den Anstellwinkel α in Abhängigkeit der Schnelllaufzahl, des Umfangswinkels und der Umfangsgeschwindigkeit
- Wie groß ist der maximale Anstellwinkel?
- Wie groß muss die Schnelllaufzahl sein, damit der maximale Winkel nicht oberhalb des Ablösewinkels liegt?

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - \phi \implies \alpha + \beta = \phi \implies \alpha = \phi - \beta$$

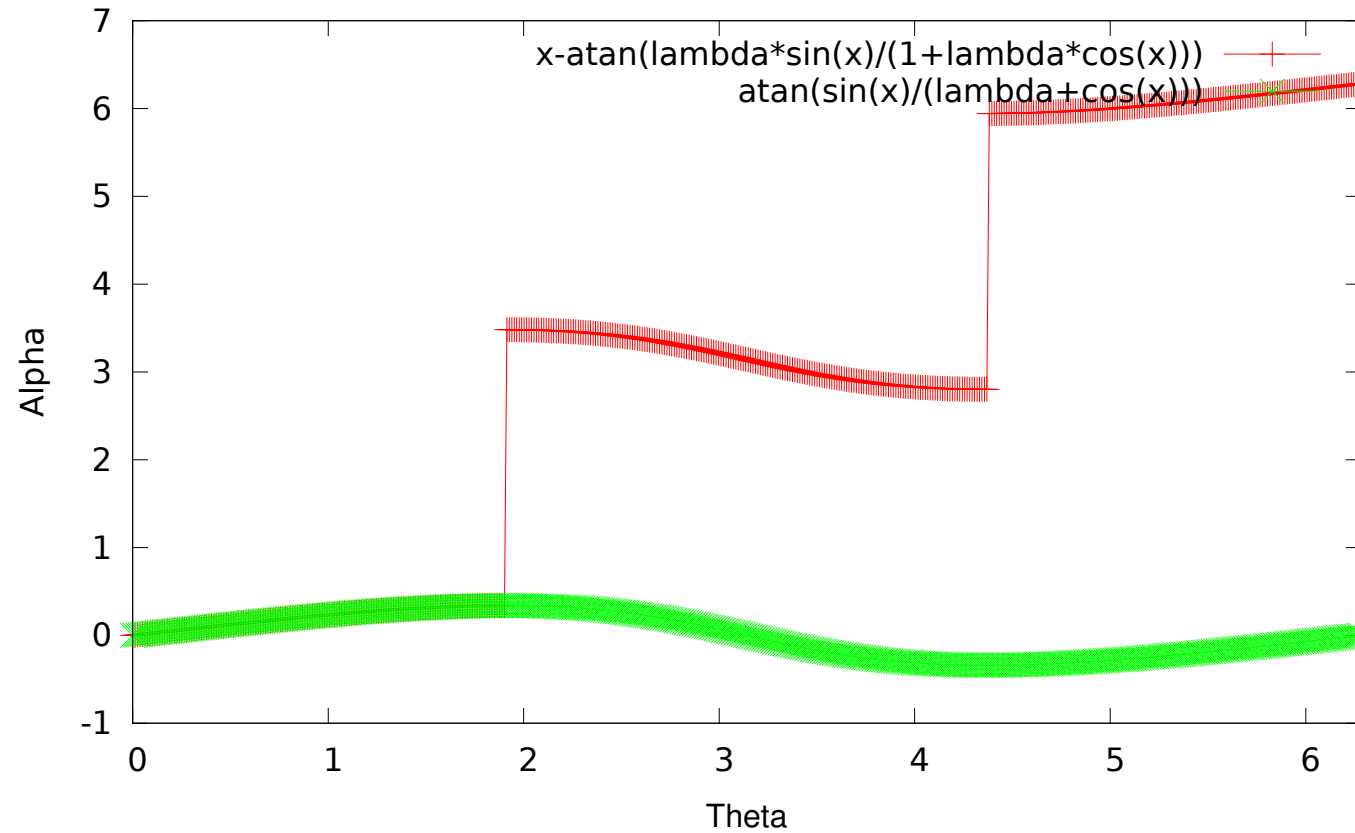
$$\beta = \operatorname{atan} \frac{R\Omega \sin \phi}{v_1 + R\Omega \cos \phi} = \operatorname{atan} \frac{\sin \phi}{1/\lambda + \cos \phi}$$

$$\implies \alpha = \phi - \operatorname{atan} \frac{\sin \phi}{1/\lambda + \cos \phi}$$

anderer Weg

$$\alpha = \operatorname{atan} \frac{u_w \sin \phi}{u_w \cos \phi + \Omega R} = \operatorname{atan} \frac{\sin \phi}{\cos \phi + \lambda}$$

Vertikalachswindturbine



Anstellwinkel am Blattelement einer VAWT

Vertikalachswindturbine

erste Ableitung Nullsetzen

$$\alpha' = \frac{1}{1 + \frac{\sin^2 \phi}{(\cos \phi + \lambda)^2}} \frac{\cos \phi (\lambda + \cos \phi) + \sin \phi (\sin \phi)}{(\lambda + \cos \phi)^2}$$

Der Zähler muss Null sein

$$\cos \phi (\lambda + \cos \phi) + \sin \phi^2 = 0$$

$$\cos \phi (\lambda + \cos \phi) + (1 - \cos \phi^2) = 0$$

$$-\lambda \cos \phi = 1 \implies \cos \phi = -\frac{1}{\lambda}$$

$$\implies \tan \alpha_{max} = \frac{\sqrt{1 - \frac{1}{\lambda^2}}}{\lambda - \frac{1}{\lambda}}$$

Vertikalachswindturbine

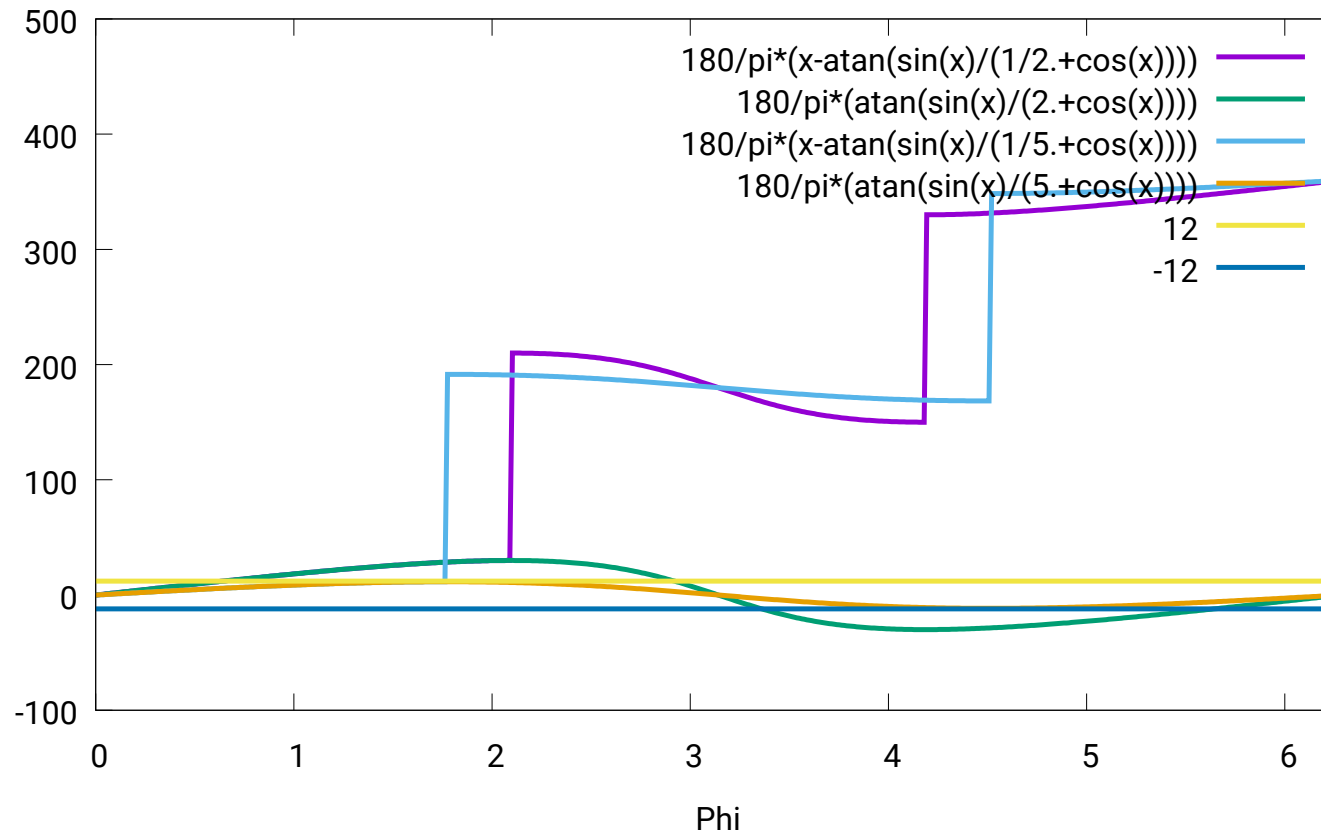
Wie groß muss λ sein?

$$\tan \alpha_{max} = \frac{\sqrt{1 - \frac{1}{\lambda^2}}}{\lambda - \frac{1}{\lambda}} \implies \tan^2 \alpha_{max} = \frac{1 - \frac{1}{\lambda^2}}{\lambda^2 - 2 + \frac{1}{\lambda^2}}$$

$$\tan^2 \alpha_{max} = \frac{\lambda^2 - 1}{\lambda^4 - 2\lambda^2 + 1} = \frac{\lambda^2 - 1}{(\lambda^2 - 1)^2} = \frac{1}{\lambda^2 - 1}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{1}{\tan^2 \alpha_{max}} + 1} = \frac{1}{\sin \alpha_{max}}$$

Vertikalachswindturbine



Anstellwinkel am Blattelement einer VAWT ($\lambda = 2, \lambda = 5$)