

Rezension zum Buch

Aerodynamics of Wind Turbines
Second Edition
Martin O. L. Hansen
EARTHSCAN-Verlag
London • Sterling, VA

Positiv:

1. Einführung von Induktionsfaktoren¹ (S.25 ff), axial: $a \quad a \cdot V_0 = V_x$

Dabei ist:

V_0 Windgeschwindigkeit

V_x Geschwindigkeit hinter dem Rotor

2. Beachtung einer Strahldrehung, in Abhängigkeit vom axialen Induktionsfaktor und der radialen Position des Blattelementes auf dem Flügel.

$V_{rel,2}$ tatsächliche Anströmung, mit größerer Länge und flacherem Twist-Winkel.

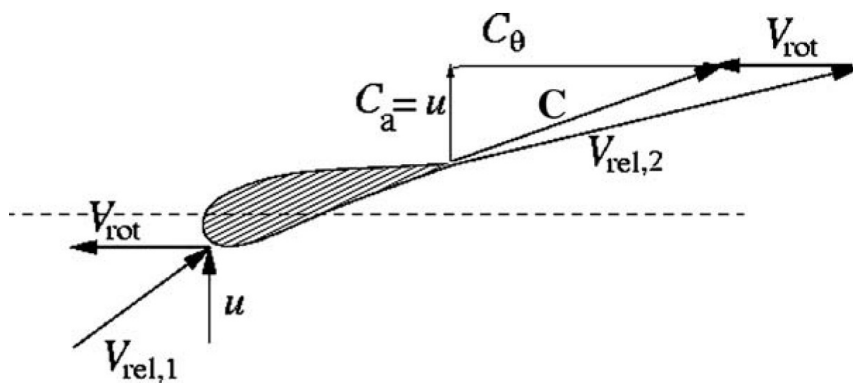


Figure 4.8 The velocity triangle for a section of the rotor

C_Φ ist der Geschw.-Anteil durch Strahldrehung (im betrachteten Blattelement)

Anmerkungen:

Eigentlich wird der Gegenwind am Blatt mit u vektoriell verknüpft. C_{rot} anstelle V_{rot} in Gegenrichtung antragen. Weiterhin C_Φ und C_{rot} vertauschen und in richtiges Längenverhältnis setzen. Vektoraddition dann korrekt.

Grober Fehler: $C_a \neq u$, denn Windgeschwindigkeit durch Flügelwirkung abgenommen.

$C_a = f(a)$, bei max $C_p = 1/3 \cdot u$ an Flügelende.

3. 8-Schritt-Algorithmus zur Berechnung von a und a' auf S. 50 bedenkenswert.

4. Berücksichtigung einer Schräganströmung durch verzögerte Gierbewegung (S. 85 ff)

¹ gemäß Blattelement-Moment-Methode (BEM)

Negativ:

1. Spärliche Gliederungstiefe, im Inhaltsverzeichnis nur Hauptüberschriften
2. Fehler bei der Vektoraddition, z.B. im Bild 4.8. Kommentar unter 2. auf S. 1.
3. Es wird auf S. 83 darauf hin gewiesen, dass Randwirbelverluste z.B. nach Prandtl nicht beachtet wurden. Obwohl diese bezüglich aerodyn. Widerstände eines Flügels den Hauptanteil bilden, hat man es im gesamten Buch nicht für nötig erachtet, entsprechend zu reagieren.
Auch ist es fraglich, ob sich die Flügelgeometrie nur im Bereich der Blattspitzen ändern würde.
Dass, je nach Flügelgestaltung, auch im Nabenbereich Randwirbel auftreten können, ist völlig unterschlagen worden.

Allerdings muss angemerkt werden, dass auch andere Autoren keine zündende Idee haben, die Flügel diesen Sachverhalten an zu passen, insbes. dem Verlust der Profile an C_a durch Energieabfluss über die Randwirbel.

4. Manchmal ungeordnet: Was hat z.B. die Ermittlung der Jahresenergie in der klassischen BEM zu suchen?

Allgemein:

Auch Hansen hat heraus gefunden, dass es sinnvoll ist, $v_{\text{Rotor}} = \frac{1}{2} * (v_w - v_3)$ zu setzen (Gl. 4.11) (Froude-Rankinesches Theorem),

auch, dass C_p maximal wird, wenn v_w um $\frac{2}{3}$ abgebremst wird (S. 32) (Betzsche Erkenntnisse)

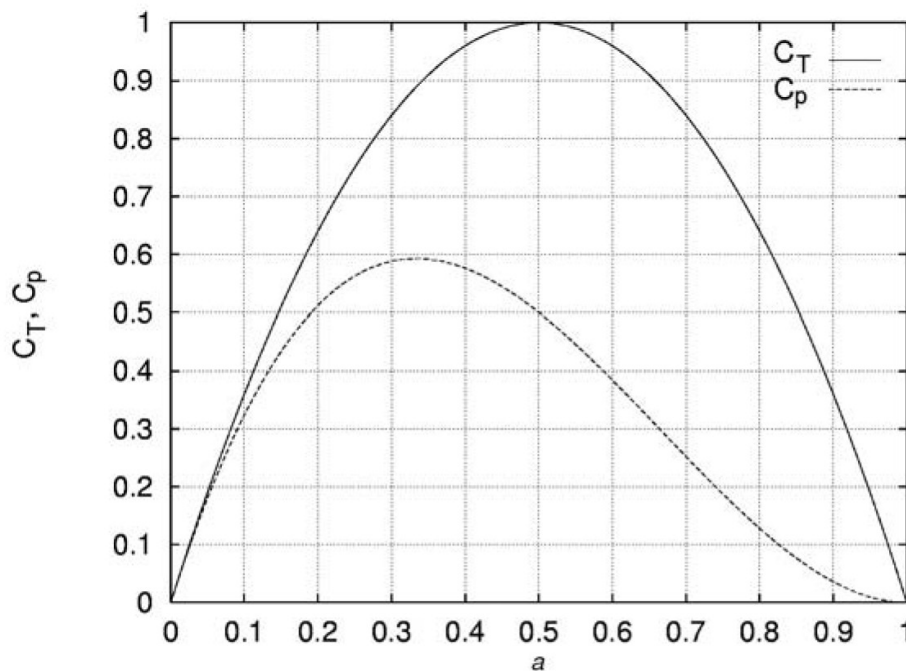


Figure 4.4 The power and thrust coefficients C_p and C_T as a function of the axial induction factor a for an ideal horizontal-axis wind turbine

Bezieht sich auf den Nachlauf!

T ist der Achsialschub in N

Optimum Pitch-Winkel und normierte Blattbreiten (S. 82 f) sind gleich der Berechnung nach Schmitz, wie das farbige EXCEL-sheet zeigt (Spalten L und O).

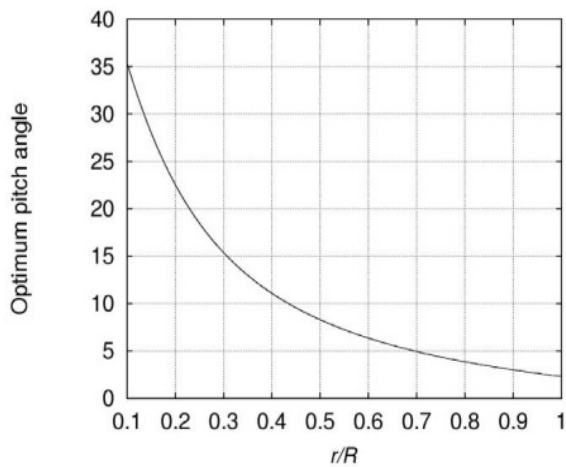


Figure 8.3 Optimum pitch distribution (neglecting Prandtl's tip loss factor) for $\lambda = 6$, $\alpha_{opt} = 4$, $C_{l,opt} = 0.8$, $C_{d,opt} = 0.012$ and $B = 3$

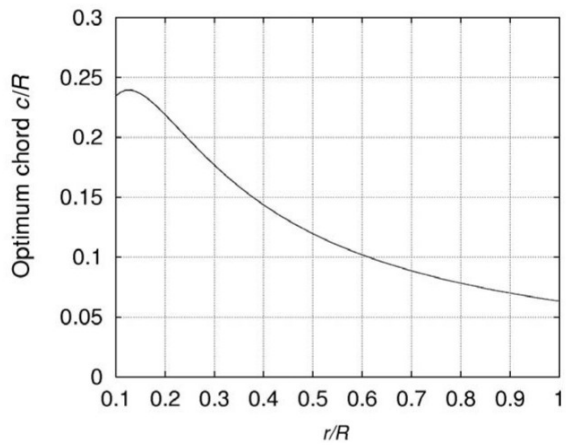
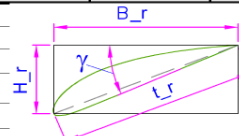


Figure 8.4 Optimum chord distribution (neglecting Prandtl's tip loss factor) for $\lambda = 6$, $\alpha_{opt} = 4$, $C_{l,opt} = 0.8$, $C_{d,opt} = 0.012$ and $B = 3$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Auslegung														
2															
3	λ	6	Schnellaufzahl					Eingabefelder sind: gelb							
4	\varnothing in m	2,00	Rotor- \varnothing	R in m	1,00			handkorrigierte Werte sind: rot							
5	Z	3	Blattanzahl												
6															
7					Anström-Winkel		Profil	Anstell-Winkel		Gleit-zahl		Einbau-Winkel	Profilbreite		
8	r/R	λ_r	r	α_i	α	α		β	c_a	k	c_w	$\gamma = \alpha - \beta$	t_r Näherung Betz (5.37)	t_r Schmitz (5.63)	tr/r
9	-	-	mm	°	°	°		°	-	-	-	°	mm	mm	
10	1	6,0	1000,0	9,5	6,3	0,11	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	2,31	64,6	63,4	0,06
11	0,9	5,4	900,0	10,5	7,0	0,12	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	2,99	71,8	70,1	0,07
12	0,8	4,8	800,0	11,8	7,8	0,14	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	3,85	80,8	78,4	0,08
13	0,7	4,2	700,0	13,4	8,9	0,16	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	4,93	92,3	88,8	0,09
14	0,6	3,6	600,0	15,5	10,3	0,18	NACA 63-415	4,0	0,800	61,5	0,013	6,35	107,7	102,2	0,10
15	0,5	3,0	500,0	18,4	12,3	0,21	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	8,29	129,3	120,0	0,12
16	0,4	2,4	400,0	22,6	15,1	0,26	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	11,08	161,6	144,2	0,14
17	0,3	1,8	300,0	29,1	19,4	0,34	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	15,37	215,5	177,8	0,18
18	0,2	1,2	200,0	39,8	26,5	0,46	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	22,54	323,2	220,7	0,22
19	0,1	0,6	100,0	59,0	39,4	0,69	NACA 63-415	4,0	0,800		0,013	35,36		237,5	0,24



Bei Berechnung nach Schmitz² gleiche Werte für Pitchwinkel und relative Blattbreite

² nach Gasch „Windkraftanlagen“ 1996