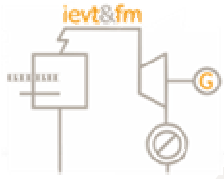


Aufbaumodul Windenergie

Grundlagen

Prof. Dr.-Ing. Stefan Beer

Beer, S.

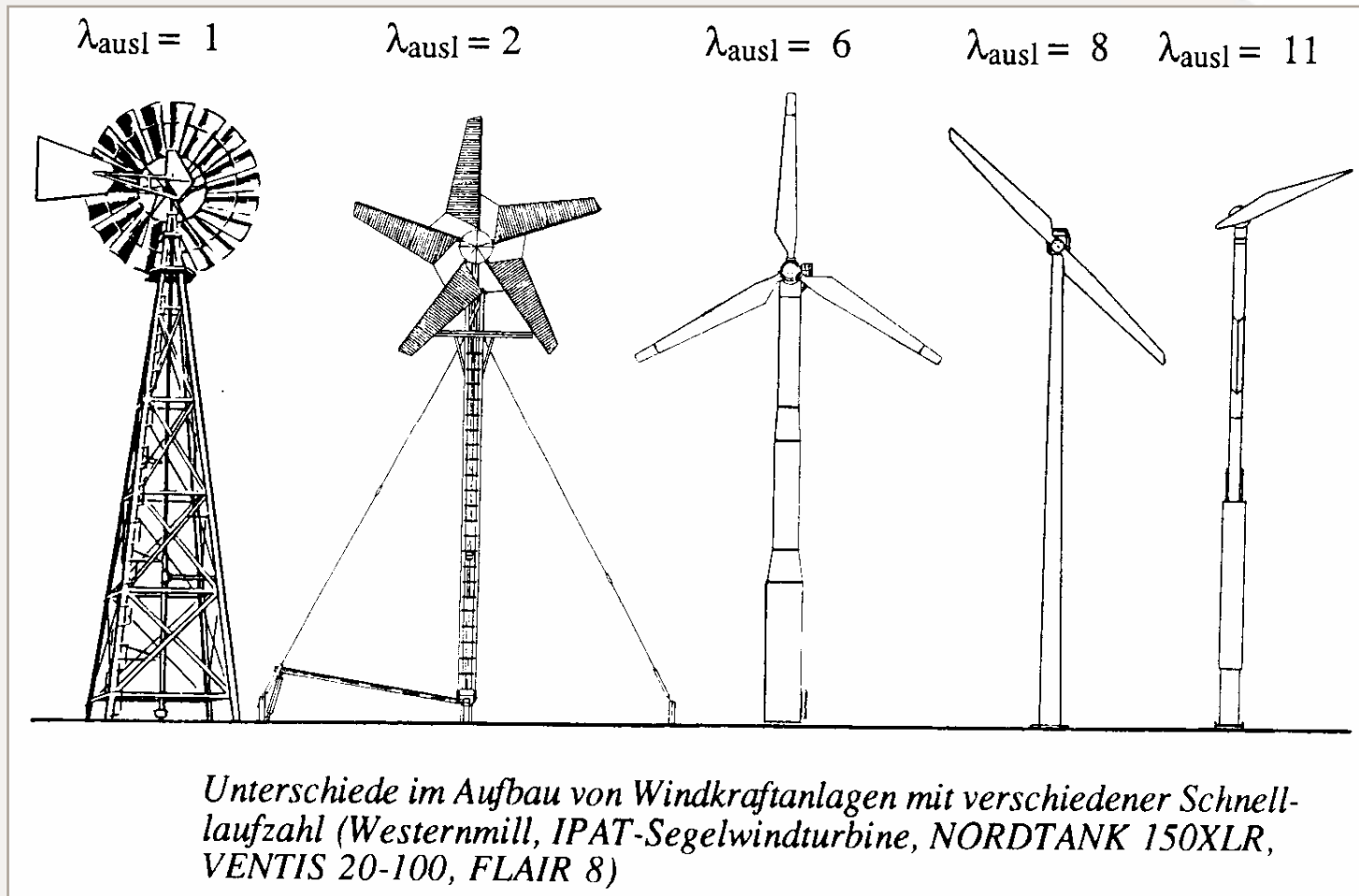


Inhalt

- Unterschiedliche Typen von WKA
- Aufbau
- Wind
- Leistung, Drehmoment und Schub
- Anlagenkennlinie
- Energiewandlung

Beer, S.

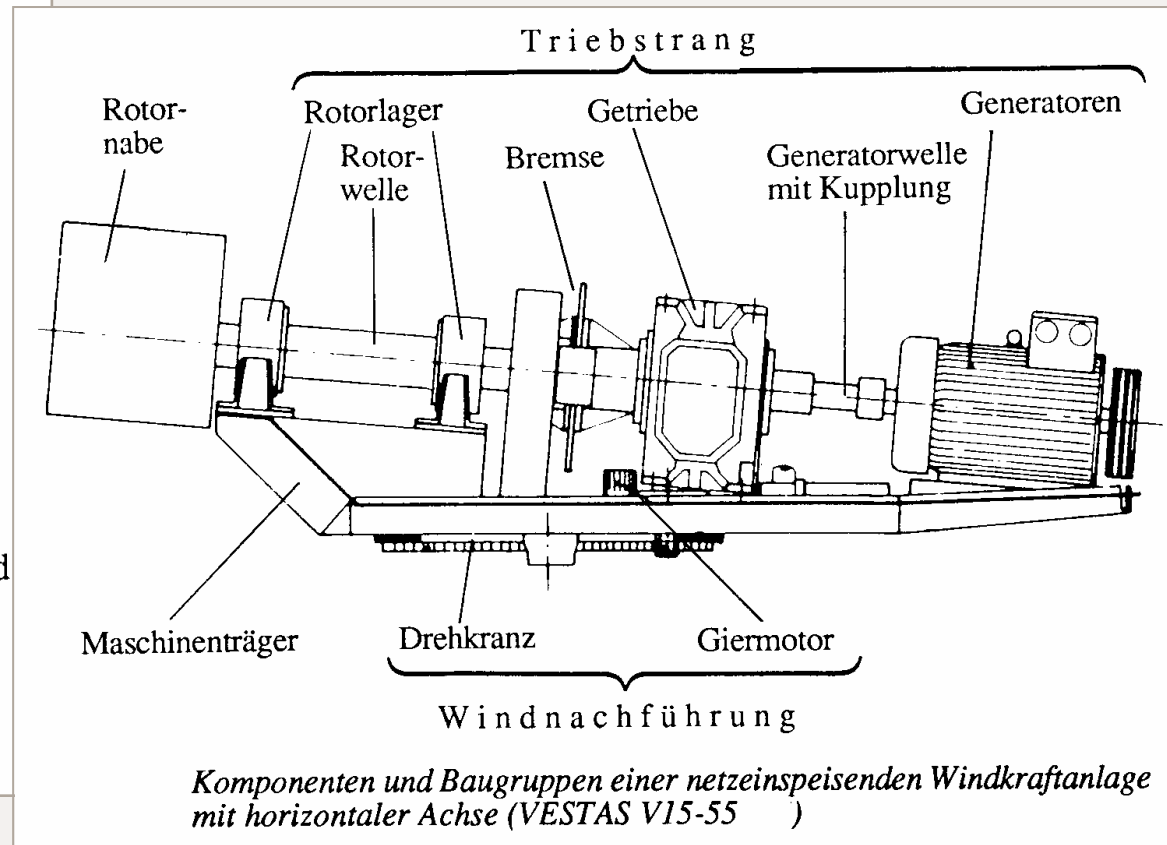
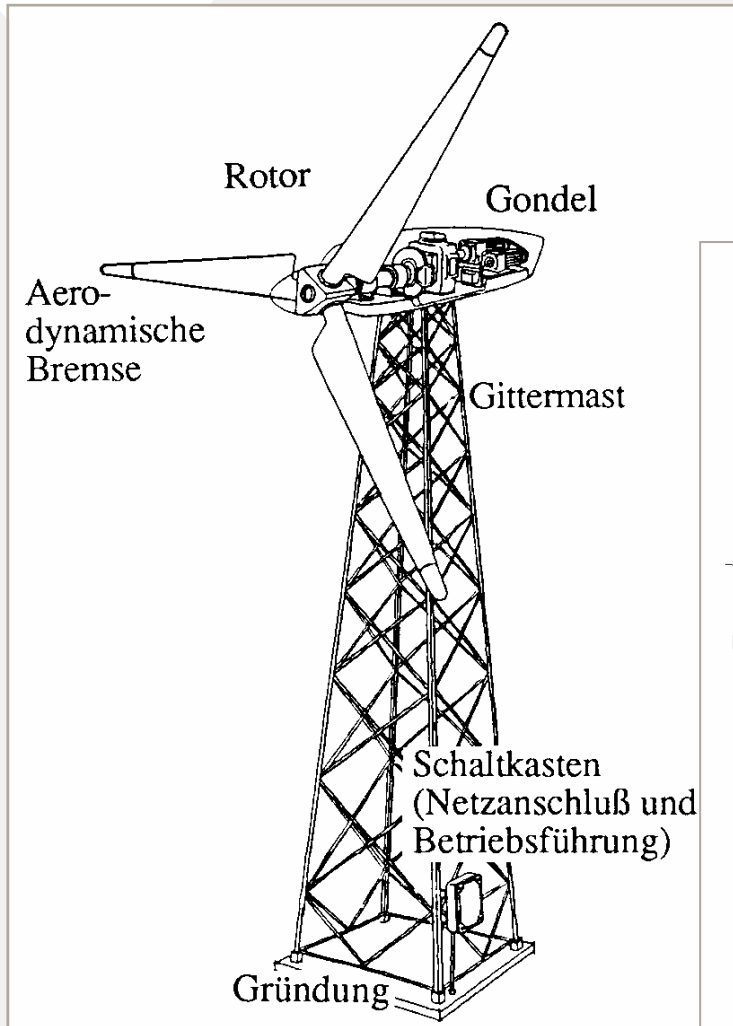
Unterschiedliche Typen



Beer, S.

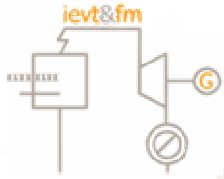
Quelle: Gasch: Windkraftanlagen

Technischer Aufbau

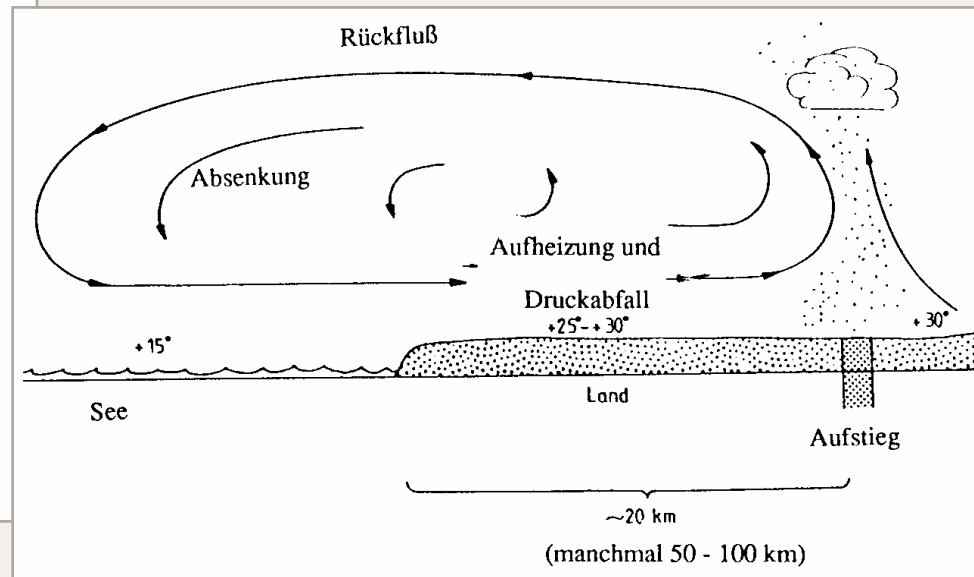
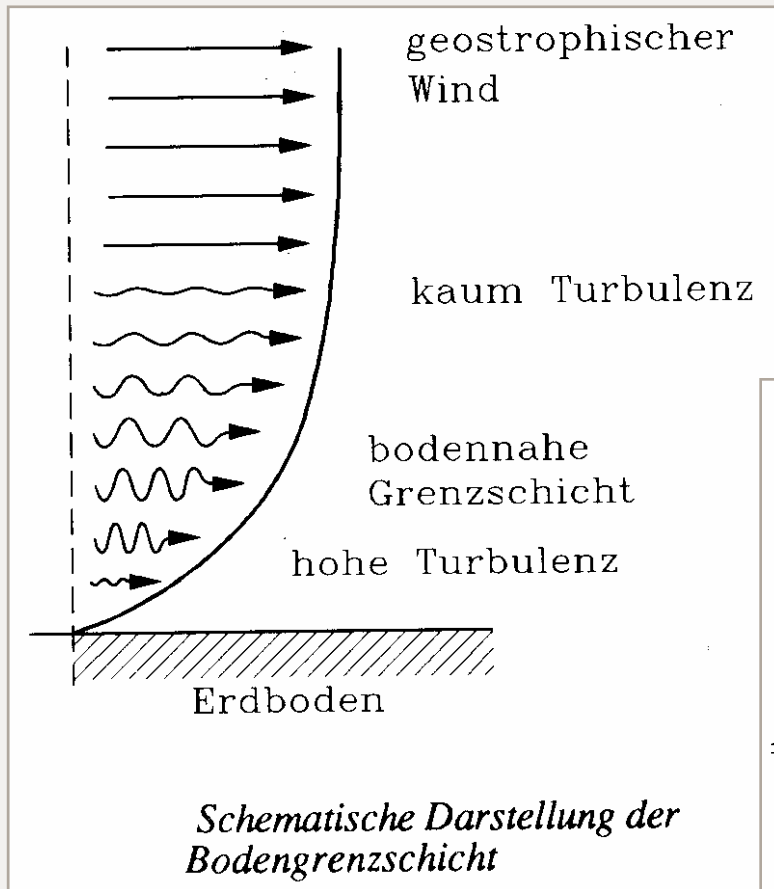


Beer, S.

Quelle: Gasch: Windkraftanlagen

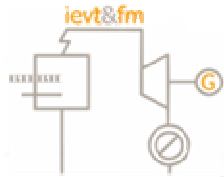


Charakterisierung von Wind



Beer, S.

Quelle: Gasch: Windkraftanlagen



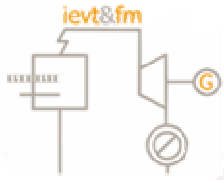
Charakterisierung von Wind

Windstärke nach Beaufort	Geschwindigkeit in m/s	Auswirkungen des Windes im Binnenland	Auswirkungen des Windes auf See
0 Windstille	0 - 0,2	Rauch steigt gerade empor	Spiegelglatte See
1 leichter Zug	0,3 - 1,5	Windrichtung nur durch Rauch erkennbar	Schuppenförmige Kräuselwellen
2 leichte Brise	1,6 - 3,3	Wind im Gesicht fühlbar, Blätter säuseln	Kurze, kleine Wellen, Kämme brechen sich nicht
3 schwache Brise	3,4 - 5,4	Blätter und dünne Zweige bewegen sich	Kämme beginnen sich zu brechen, Schaum meist glasig
4 mäßige Brise	5,5 - 7,9	Bewegt Zweige und dünne Äste, hebt Staub	Noch kleine Wellen, aber vielfach weiße Schaumköpfe
5 frische Brise	8,0 - 10,7	kleine Bäume beginnen zu schwanken	Mäßig lange Wellen mit Schaumkämmen
6 starker Wind	10,8 - 13,8	Pfeifen an Drahtleitungen	Bildung großer Wellen (2,5-4 m) beginnt, größere Schaumflächen
7 steifer Wind	13,9 - 17,1	Fühlbare Hemmung beim Gehen	See türmt sich, Schaumstreifen in Windrichtung
8 stürmischer Wind	17,2 - 20,7	Bricht Zweige von den Bäumen, erschwert erheblich das Gehen	Hohe Wellenberge (über 7 m), Gipfel beginnen zu verwehen
9 Sturm	20,8 - 24,4	Kleinere Schäden an Häusern und Dächern	Dichte Schaumstreifen, Rollen der See, Gischt verweht
10 schwerer Sturm	24,5 - 28,4	Entwurzelte Bäume, bedeutende Schäden	Sehr hohe Wellenberge, See weiß durch Schaum
11 orkanartiger Sturm	28,5 - 32,6	Verbreitete schwere Sturmschäden (sehr selten)	Außergewöhnlich hohe Wellenberge Kämme überall zu Gischt verweht
12 Orkan	über 32,7	-----	Luft mit Schaum und Gischt angefüllt, keine Fernsicht mehr

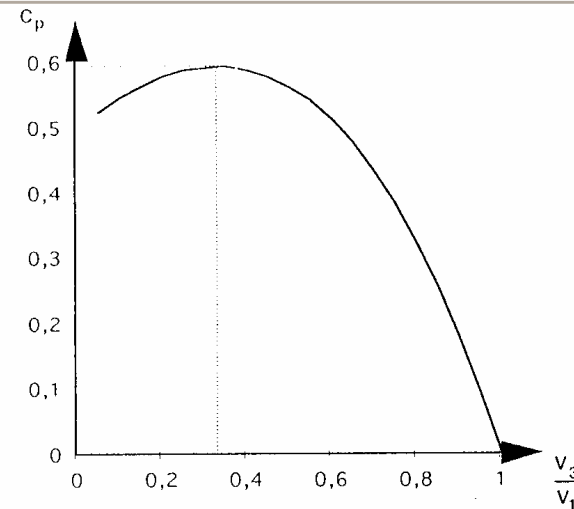
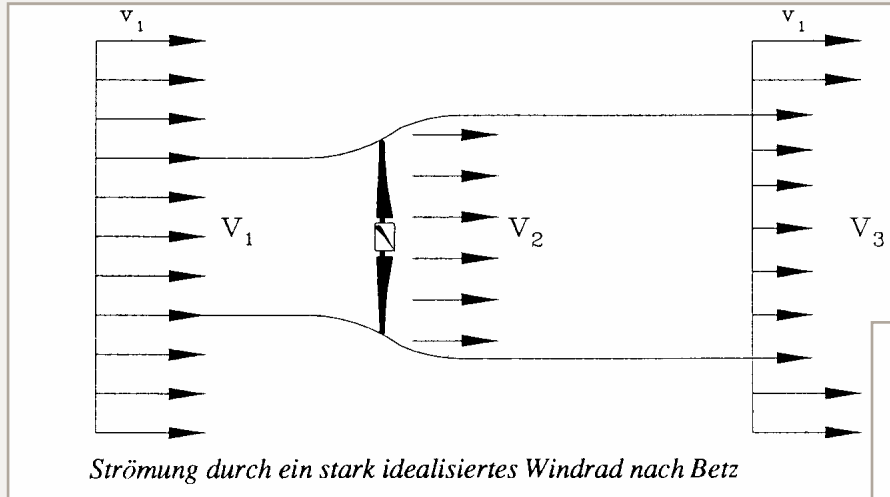
Windstärkeskala

Die erste und letzte Spalte dieser Tabelle führte der englische Admiral Beaufort 1806 ein. Mit seinen Aussagen lassen sich Windstärken auf dem offenen Meer beschreiben. Später wurde die den Seeverhältnissen entsprechenden Beobachtungen für das Land hinzugefügt (Spalte 3). Heute wird meist die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe gemessen und in m/s angegeben (Spalte 2).

Quelle: Gasch: Windkraftanlagen



Leistung, Drehmoment und Schub



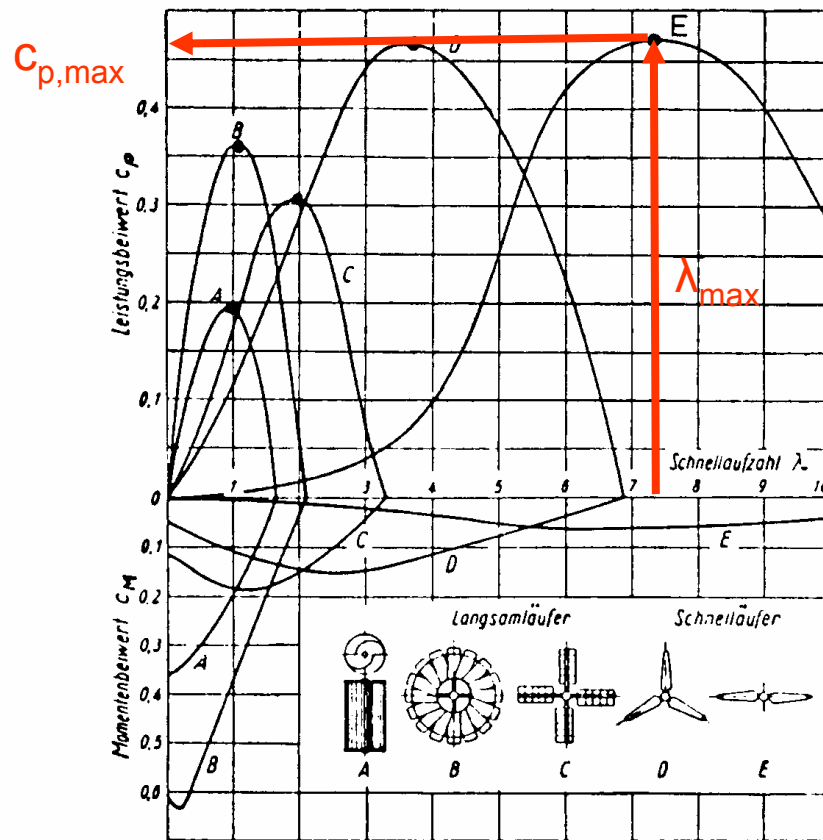
Leistungsbeiwert c_p in Abhängigkeit von dem Verhältnis Windgeschwindigkeit v_3 weit hinter dem Windrad zur Windgeschwindigkeit v_1 vor dem Rad $c_{p,max} = 0,59$ bei $v_3/v_1 = 1/3$

Der maximal erreichbare Leistungsbeiwert $c_{p,Betz}$ beträgt

$$c_{p,Betz} = \frac{16}{27} = 0,59$$

Quelle: Gasch: Windkraftanlagen

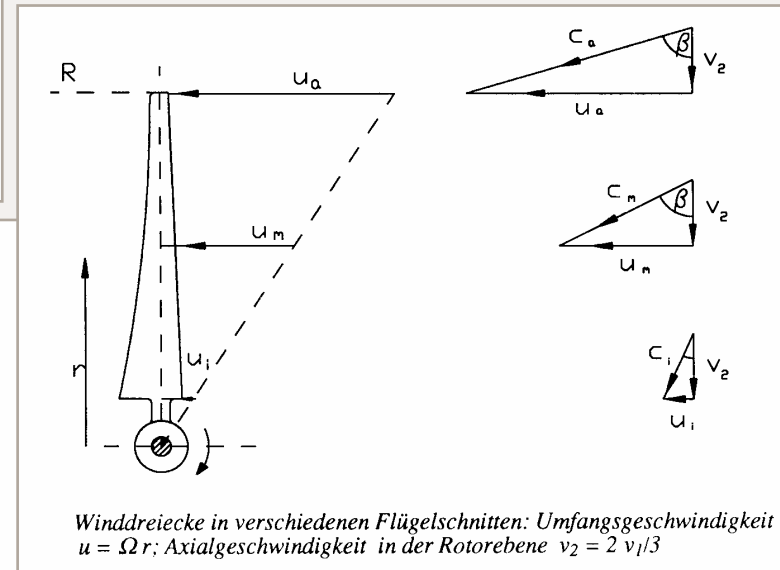
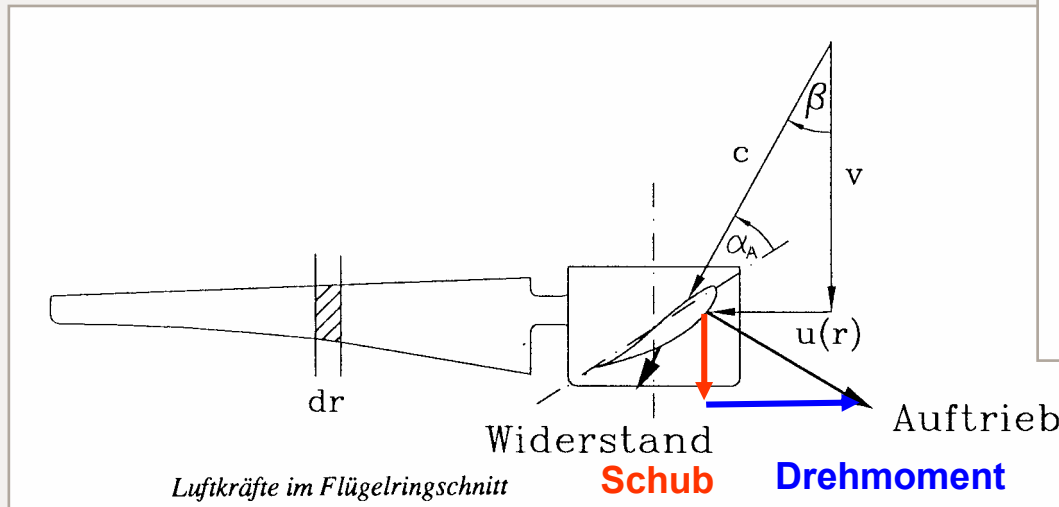
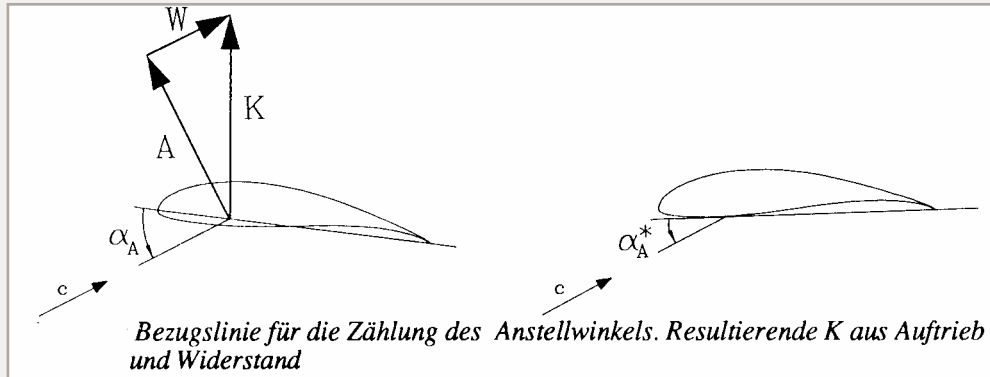
Leistung, Drehmoment und Schub



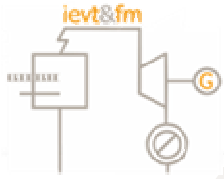
Leistungs- und Momentenbeiwerte von Windrädern verschiedener Bauart und Schnellaufzahl (nach Fateev)

Quelle: Gasch: Windkraftanlagen

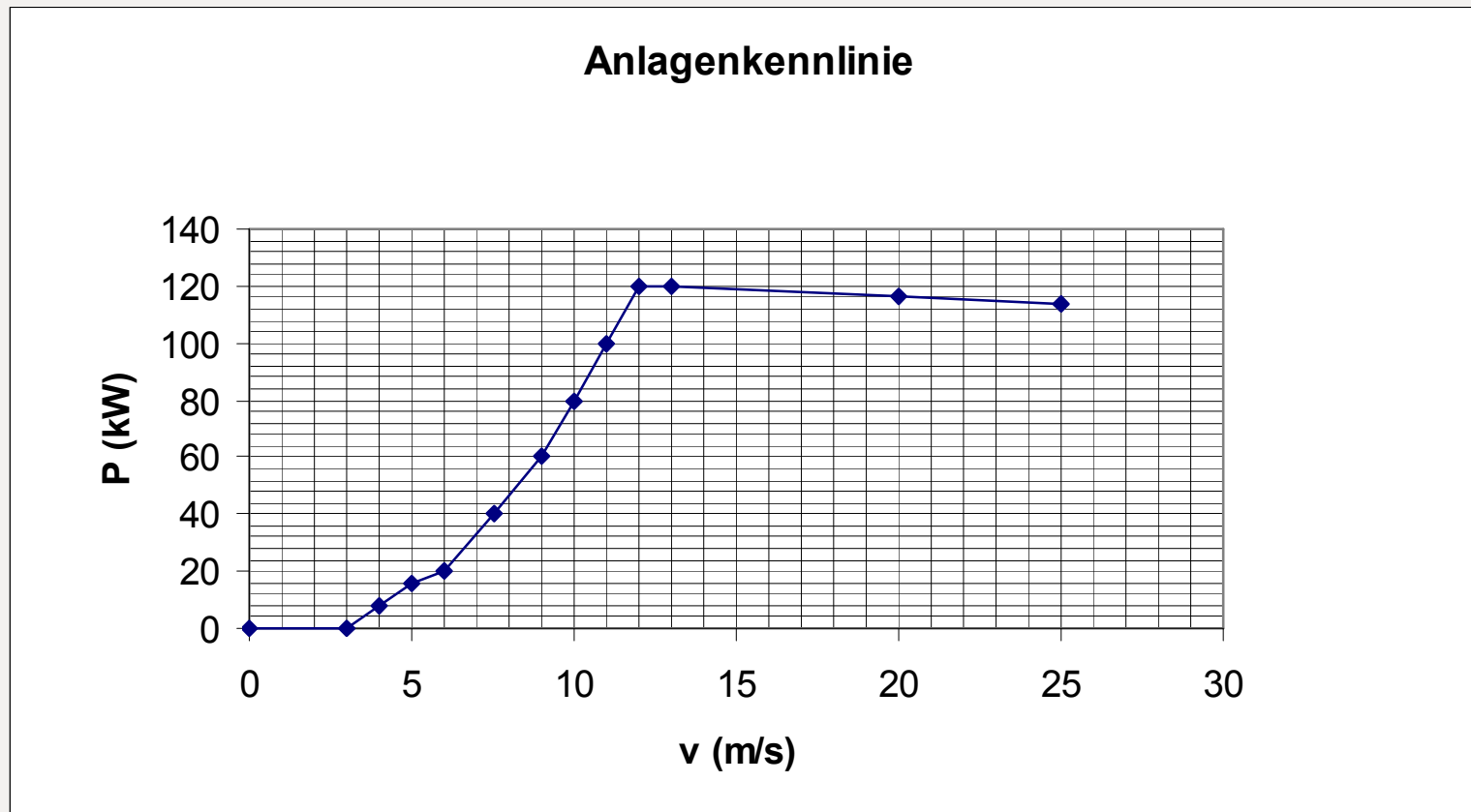
Leistung, Drehmoment und Schub



Quelle: Gasch: Windkraftanlagen



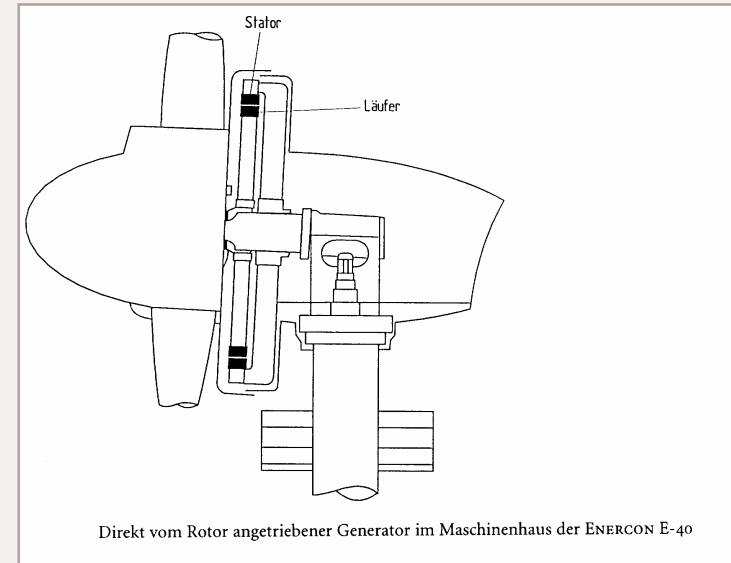
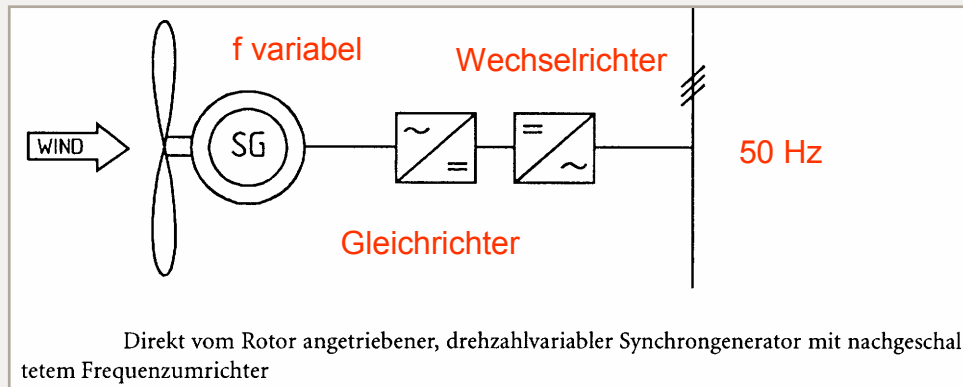
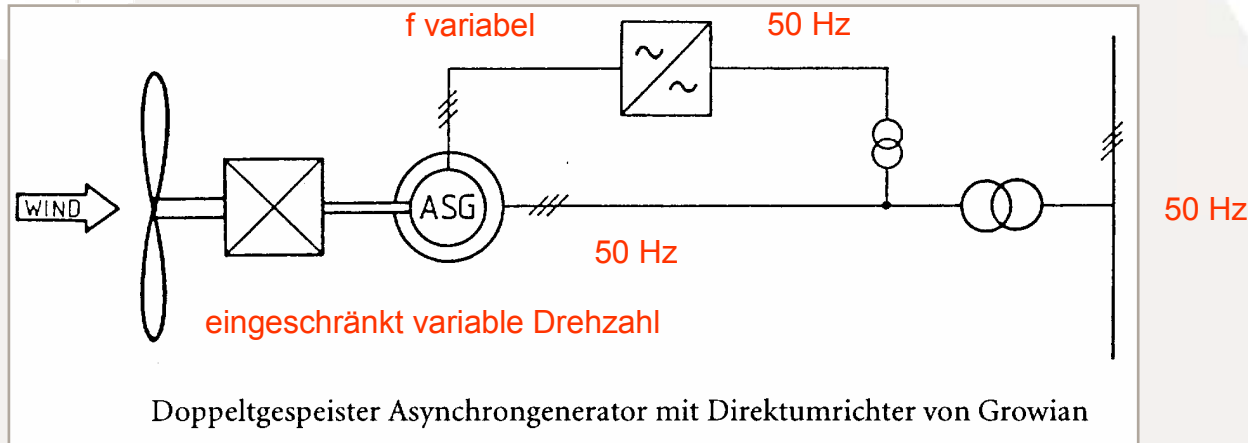
Leistung, Drehmoment und Schub



Quelle: Südwind³Beer, S.

Energiewandlung

FU ca. 30 % der Leistung



Beer, S.

Quelle: Gasch: Windkraftanlagen