

vliegers en windkracht

Als we een vlieger willen oplaten, kijken we vaak met een half oog naar de lucht om windkracht en windrichting te bepalen. We kunnen ook naar het weerbericht luisteren en daar de benodigde gegevens bijeen proberen te sprokelen. We horen dan over een "matige tot vrij krachtige wind" en, als het echt technisch wordt, ook nog over "windkracht vier tot vijf". De heel slimmen onder ons herinneren zich dan nog een artikel over windkracht in VLIEGER nr. 3/82 en vinden dan dat "windkracht vier tot vijf" (op de schaal van Beaufort) overeenkomt met een windsnelheid van 5,7 m/sec tot 9,8 m/sec of 11 tot 19 knopen.

Wat beginnen we met deze wetenschap? Eigenlijk is het niet meer dan een geheugensteuntje voor de ervaren vliegers, die weten dan dat bij dat getal (hun) vlieger-type A behoort en (hun) touw B. Vliegers zonder zoveel ervaring moeten eerst enkele vliegers aan flarden naar beneden zien dwarrelen of in de verte zien verdwijnen op weg naar een nieuwe eigenaar, voor zij ook iets met het weerbericht kunnen doen. Toch is dat laatste niet noodzakelijk als we ons een wat dieper over deze getallen buigen. Eerst maar eens de mededelingen van het weerbericht.

De mededeling betreffende de "matige tot vrij krachtige wind" is niet de persoonlijke interpretatie van de nieuwslezer die op de fiets, met moeite en tegenwind, nog juist de studio heeft kunnen halen. De informatie is, in tegendeel, officieel vastgelegd en gerelateerd aan de schaal van Beaufort. Ook de windsnelheid in knopen heeft een heel eenvoudig verband met de snelheid in km/uur en m/sec. Een knoop is n.l. een zeemijl per uur, dus 1,8 kilometer per uur of $1800/3600 = 0,5$ m per sec. De heer Beaufort, een Engelse admiraal, heeft omstreeks 1808 een tabel ingevoerd waarbij de windsnelheid wordt ingedeeld in twaalf klassen. Elke klasse hield verband met eenvoudig waar te nemen verschijnselen als, het bewegen van de takken van de bomen, het opwaaien van dode bladeren enz. Vooral had elke klasse echter te maken met de uitwerking van de wind op een volgetuig oorlogsschip. Omdat de Engelsen een zeevarend volk waren (vandaar "zeemijlen en knopen") werd deze schaal snel over de wereld verspreid en ook hier in Nederland ingevoerd.

De knopen, de Beauforten en de opwaaiende bladeren kunnen we gemakkelijk onderbrengen in een tabel, waarmee in de al eerder genoemde "VLIEGER" uitgave al een begin is gemaakt. We krijgen dan het volgende overzicht:

Tabel 1.

Beaufort klasse	windsnelheid			benaming KNMI (wind)	uitwerking op de omgeving
	knopen (kn)	km/uur (ca)	m/sec		
0	< 1	< 2	< 0,5	windstil	rook stijgt vrijwel recht omhoog
1	1-3	2-5	0,5-1,5) zwakke) rook geeft de windrichting aan
2	4-6	7-11	2-3		
3	7-10	13-18	3,5-5) matige) bladeren en twijgjes bewegen
4	11-16	20-29	5,6-8		
5	17-21	31-38	8,5-11,5	vrij krachtige	kleine bomen zwaaien
6	22-27	40-49	11-13,5	krachtige	grote takken zwaaien
7	28-33	50-59	14-16,5	harde	grote bomen zwaaien
8	34-40	61-72	17-20	stormachtige) niet meer vliegeren
9	41-47	74-85	20,5-23,5	storm	
10	48-55	86-99	24-27,5	zware storm) vliegeren
11	56-63	101-113	28-31,5	zeer zware storm	
12	> 63	> 113	> 31,5	orkaan)

Met behulp van tabel 1 zijn we in staat de verschillende manieren waarop de wind benoemd wordt met elkaar te vergelijken. Kunnen we hiermee vliegercatastrofes voorkomen? Eigenlijk nog steeds niet. Daarvoor hebben we de heer Bernoulli

nodig, die omstreeks 1740 een variant bedacht op de wet van behoud van energie. Voor ons zegt deze wet dat als het oppervlak van het bespanningsmateriaal niet te klein is ($> 0,5m^2$) en het materiaal niet te poreus (dus bij vliegerpapier en spinnaker nylon) we de druk op een oppervlak loodrecht op de wind kunnen berekenen volgens:

$$P = \frac{\rho v^2}{2g} \quad (N/m^2) \quad 1$$

waarin: ρ (rho) = dichtheid van lucht, op zeeniveau bij 15° C en 1013 millibar $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$

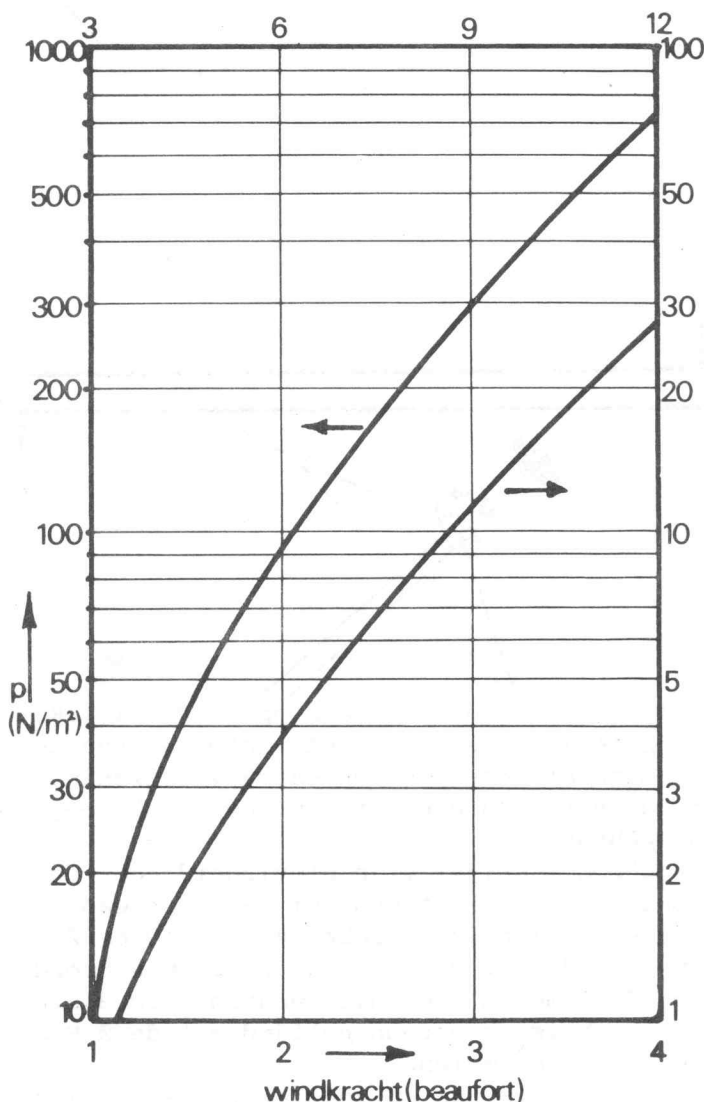
v = windsnelheid in m/sec

g = gravitatie constante, hier 9,8 m/sec²

Voor de hoogvliegers: op 11 km hoogte bij een temperatuur van -56° C en 226 millibar is de dichtheid nog maar 0,364 kg/m³. Als we alle bekende invullen dan gaat formule 1 over in:

$$P = 0,625 \cdot v^2 \quad (N/m^2) \quad 2$$

Kombineren we nu de heren Beaufort en Bernoulli (tabel 1 en formule 2) dan kunnen we een grafiek opstellen voor het verband tussen de windsterkte en de druk op onze vlieger, waarmee we tevens in staat zijn om de benodigde trekkracht van het touw te berekenen.



Grafiek 1

De rechter curve geeft het verband tussen de windkracht van 1 t/m 4 op de schaal van Beaufort met de druk op een oppervlak loodrecht op de wind tussen de 1 t/m 30 N/m²; de linker curve de windkracht 3 t/m 12 met de drukken tussen de 10 t/m 800 N/m².