

Velkommen til faget Aerodynamik
Trin 5

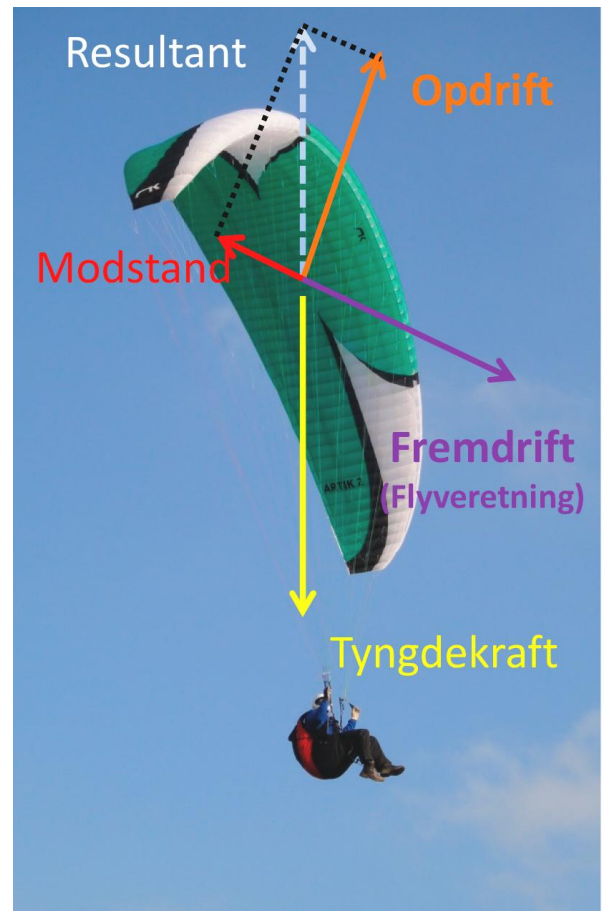
Målet for faget er at komme nærmere
ind på følgende emner:

Hastighedspolar

- Luft- og jordfart (TAS og SOG),
minimum synk, bedste glid,
betydning af løft og synk, mod-
og medvind, sving,
vingebelastning, lufttæthed

Du vil kunne finde materiale i pensum i
den danske paragliderhåndbog s.
161-163, og vi opfordrer også til at
opsøge materiale selv.

Rigtig god fornøjelse!
Uddannelsesudvalget DHPU



Hastighedspolar:

Ved et en paragliders/hanggliders glidetotal forstås det antal meter, som glideren bevæger sig fremad for hver meter, det synker. Glidevinklen er den vinkel, som flyvebanen danner med det vandrette plan, forudsat rolig luft.

Ved at angive sammenhørende værdier af synkehastighed, flyvehastighed og glidetotal i det hastighedsområde, hvor glideren benyttes, fås en oversigt over skærmens/dragens præstation under forskellige forhold. En sådan oversigt tegnet som graf kaldes en hastighedspolar men man kunne også kalde det en »præstationsgraf«.

Med andre ord: polarkurven for en paraglider/drage opnås ved at måle synkehastigheden ved forskellige aerodynamiske hastigheder, selvom den også kan plottes ved teoretiske beregninger.

Det er interessant, at ganske få, hvis overhovedet nogen, fabrikanter laver hastighedspolarer til deres paragliderskærme. UP-skærm fabrikant siger ligefrem til deres kunder, at "det findes ikke, og det kommer det aldrig til". Argumentet skal findes i, at en skærm er "blødt" materiale, som formes af flyvebetingelser, som hele tiden skifter. En simulering af aerodynamiske egenskaber er ikke muligt, som med fastvingefly.

Gennem hele dette modul antages i forklaring, at der ikke anvendes speedbar. Anvendelse af speedbar vil ændre vingeprofil og dermed også hastighedsspektrum.

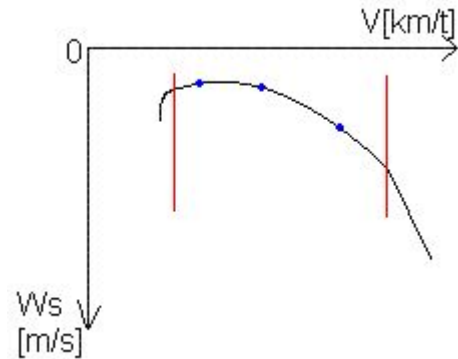
En pilot har over en periode taget 10 kg på. Hvad sker der med stallhastighed (samme udstyr i øvrigt)?

- Stallhastighed forbliver den samme
- Stallhastighed stiger
- Stallhastighed synker

se svar nederst på næste side

Hastighedspolar:

Her til højre ser du en simpel version af en hastighedspolar, med punkter for stall og maximum hastighed markeret med røde linjer. Vandret angives hastighed og lodret synkhastighed i m/s. De blå prikker angiver først minimum synkhastighed, dernæst bedste glidehastighed og sidst maksimalt målte hastighed. De røde linjer symboliserer en vurderet minimum og maksimum hastighed. På næste slide går vi lidt mere i dybden med polaren.



1. Anvendelse af speedbar vil
 - a. mindske synk og øge performance
 - b. øge synk og mindske performance
 - c. øge synk og give bedre penetration

2. SOG er udtryk for
 - a. speed on ground
 - b. speed over grass
 - c. Ground Speed
 - d. hastighed gennem luften

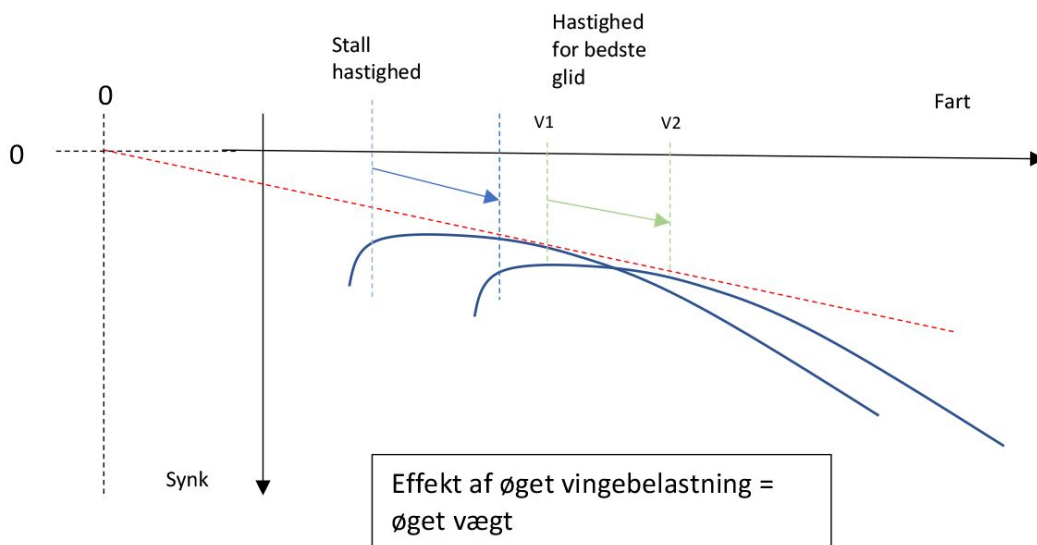
se svar nederst på næste side

Hastighedspolar:

Hastighedspolaren kan konstrueres ved at opløse flyvehastigheden i to komponenter: Den vandrette flyvehastighed V , og synkehastigheden, som vi kalder V_s - lodret flyvehastighed. Disse værdier afsættes henholdsvis ud ad en vandret og lodret akse som vist på nedenstående figur. Man udregner for forskellige flyvehastigheder, og dermed opstår en kurve som illustreret.

Af hastighedspolaren kan for ethvert punkt aflæses flyvehastigheden, vandret flyvehastighed, synkehastighed og glidevinkel, heraf kan glidetallet betegnes som vandret flyvehastighed. Evt. kan glidetallet være angivet på visse punkter af kurven. Ved synkehastighed (figur forstås det antal meter, man synker pr. sekund.

Man ser i figuren to kurver angivet, de illustrerer forskellig vingebelastning, dvs. kurven til højre angiver en højere vægt. Heraf ser man, at stallhastighed og hastighed for bedste glide øges med øget vægt.



Luft- og jordfart

TAS

Fart gennem luften - eller TAS, True Airspeed, er gliderens relative fart gennem den luftmasse, som man bevæger sig gennem. Det er det samme som gliderens egenfart, som afhænger af input fra piloten (f.eks. bremseinput, vægt etc).

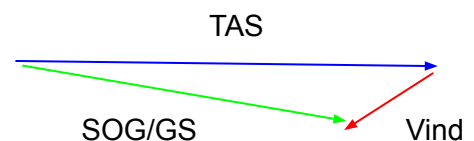
En EN-A skærm har typisk en lavere egenhastighed, og således både en lavere stallhastighed og lavere maksimumhastighed end en skærm med højere EN klasse. Det samme gør sig gældende for hanggliders. I tidligere moduler kan du læse om de aerodynamiske egenskaber ved forskellige typer skærme og drager, sideforhold etc, som påvirker glidetotal og performance. Men som også nævnt her, så kan man som pilot påvirke performance en smule ved hjælp af vægtforandring. Glidetotal forbliver det samme, mens egenhastighed (TAS) og synkhastighed V/S stiger ved øget vægt.

SOG/GS

Fart over terrænet, også kaldet SOG, Speed over ground, eller forkortet GS, Ground Speed, er som navnet siger den fart, som man bevæger sig i forhold til terræn. Denne fart er afhængig af vind.

I forhold til flyveegenskaber, så er fart gennem luften vigtig, men i forhold til start/landing og distanceflyvning, beregning af landingsrunde etc, så er fart over jorden, SOG/GS vigtig.

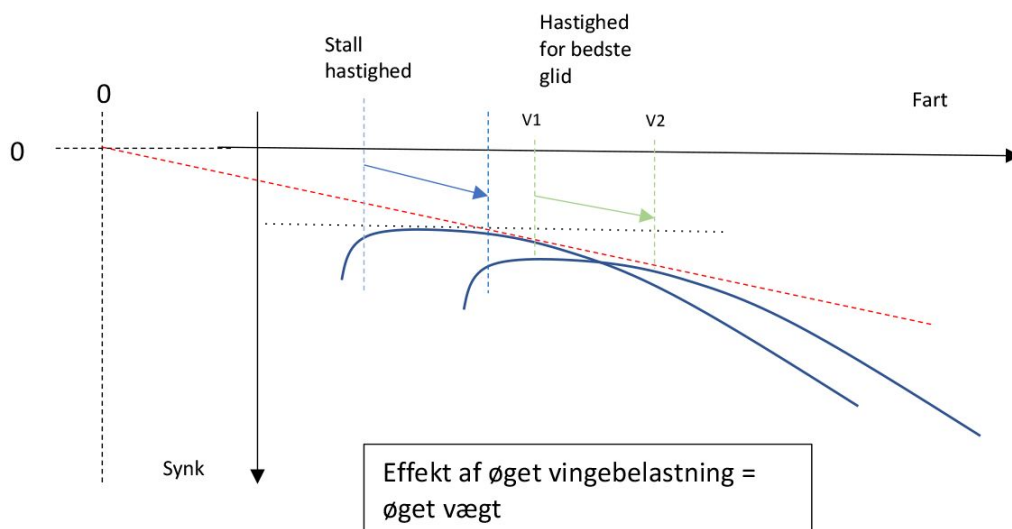
Et fartøj med højere ydeevne vil have en længere rækkevidde også over terræn, og ydelse i forbindelse med distanceflyvning er derfor en vigtigere faktor, end hvis man flyver skræntflyvning. Over længere stræk kan man vurdere at lave en "vindtrekant", i lighed med skibes strømtrekant.



Minimum synk

På side 2 nævnte vi begrebet minimum synk. Det er et udtryk, der betegner den hastighed, hvor glideren har den mindste synkrate. Denne hastighed er f.eks. anvendelig under termikflyvning, hvor man ønsker at opnå den mest effektive stigningsrate i boblen. Man skal altid være opmærksom på faren for stall, når man flyver ved lave hastigheder i termik, da termikken naturligvis byder på turbulens i op- og faldvinde.

Mindste synk får skærmen/dragen ved en relativt lav hastighed, som man derfor skal flyve med i termik. Dermed får man mest muligt ud af den opstigende luft. En lav hastighed gør også, at kurveradius vil være mindre end ved en højere hastighed, og dermed vil skrærm/drage nemmere kunne holde sig inden i kernen af termikboblen. Den lave hastighed gør til gengæld, at skærmen/drage vil være tættere på et stall, så det skal piloten naturligvis også være opmærksom på.



Bedste glid

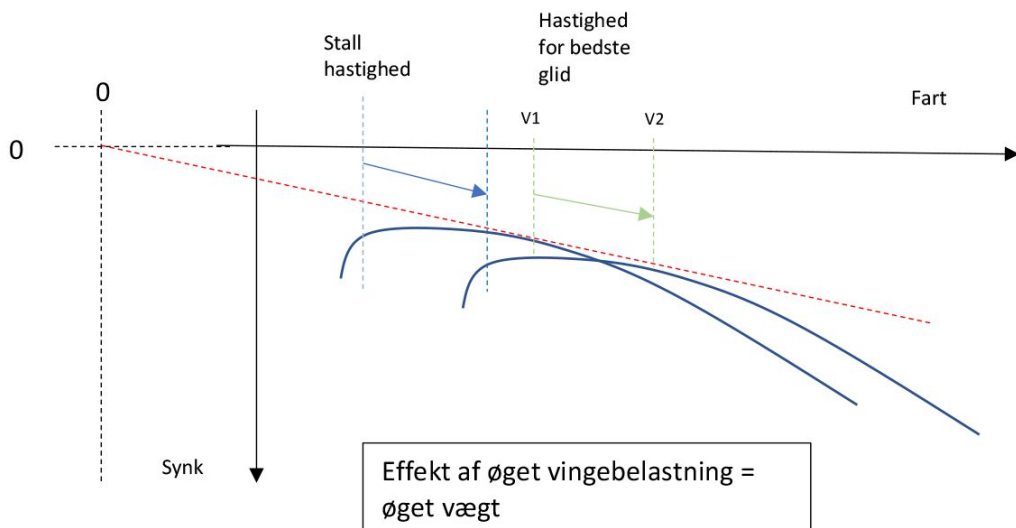
I mange tilfælde er man under flyvning på kurs med eller mod vinden specielt interesseret i bedste glidetotal i forhold til jorden samt den hertil hørende flyvehastighed.

Ved flyvning på kurs mod vinden skal flyvehastigheden sættes betydeligt op for at opnå bedste glidevinkel i forhold til jorden. Ved flyvning under samme vindstyrke, men på kurs med vinden, kan flyvehastigheden sættes ned (aldrig mindre end hastigheden svarende til mindste synkehastighed).

Her en [artikel](#) om emnet med tilladelse fra flybubble

Glidevinkel og Lift/Drag Ratio

Glidetotal er udtryk for, hvor mange meter man kommer frem pr. meter man synker. For Paraglidere ligger dette tal mellem 8:1 og 12:1 afhængigt af klasse, for hangglidere op til 20:1. Vores svæveflyvekolleger har i dag højtydende fly med glidetotal på mellem 35:1 og 60:1. Fartøjets løft/modstand ratio (L/D ratio) har således meget at sige for glidetallet, således forsøger producenter også at minimere modstand ved at reducere antal liner til skærmen på de mere højtydende skærme, ligesom man kan vælge seletøj af pod-typen for en mere aerodynamisk profil samlet set.



Betydning af løft og synk

Skærme og drager har forskellige præstationsegenskaber, som tidligere nævnt. Udstyrets klasse (EN) vil give en indikation af bæreevne, glidetæl og synkrate, men man må også indregne udstyrets alder og flyvetid, da dette har stor indvirkning på materialets porøsitet og dermed flyveegenskaber/bæreevne.

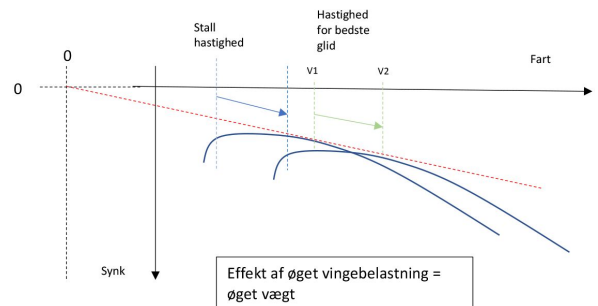
Det er derfor vigtigt, at du forholder dig til, hvilken ydeevne dit nuværende udstyr har, og regner det med ind i flyveplanlægning, især, hvis du stiler mod at lære at flyve cross country.

Generelt kan man sige, at højere EN-klasse indenfor XC-kategorien er ensbetydende med bedre løftegenskab og mindre synkegenskab. Dette er knapt så vigtigt for andre kategorier som acroskærme, hike-and-fly letvægtsskærme, tandem etc.

BEGINNER	INTERMEDIATE	ADVANCED	SPECIAL	TANDEM
PICA ①			MIKITA ②	PARUS ②
PANDION ①			KIWI ②	
GRAYIS ①				
BUSEO ①				
XENUS ③				
KODILA ①				
SITTA ①				

Mod- og medvind

Hastighedspolar herunder viser ydelse i nul vind og uden opadgående eller nedadgående luftstrømme. Kun meget sjældent vil man opleve dette, så derfor skal indregnes vindens lodrette og vandrette bevægelser i beregning af ydelse. Ved modvind flyttes polaren til venstre i skemaet, og ved medvind modsat - til højre.



Se også beskrivelse på forrige side omkring bedste glid i medvind og modvind. Husk, at i modvind skal flyvehastigheden øges, og i medvind kan man sænke hastigheden en smule for at forbedre glideafstand.

Sving

Som gentagelse fra tidligere modul husker du sikkert, hvordan luftmassens strømning omkring vingens profil og de resulterende kræfter, der opstår i den sammenhæng skaber det løft, som flyvning kræver.

Du husker måske også, at sving kræver en forskel i løft og modstand mellem højre og venstre side af skærmen/dragen. Luft fra oversiden af vingen strømmer mod undersiden ved vingetipperne, og det skaber en vortex her. Denne vortex giver modstand, såkaldt induceret modstand, som bremser skærmen mere i den side som er indvendig i drejet end i den side, som er udvendig.

Et sving kan initieres ved vægtstyring og bremseinput, og dermed en øgning af den ene sides modstand. Det at dreje, vil således medføre større synk, fordi der er større modstand totalt set på vingen.



Prøv at overveje, hvordan din flyveteknik ud fra aerodynamisk vinkel har indflydelse på flyvning i termik.

Hvilken måde vil være mest effektiv til at komme ind i en termikbobbel?

Er din teknik afhængig af termikkens styrke/boblens størrelse?

Kan du forestille dig at flyve termik uden et variometer?



1. Du har en god skærm, men vil gerne prøve din kammerats. Han vejer ca. 45 kg mere end dig. Hvad skal du overveje?

- a. Hans skærm passer fint til en kort tur på skrænten
- b. Hans skærm vil være super at flyve termik i for mig
- c. Hans skærm er i en vægtklasse, som ikke passer til mig, så jeg lader være

se svar nederst på næste side



Vingebelastning

Vingebelastning er en væsentlig faktor i forhold til hastighedspolar.

Vingebelastning er som tidligere nævnt udtryk for den vægt, som vingen skal bære, dvs. pilot, seletøj og øvrigt udstyr.

Hvis man tager en vilkårlig skærm/drage, så vil en øget vægt og dermed øget vingebelastning betyde større synk, større egenfart, men i teorien samme glidetal som en lavere vægt. Derfor taler man om "at ligge tungt i selen", og at det kan være en fordel i visse situationer. Man har i øvrigt f.eks. i visse svævefly muligheden for at bære vand i tanke, Svæveflyet beholder vandet i vingerne hele turen, så længe termikken er god. Hvis termikken bliver svag og til landing, bliver vandet lukket ud.

spørgsmål til refleksion:

kan man bare øge vægten uendeligt, tage f.eks. sandsække med og smide dem af undervejs?

Lufttæthed

Overvej:

Hvad sker der med værdierne i hastighedspolaren ved flyvning i større højder?

I meteorologi lærte vi, at lufttrykket/ det atmosfæriske tryk ændres med højden.

Når vi er tæt på havets overflade forårsager en lille stigning i højden et stort fald i tryk, hastigheden hvormed trykket forandrer sig falder dog med stigende højde.

Ved flyvning i større højder ændres hastighedspolarens udseende tilsvarende, idet luftens vægtfylde således er lavere.

Også om vinteren oplever vi en større lufttæthed, fordi luften er koldere og partiklerne derfor tættere sammen. Det giver øget løft, og du har sikkert oplevet, at flyvning på skrænt om vinteren kræver mindre vind/giver mere løft i samme vindstyrke.



Husk, at du nu på vej mod Trin 5 også skal søge information og læring selv. Det kan du gøre via videoer, i forskellige fora, på internettet, i litteraturen og selvfølgelig også ved at rådføre dig med dygtige instruktører og piloter.

Det var alt for denne gang. Vi ønsker dig held og lykke med prøven.