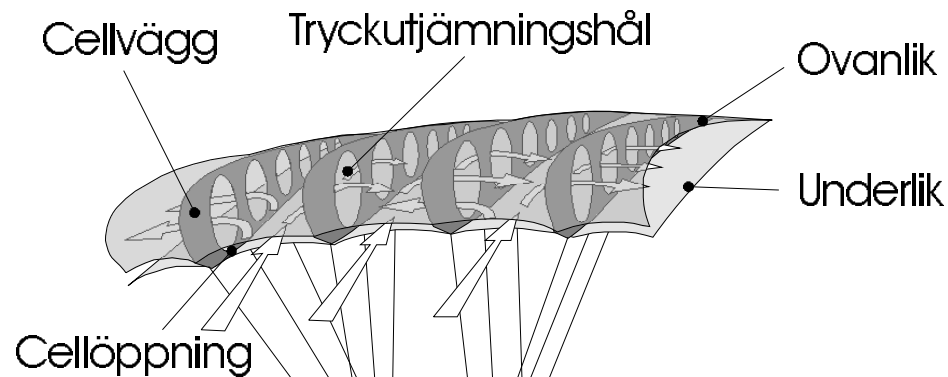
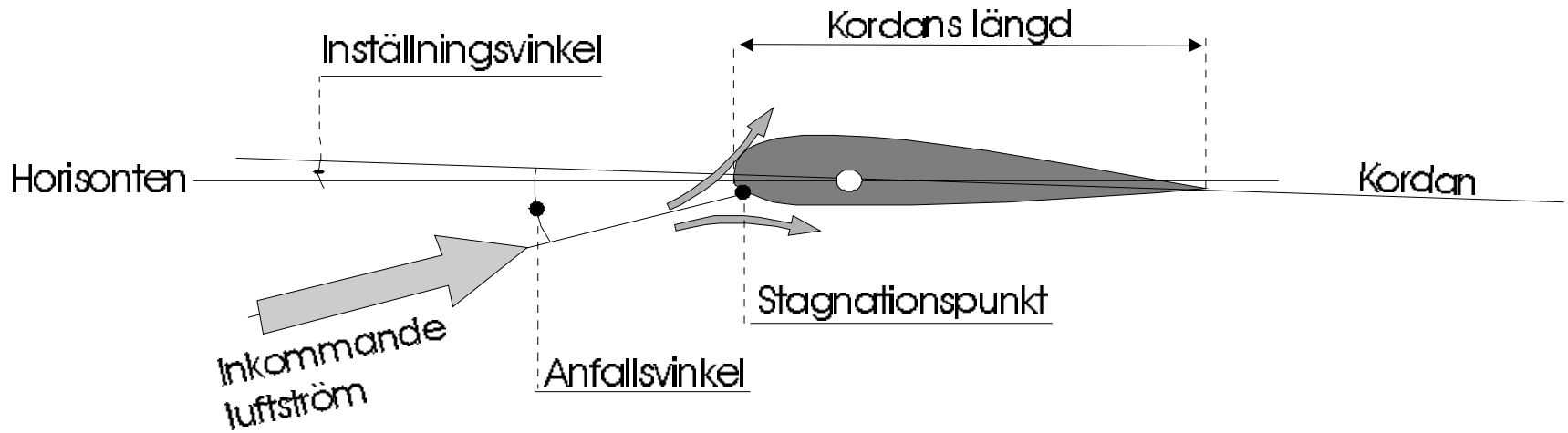


Aerodynamik - översikt

- Vingprofil
- Luftens egenskaper
- Krafter
 - Lyftkraft
 - Motståndskrafter
- Glidtal
- Polardiagram
- Sväng
- Prestanda

Aerodynamik – vingprofil



Aerodynamik – luftens egenskaper

Luften väger ca 1.22 kg/m^3 vid havsnivån.

Luftens vikt ger upphov till *atmosfärstryck*.

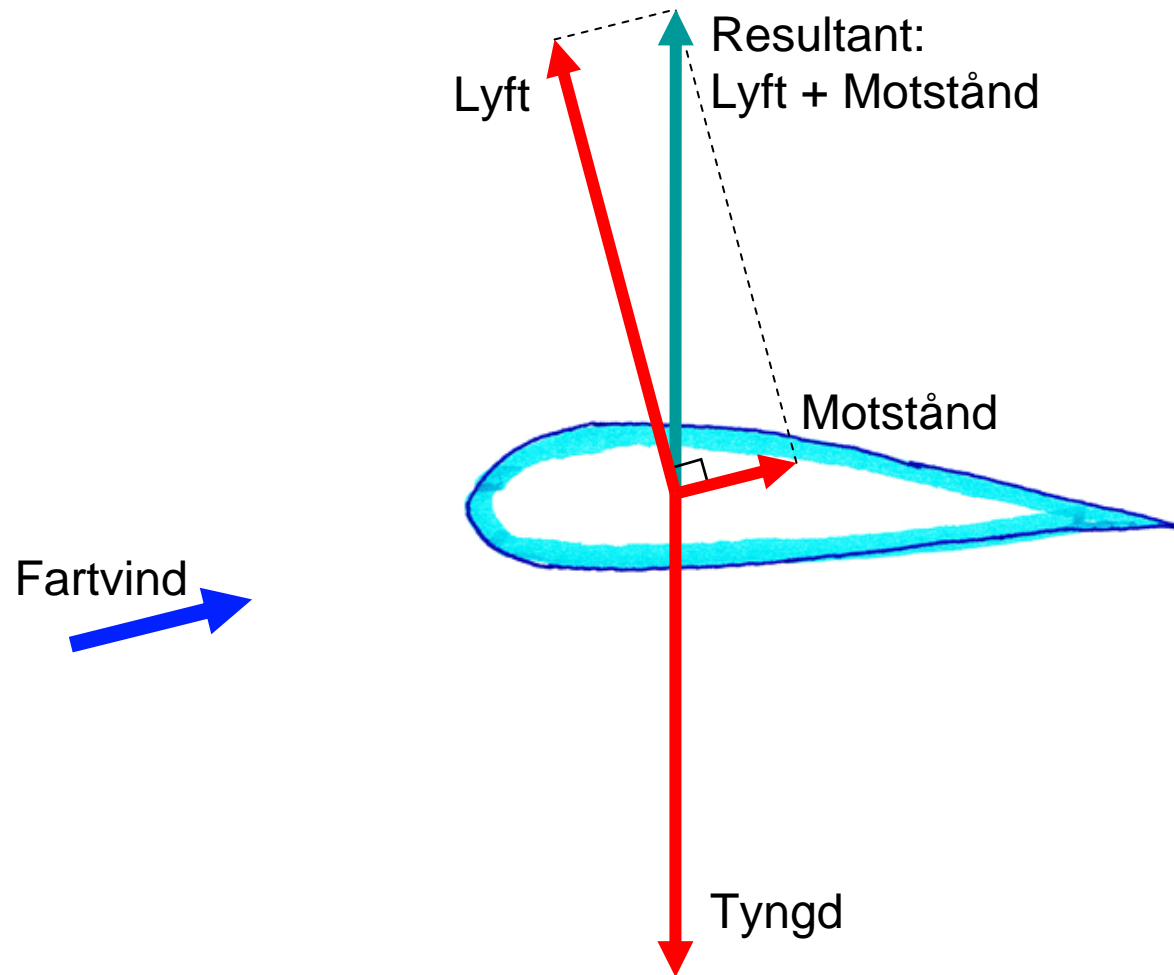
På högre höjd minskar både luftens densitet och atmosfärstrycket.

Luftens massa ger upphov till masströghet: det krävs en kraft för att accelerera ett luftpaket.

Denna kraft ger upphov till lokala skillnader i tryck då en kropp rör sig genom luften.

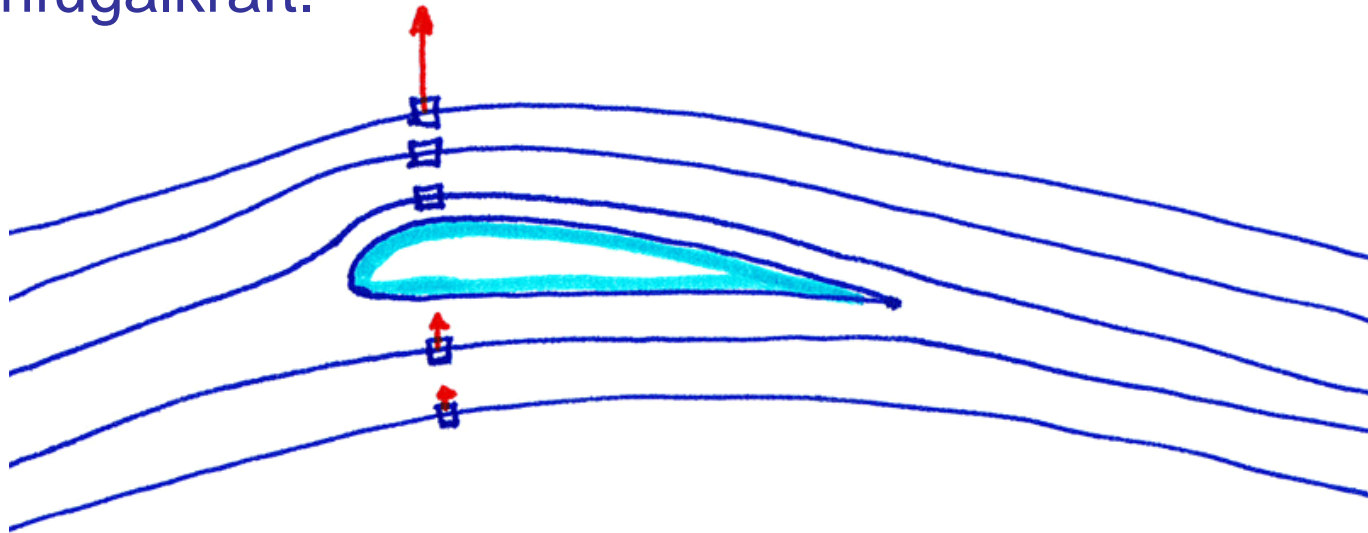


Krafter verkande på en vinge



Hur lyftkraften bildas

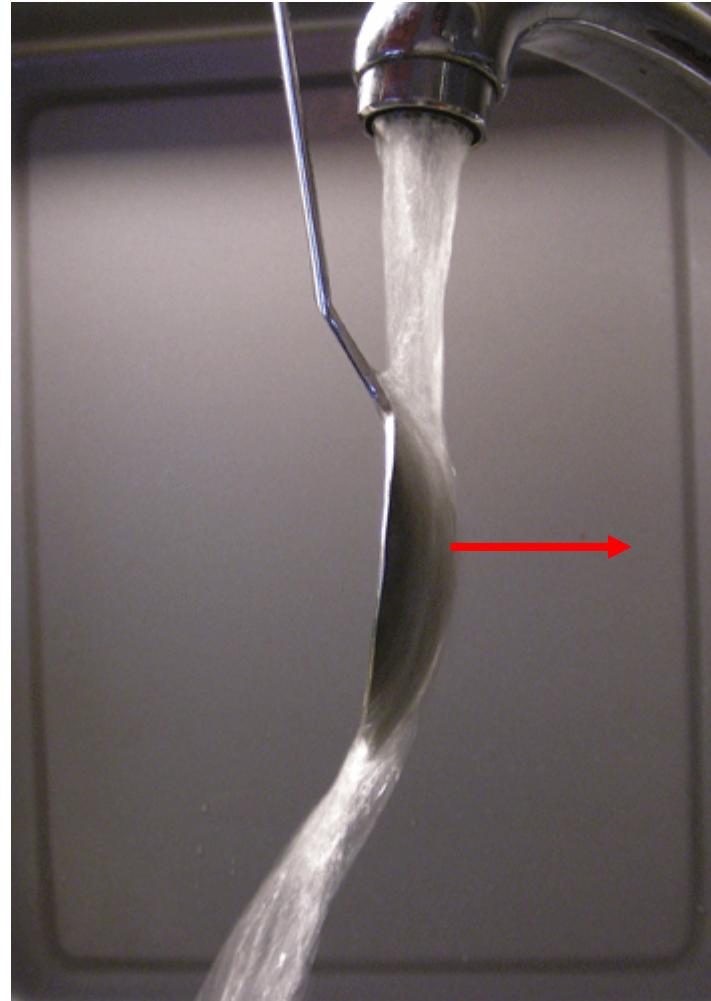
Luften tvingas ändra riktning och påverkas av en centrifugalkraft.



En tryckskillnad bildas för att hålla luften på plats längs vingens yta. Tryckskillnaden ger upphov till lyft.

Avlänkning

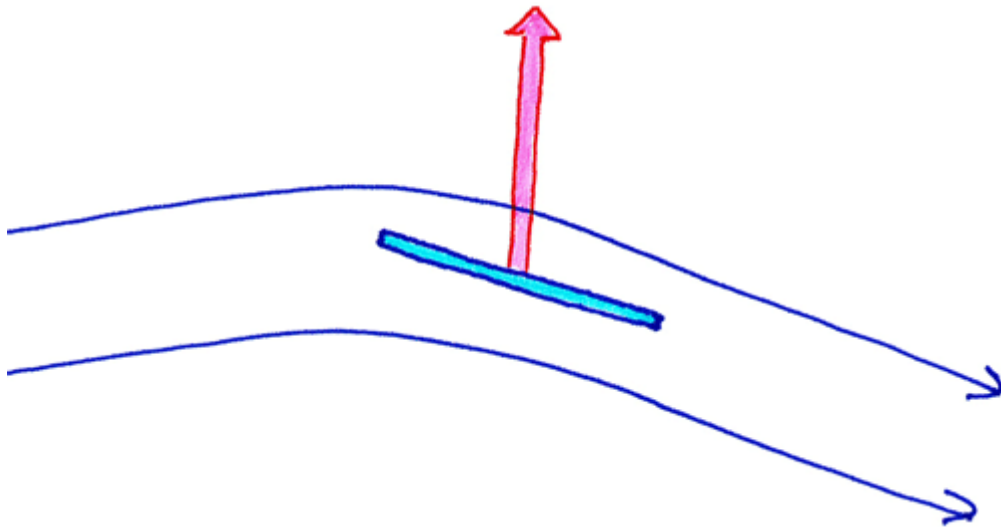
En sked kan böja av vattenstrålen från en kran och generera en kraft.



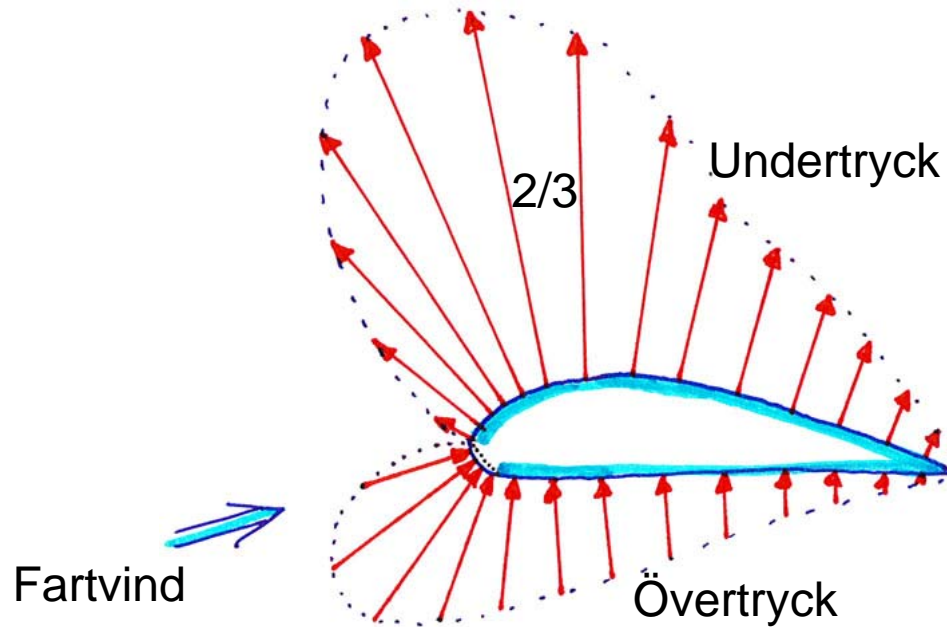
Avlänkning

Ett annat sätt att se det på:

Luft skickas nedåt och en reaktionskraft, lyft, bildas uppåt.



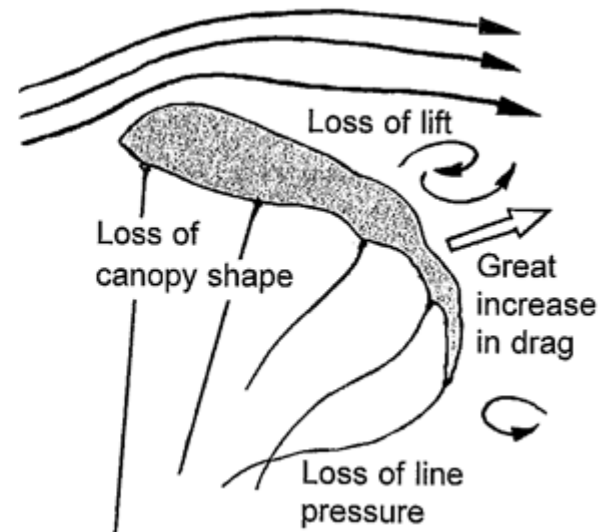
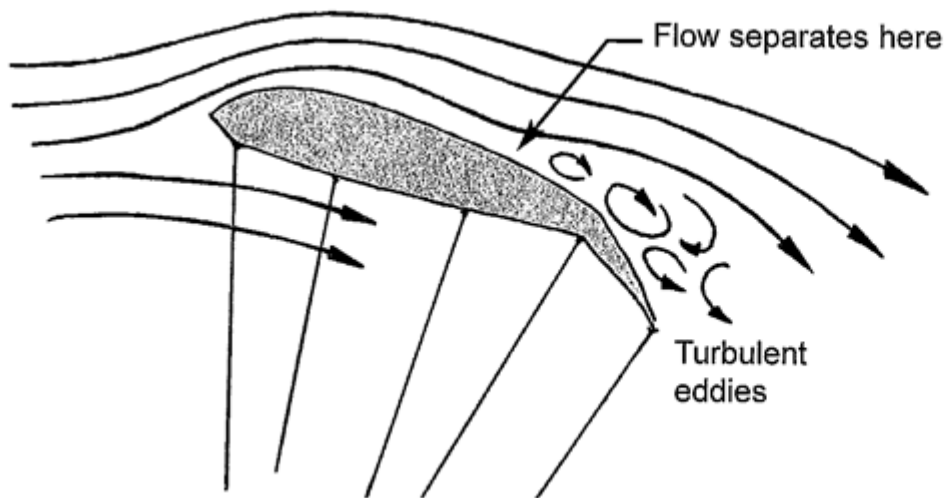
Tryckfördelningen runt en vinge



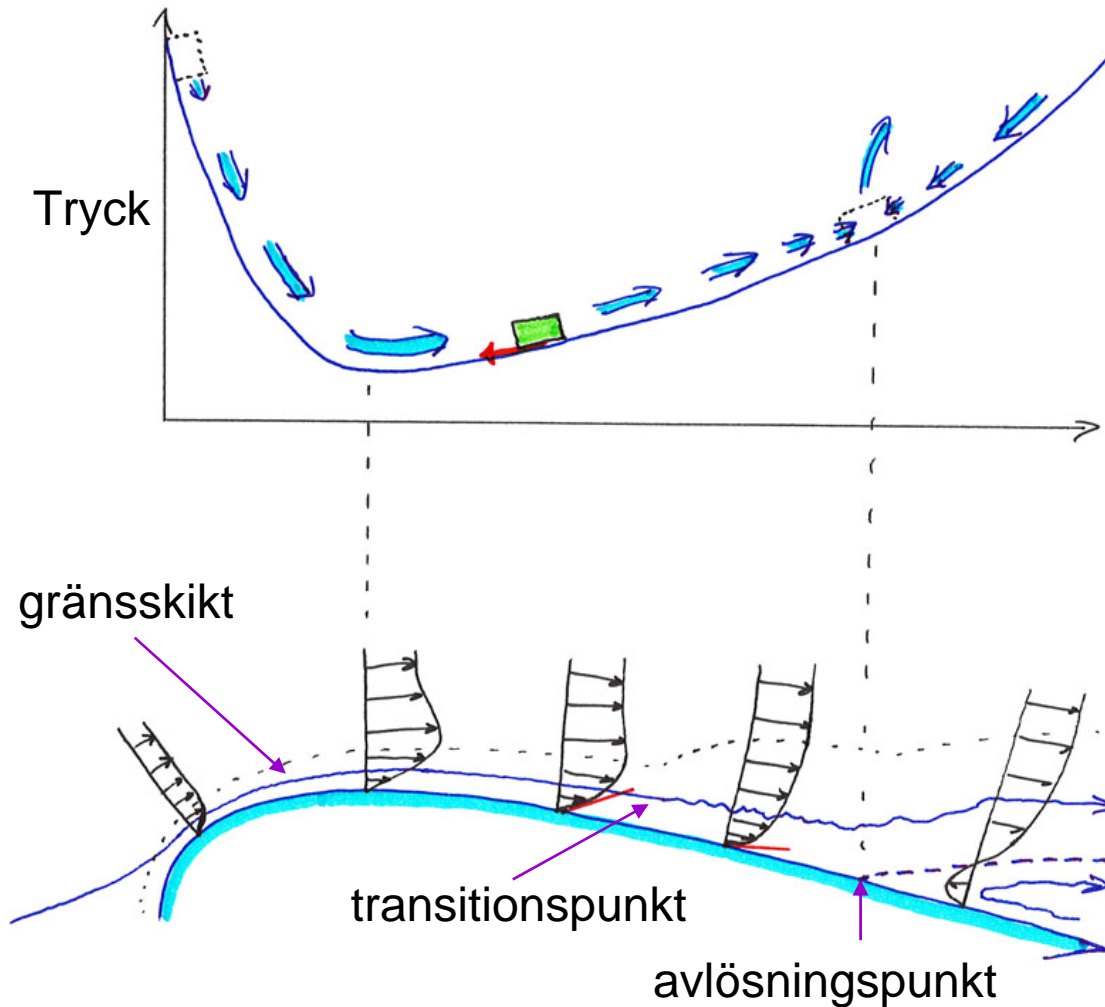
Vid för stort bromsuttag kan vingen ställa

Strömningen orkar inte ligga ann mot vingens ovansida.

Avlösningen ändrar aerodynamiken så att lyftkraften försämras.



Gränsskikt och förklaringen till stall

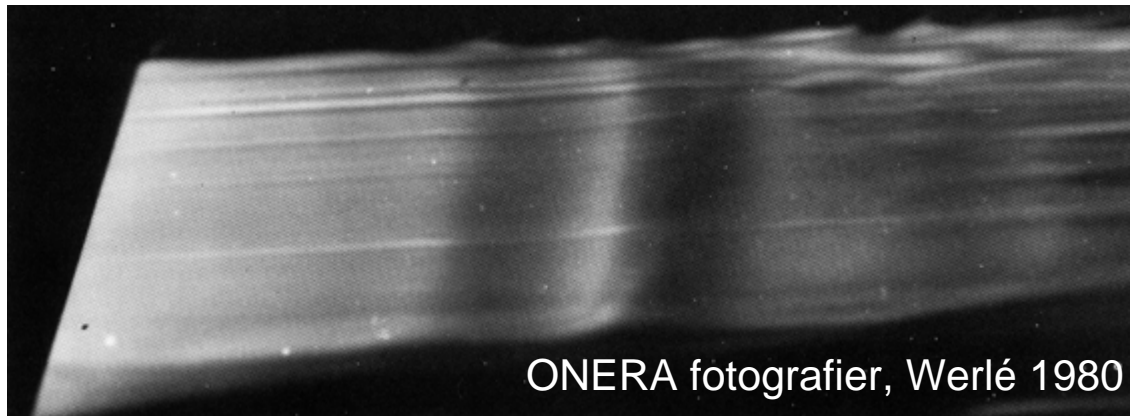


Faktorer som kan få störningar att bildas i gränsskikt

- Finskalig turbulens i luften
- Ojämnheter på ytan
- Kanter och veck på ytan
- Ljudvågor
- Rörelser och fladder av ytan

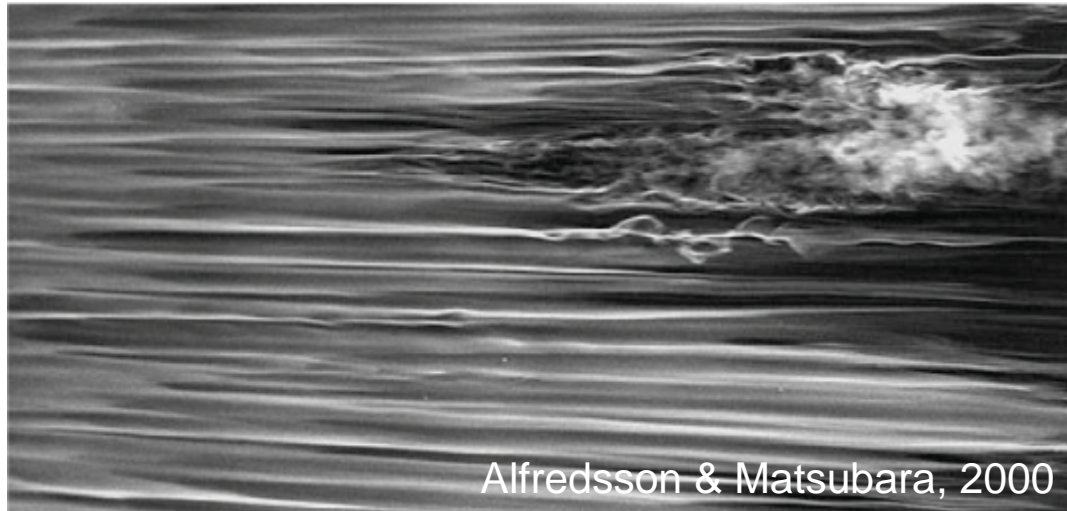
Vågor kan växa till i gränssikt

När dessa vågor blir tillräckligt stora bryter de ihop och bildar turbulens.



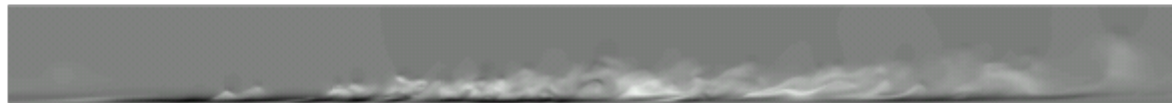
Stråk kan växa till i gränssikt

När dessa stråk blir tillräckligt stora bryter de ihop och bildar turbulens.

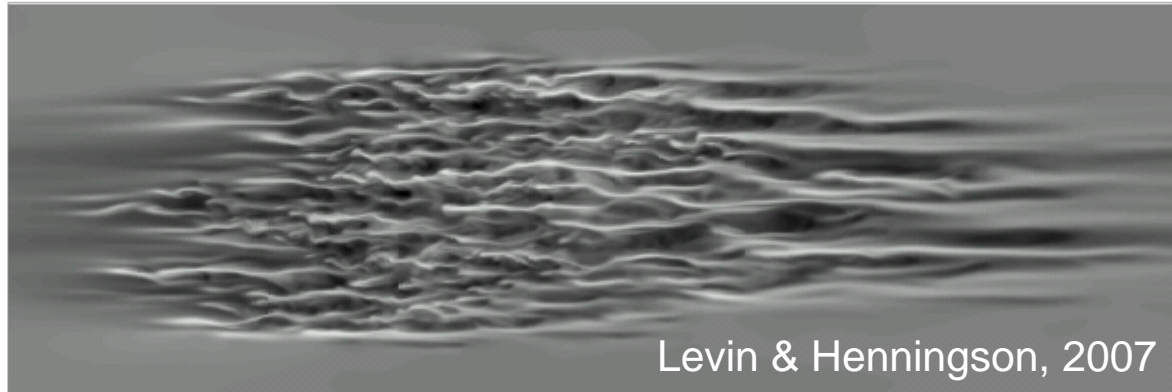


Lokala störningar kan växa i gränsskikt

När dessa störningar blir tillräckligt stora bryter de ihop och bildar turbulenta fläckar.



(b)



Levin & Henningson, 2007

(a)

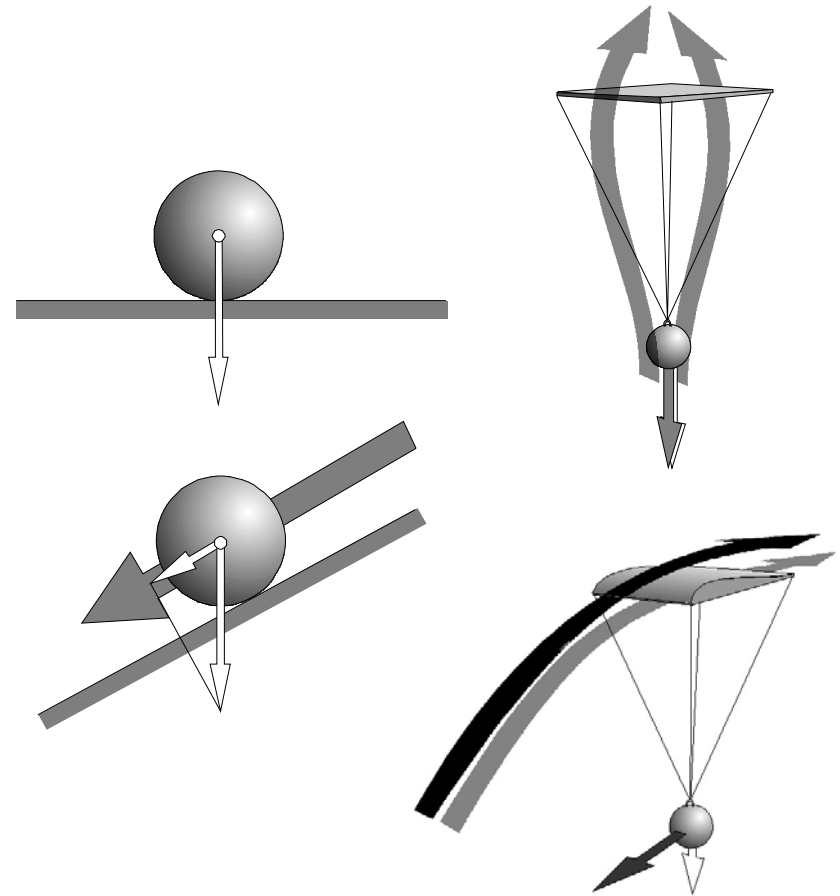
Faktorer som påverkar lyftkraften

Tyngden gör att vi får fart och glider ner.

Av *farten* bildas en lyftkraft.

Luftens *densitet* och vingens *form*, *yta* och *anfallsvinkel* påverkar också lyftkraften.

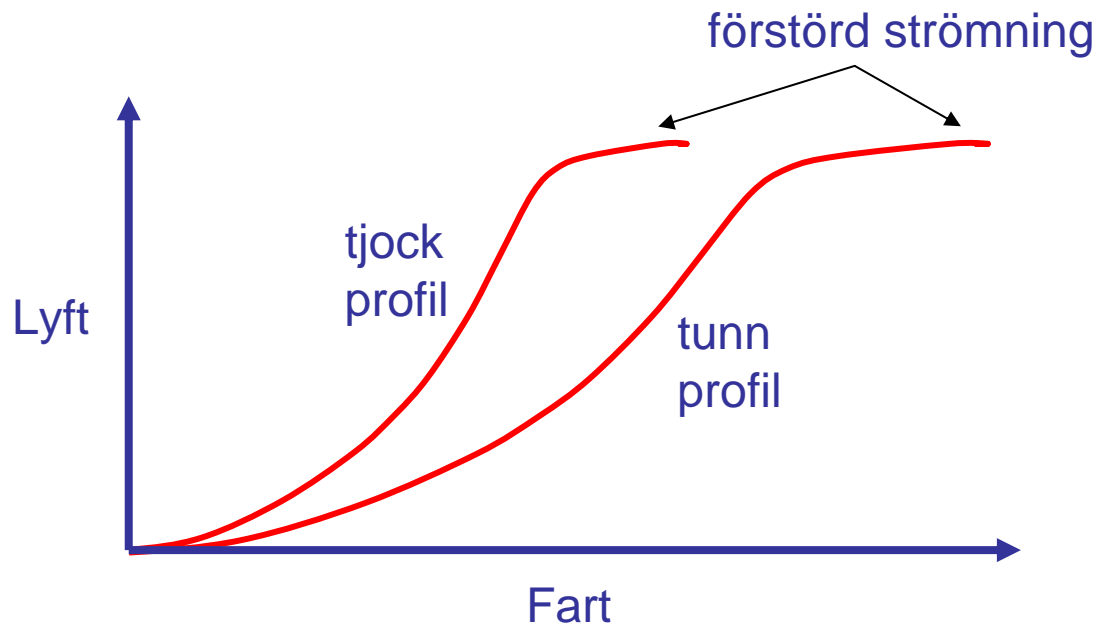
Minnesregel: **PLYFA**



Hur fart och profiltjocklek påverkar lyftkraften

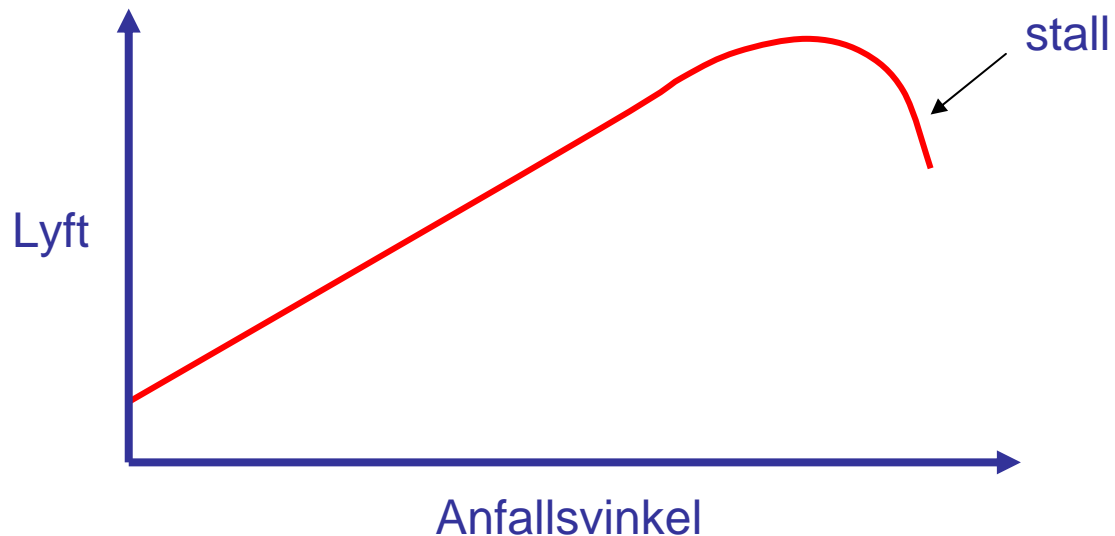
Lyftkraften ökar kvadratisk med farten tills strömningen kring vingen blir förstörd.

Tjockare profil ger samma lyftkraft vid lägre fart.



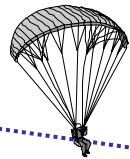
Hur anfallsvingeln påverkar lyftkraften

Lyftkraften ökar linjärt med anfallsvinkeln tills nära stall.



Vad som händer med lyftkraften vid olika fart

Den resulterade lyftkraften
uppväger precis tyngden
oavsett vilken fart vi flyger i.



trimfart

Lyftkraften kan
ändras momentant.

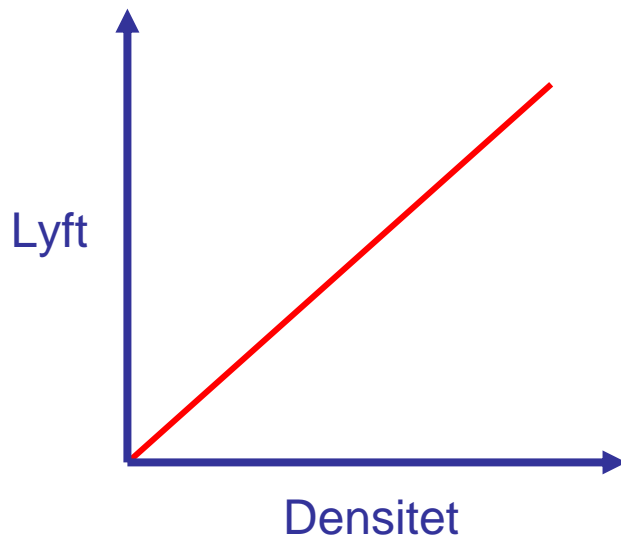
Vid långsammare fart så
ökar anfallsvinkeln för att
kompensera så att
lyftkraften bibehålls.



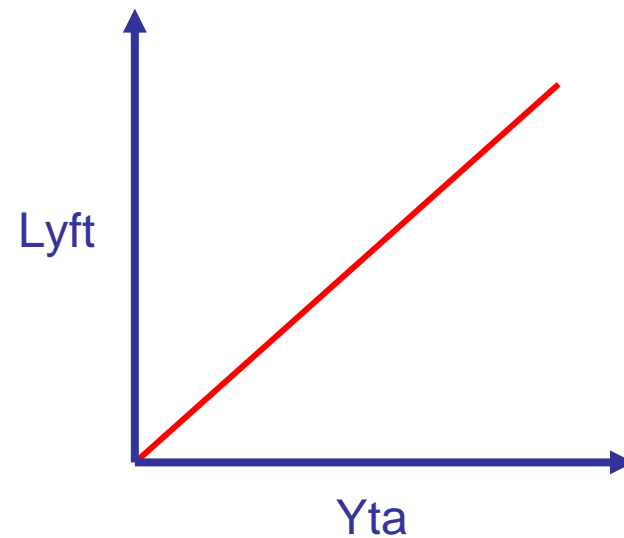
5 dm broms

Hur ytan och luftens densitet påverkar lyftkraften

Lyftkraften ökar linjärt med luftens densitet.



Lyftkraften ökar linjärt med ytan.



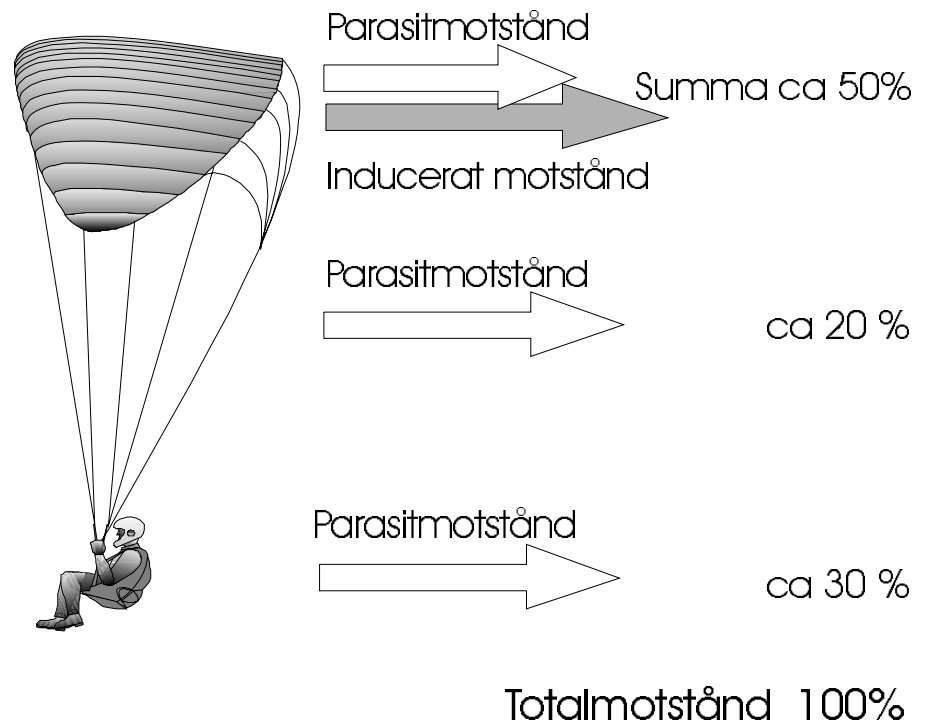
Motståndskrafter

Motståndskrafterna:

- Parasitmotstånd
- Inducerat motstånd

Parasitmotstånd:

- Friktionsmotstånd
- Formmotstånd
- Interferensmotstånd

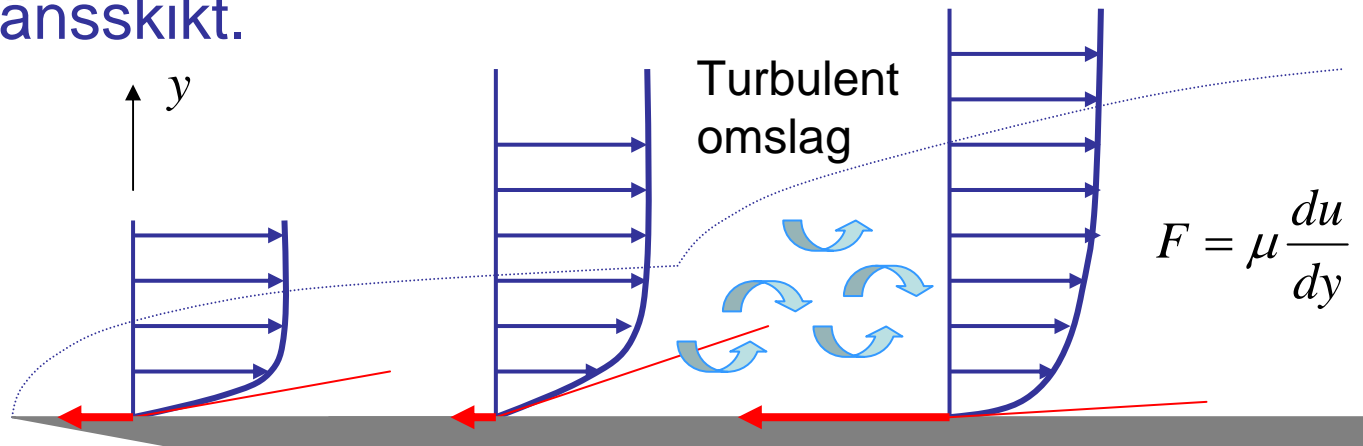


Friktionsmotstånd

Friktionsmotståndet beror på det gränsskikt som bildas kring föremål.

Tunna gränsskikt ger högre friktion än tjocka gränsskikt.

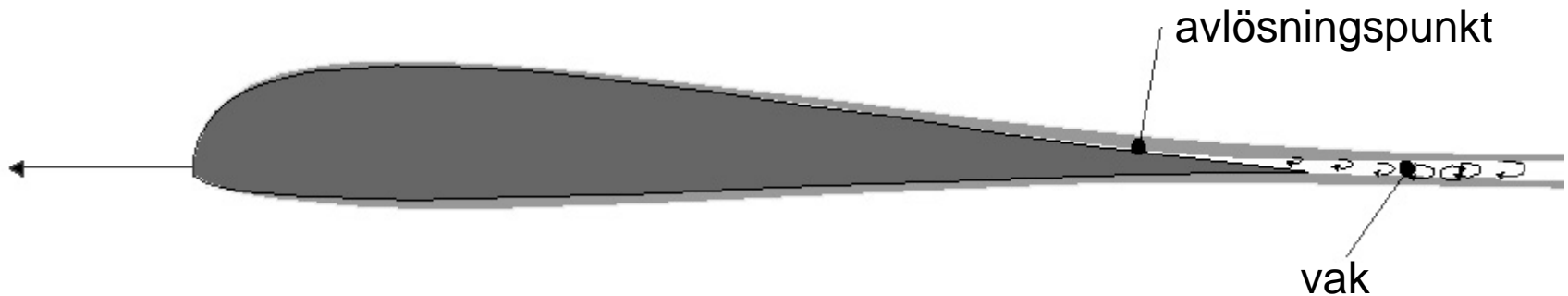
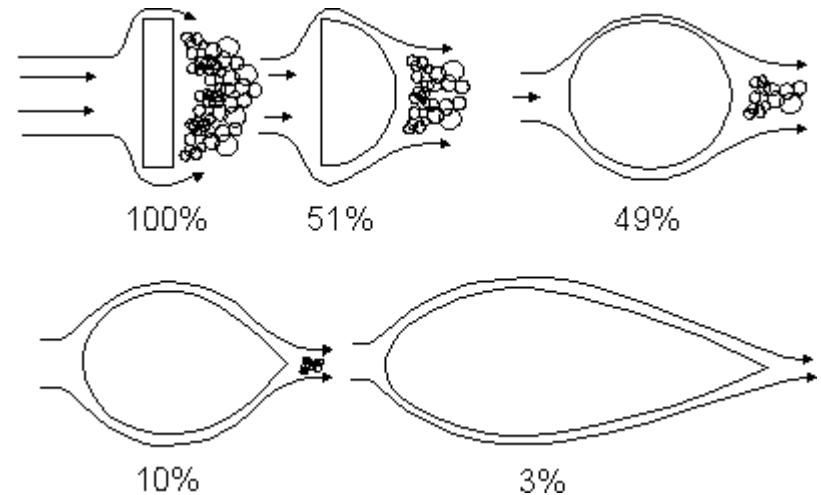
Turbulenta gränsskikt ger högre friktion än laminära gränsskikt.



Formmotstånd

Formmotstånd beror på den turbulenta vak som bildas bakom föremål.

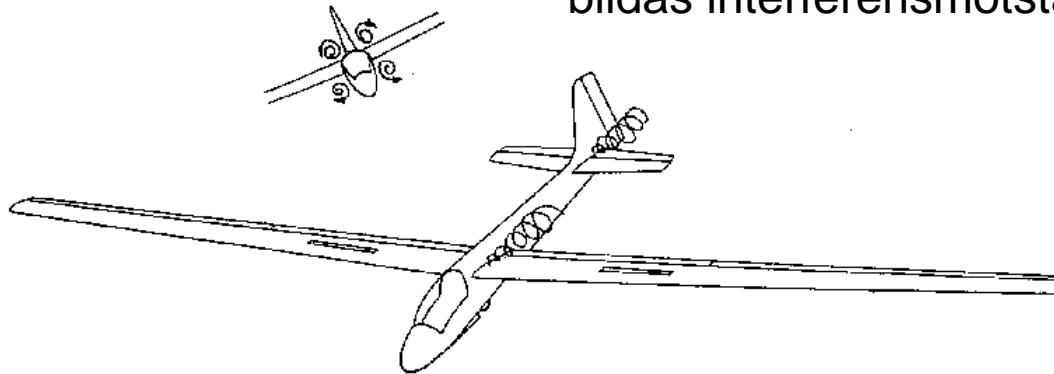
Föremålets form är av stor betydelse för formmotståndet.



Interferensmotstånd

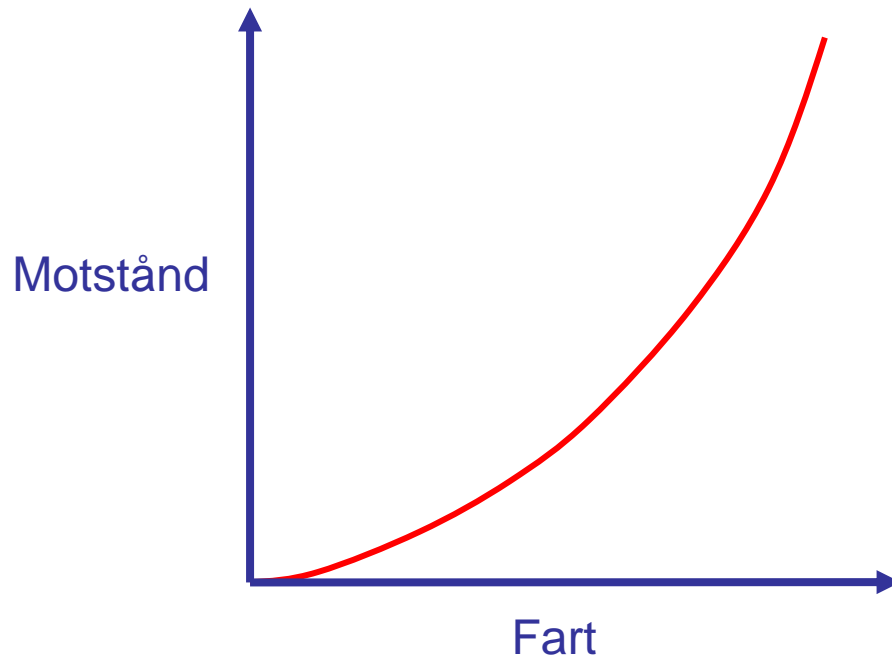
Interferensmotstånd beror på virvlar som skapas vid övergångar mellan olika strömningar.

Där vingen sitter fast i flygplanskroppen bildas interferensmotstånd

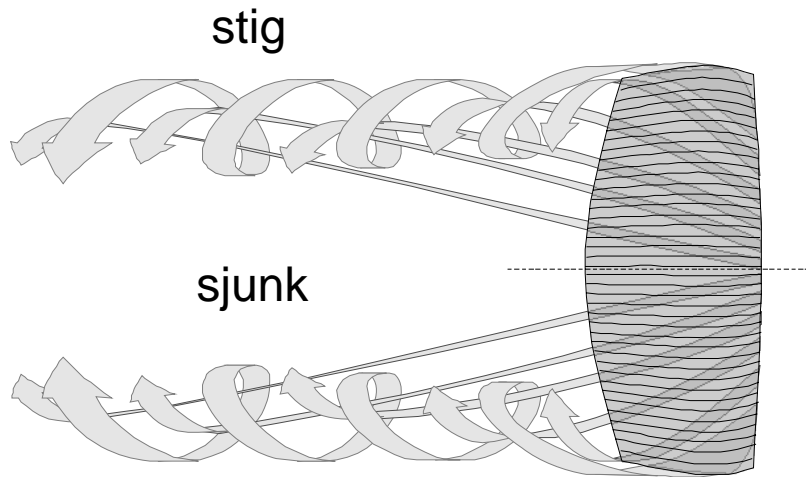


Parasitmotstånd

Parasitmotståndet ökar kvadratisk med farten



Inducerat motstånd



Inducerat motstånd beror på tippvirvlar som bildas då luften vill strömma runt vingpetsen från det höga trycket på vingens undersida till det låga trycket på vingens ovansida.



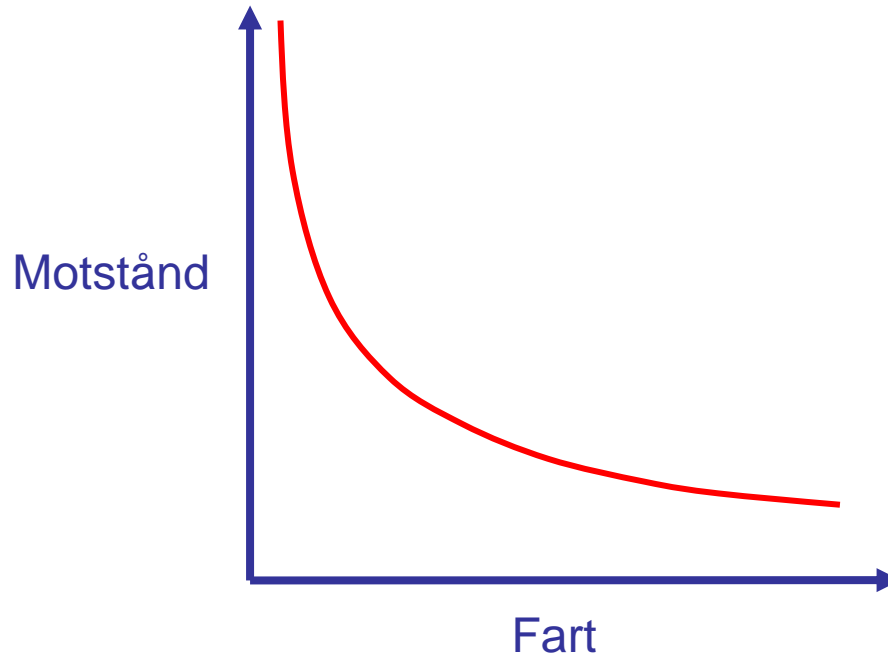
Inducerat motstånd

Fåglar spar energi genom att flyga i V-formation.



Inducerat motstånd

Det inducerade motståndet minskar omvänt kvadratisk med farten

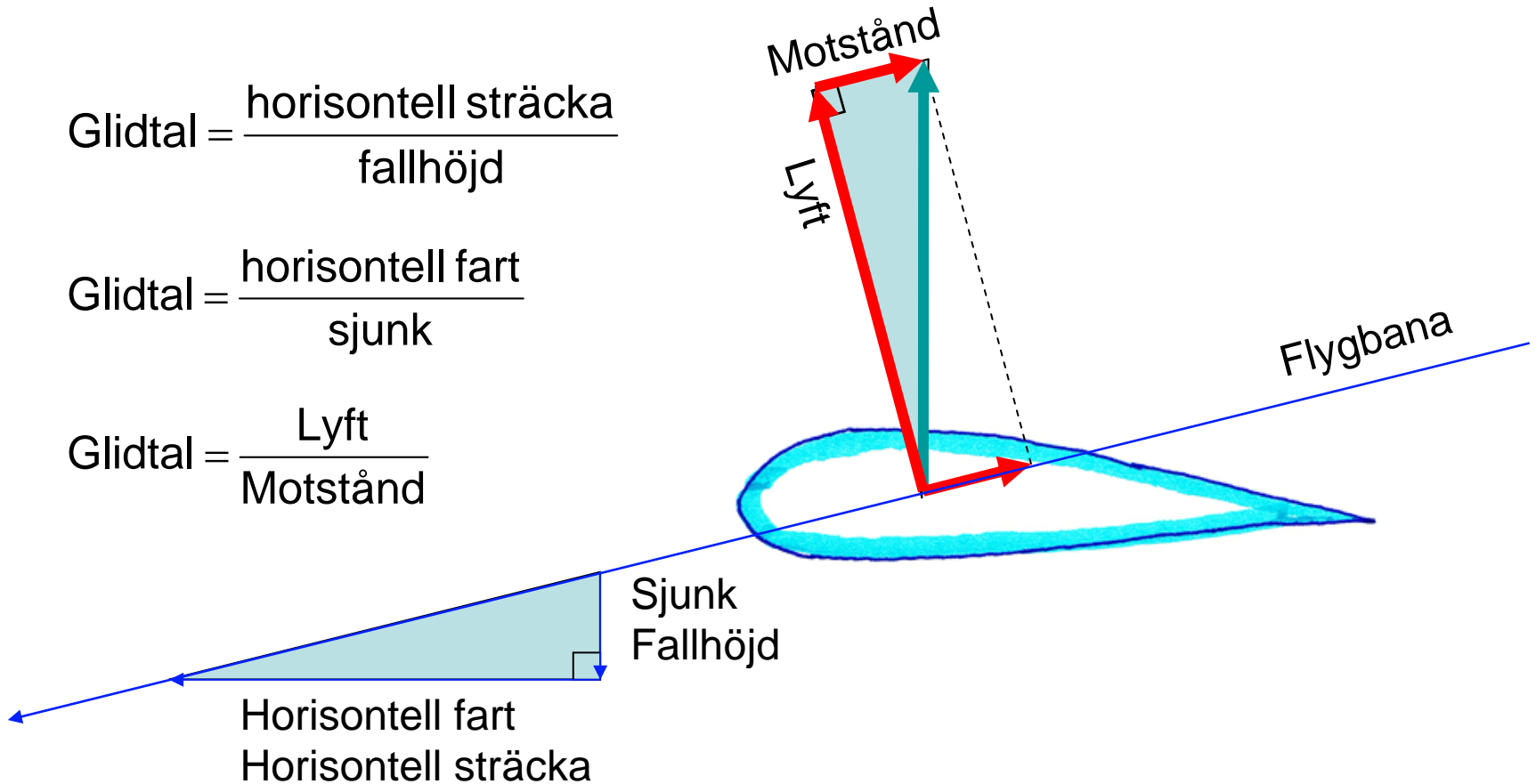


Glidtal

$$\text{Glidtal} = \frac{\text{horisontell sträcka}}{\text{fallhöjd}}$$

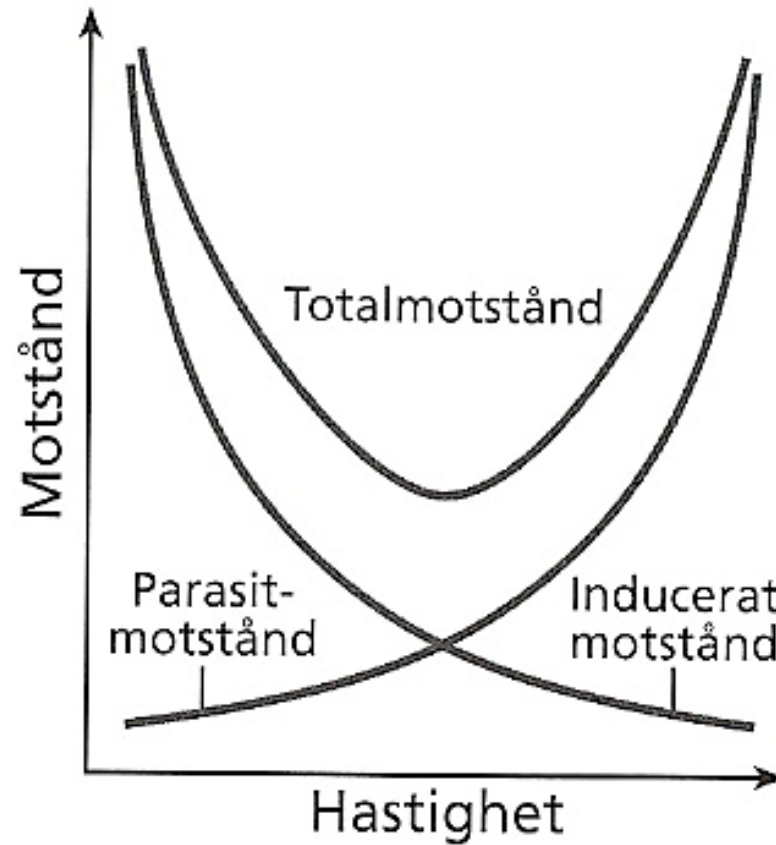
$$\text{Glidtal} = \frac{\text{horisontell fart}}{\text{sjunk}}$$

$$\text{Glidtal} = \frac{\text{Lyft}}{\text{Motstånd}}$$

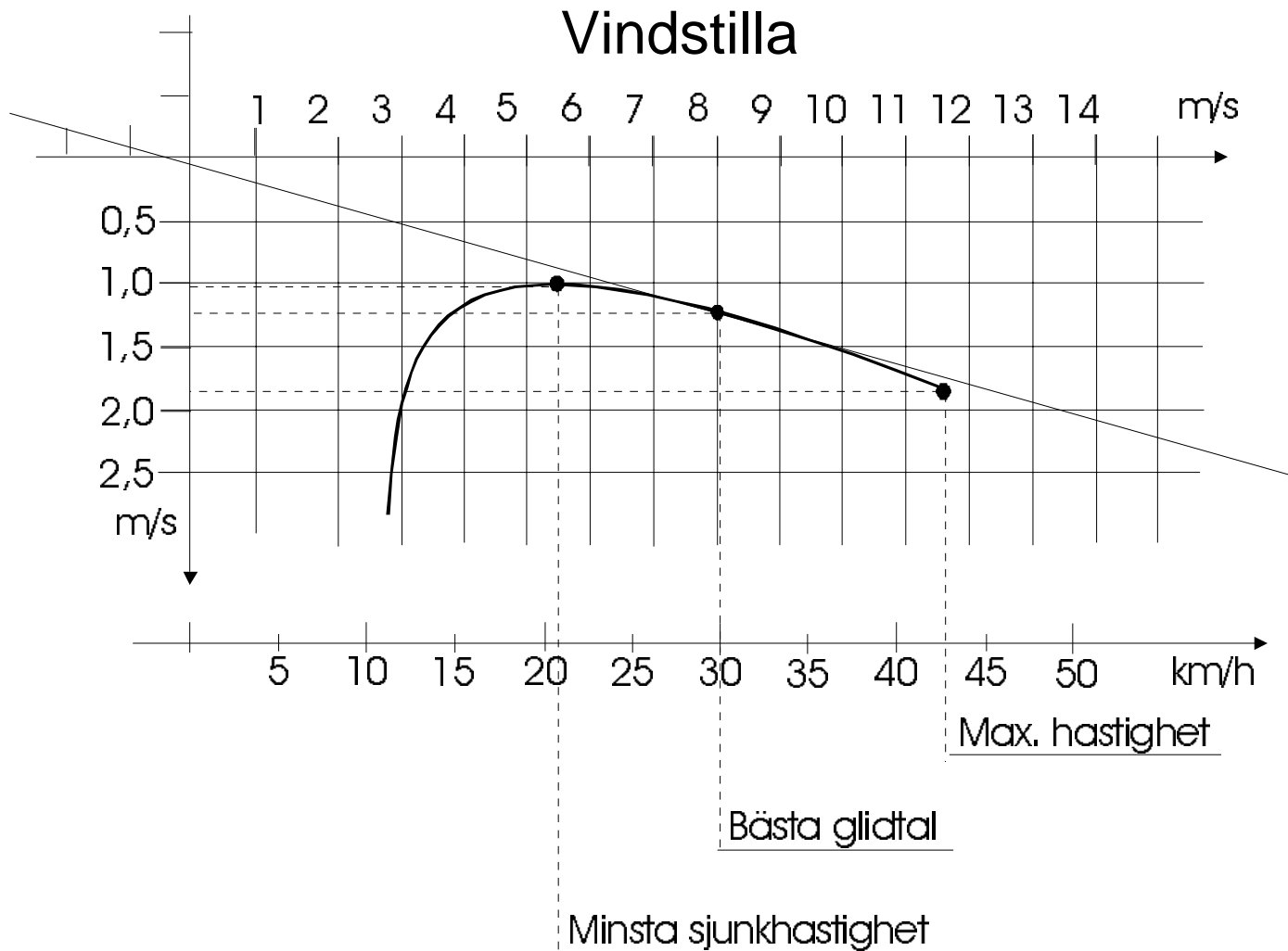


Glidtal

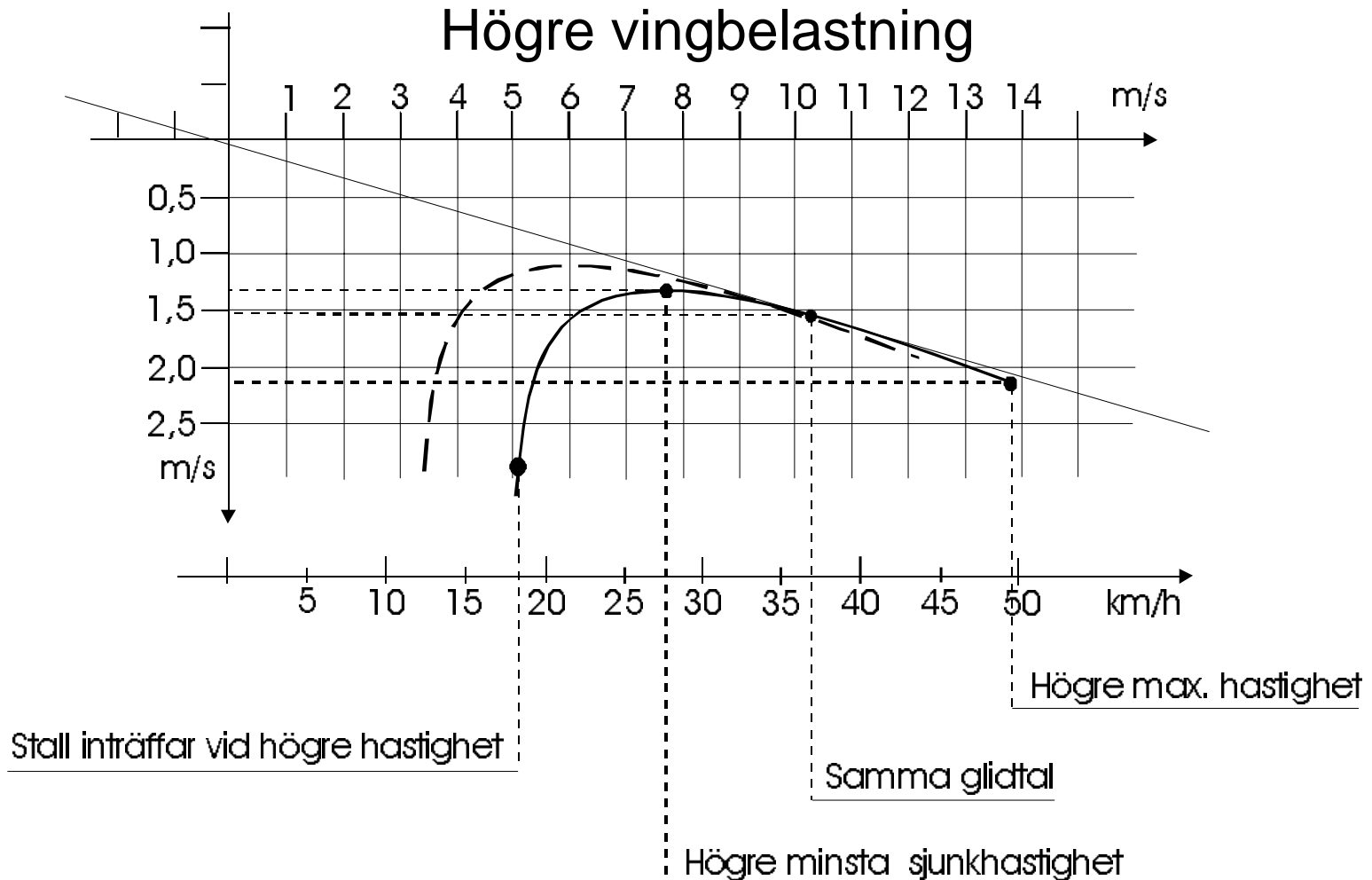
Glidtalet blir bäst då totalmotståndet är som lägst.



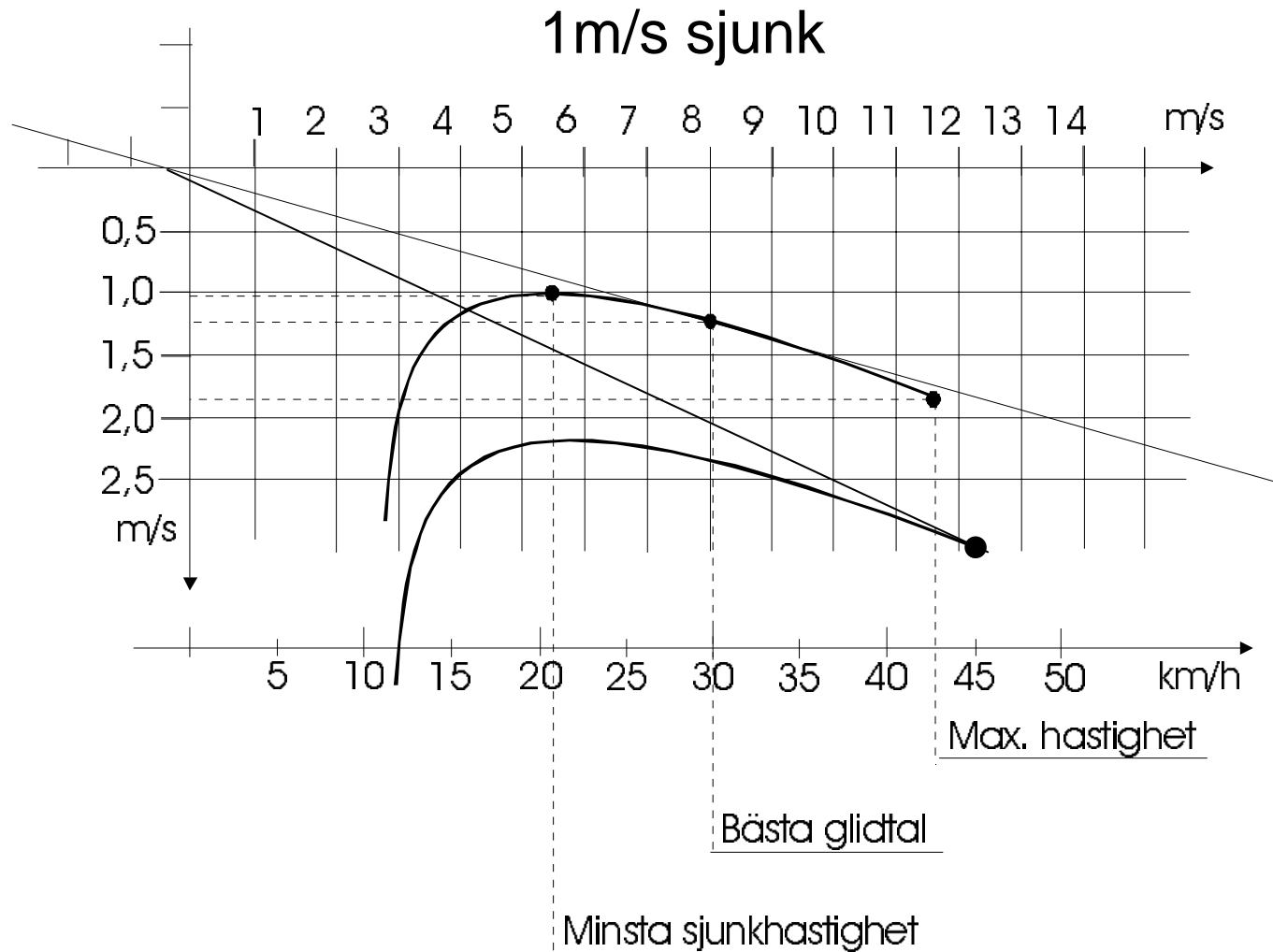
Aerodynamik – polardiagram



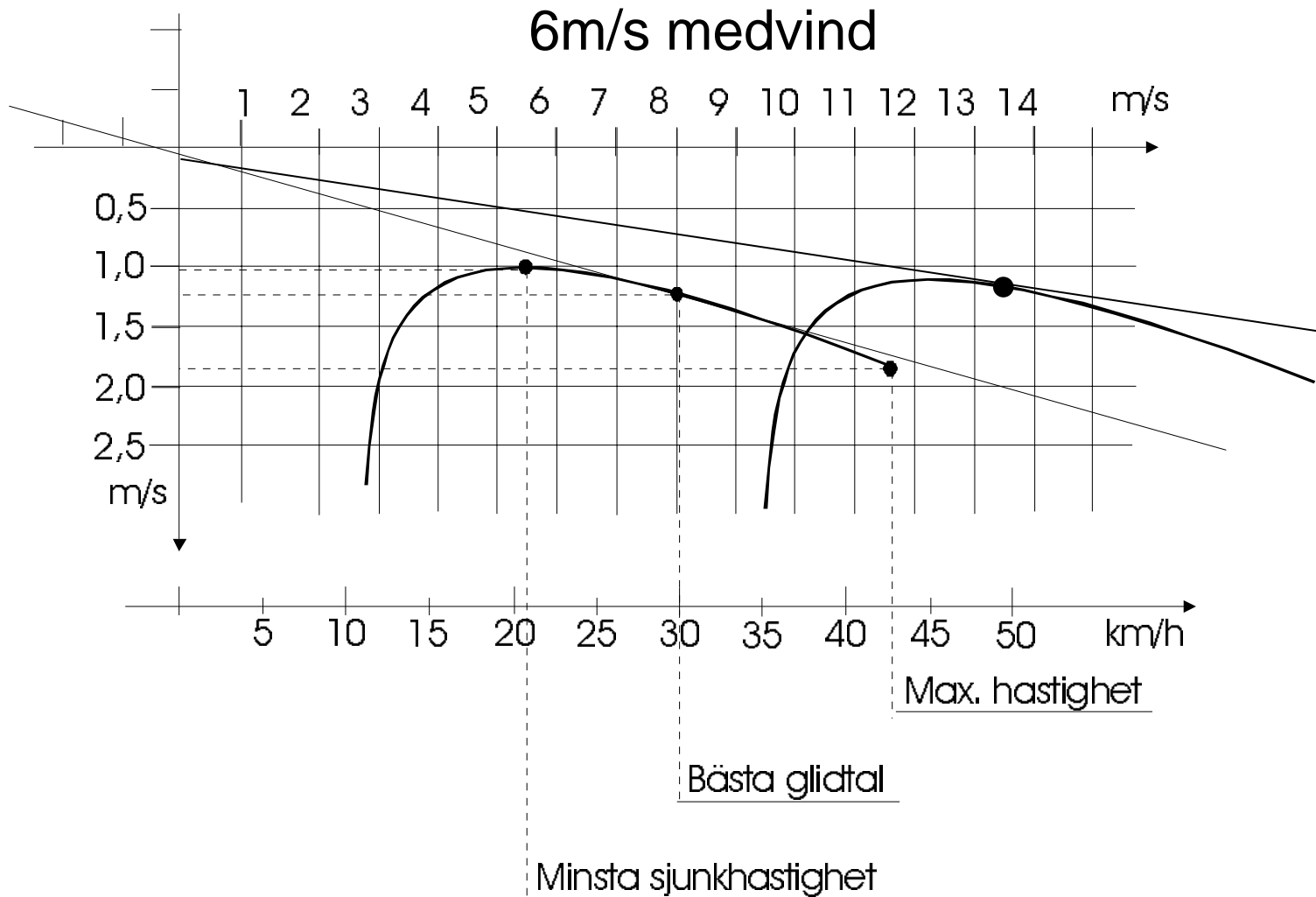
Aerodynamik – polardiagram



Aerodynamik – polardiagram

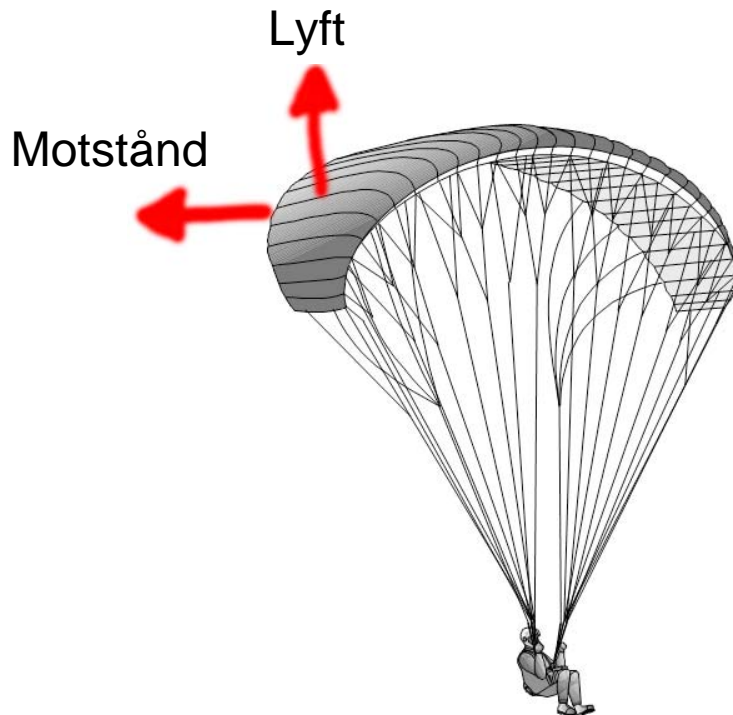


Aerodynamik – polardiagram

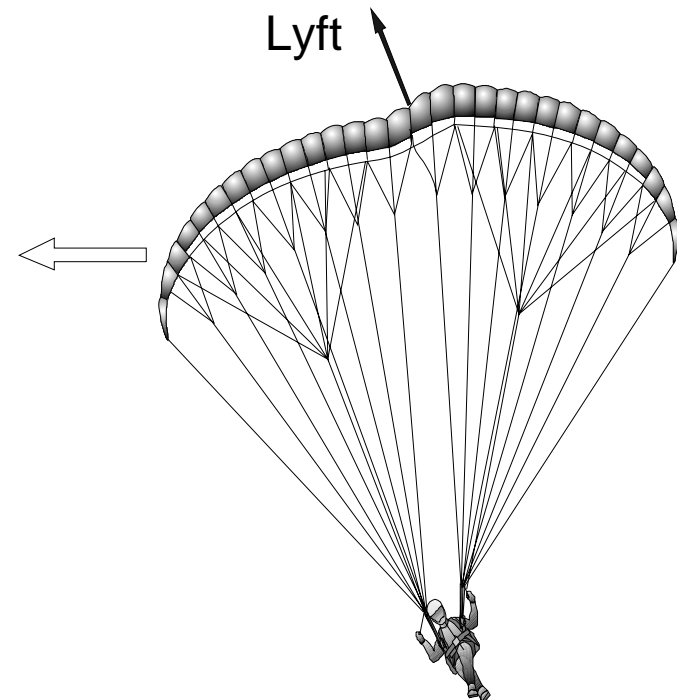


Vad som händer vid sväng

Inträde i högersväng utan viktstyrning:
Motståndskraften driver svängen.
Lyftkraften motverkar svängen.

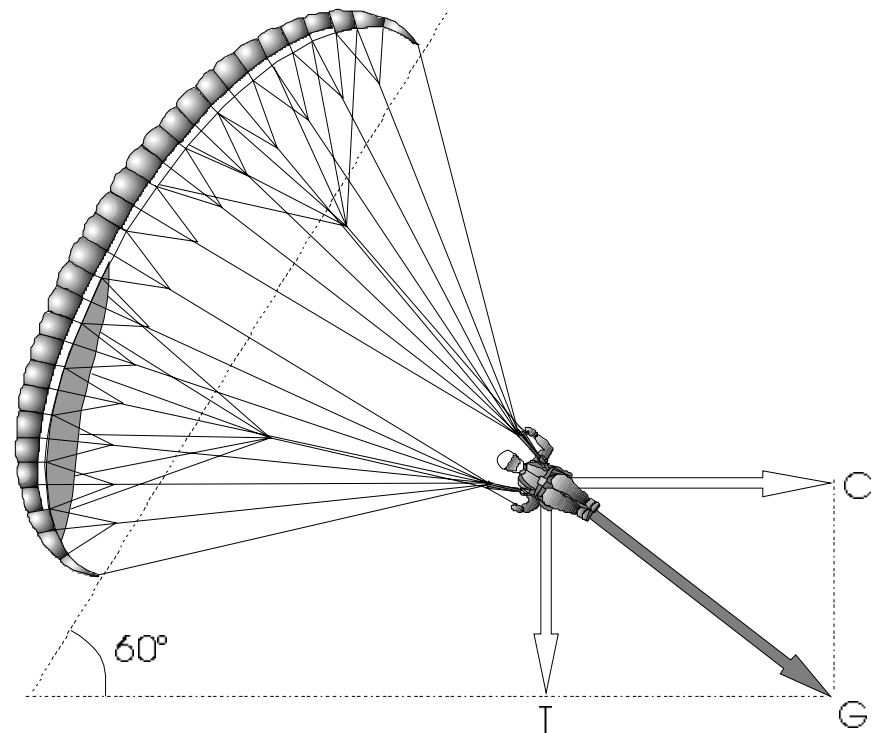
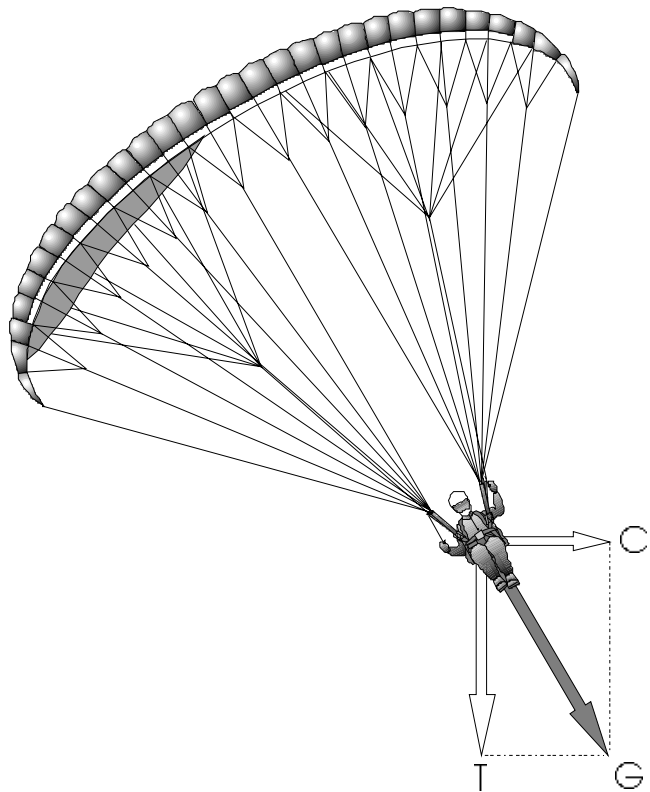


Inträde i högersväng med viktstyrning:
Sned lyftkraft driver skärmen till bankning vilket driver svängen.



Aerodynamik – sväng

$$\text{Lastfaktor} = G/T$$



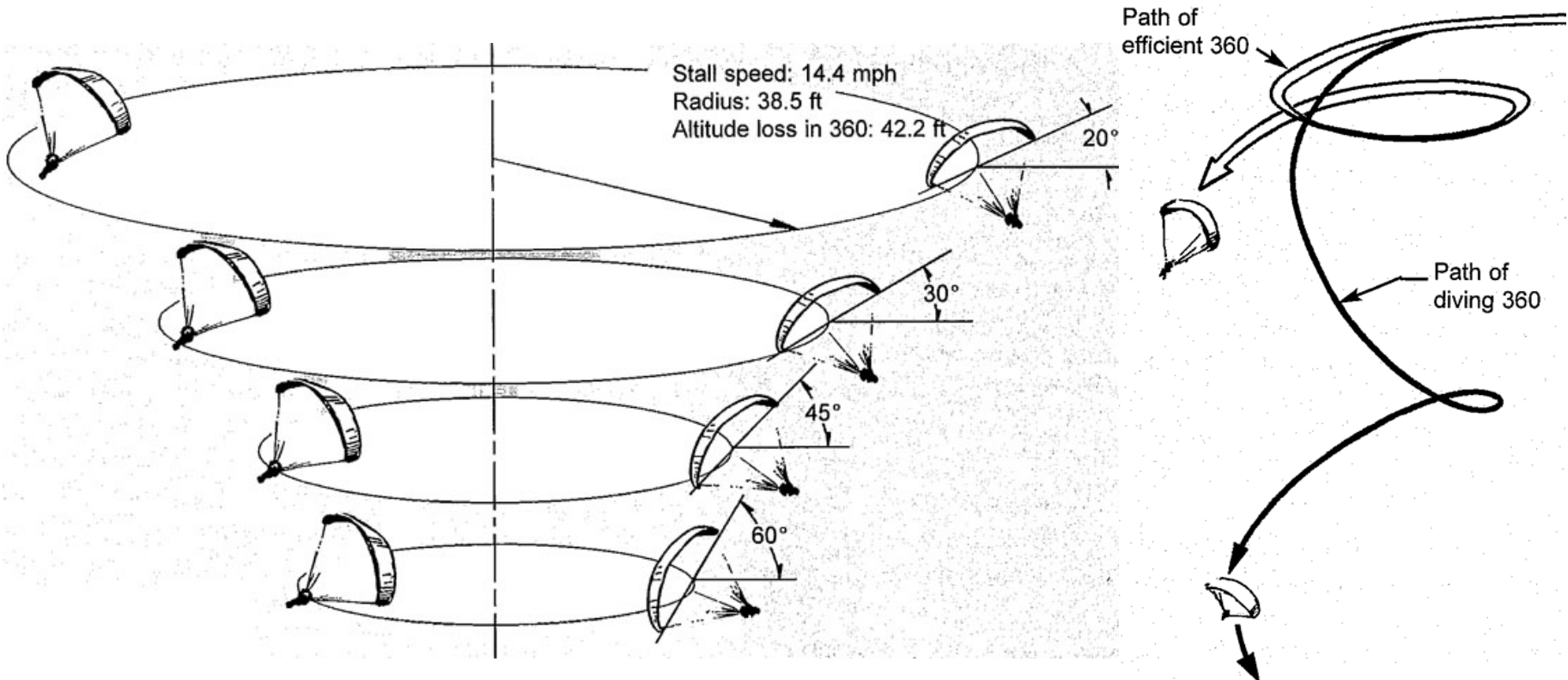
T=Totala tyngdkraften (flygvikten)

C=Centrifugalkraften

G=Totala svängbelastningen

Aerodynamik – sväng

Mer bankning ger tajtare sväng, högre fart och högre sjunk.



Aerodynamik – prestanda

- Högre sidoförhållande ger mindre tippvirvlar fast känsligare skärm och kortare bromsväg till stall.
- Längre linor ger en planare skärm fast med häftigare dynamiska egenskaper.
- Fler celler och mindre cellöppningar ger en slätare vingform fast en känsligare skärm med mindre celltryck.
- Färre linor ger mindre luftmotstånd vilket kan åstadkommas med diagonalceller.
- Slutna celler ger bättre strömning över skärmen fast mindre celltryck.

Aerodynamik – frågor

- Hur uppkommer lyftkraften?
- Vilka fem faktorer påverkar lyftkraften och vilka kan du påverka under flygning?
- Vilka linor bär allra största delen av totalbelastningen?
- Vad är glidtal? Ange två olika definitioner.
- Hur påverkar medvind respektive motvind glidtalet över marken och hur flyger du för bästa glid?
- Hur påverkas din fart och ditt glidtal om du flyger med barlast och vad kan hända om du flyger med en total vikt över skärmens högsta klassade vikt?
- Har lyftkraften minskat eller ökat efter att du har ökat farten från minsta sjunk till flygning med full speed?
- Hur definieras sidoförhållande?
- Hur definieras vingbelastning?
- Vad är skillnaden mellan skärmens verkliga yta och dess projicerade yta?