

# Flygningens Grundprinciper

(Aerodynamik)





# Syfte och frågeställningar

- Varför flyger flygplan?
- Varför behöver flygplanet en motor?
- Varför måste vi trampa sidroder när vi svänger?
- Är det alltid bra att ta ut klaff vid landning?
- Vad händer om vi lastar baktungt?
- Vad händer om vi flyger för långsamt eller för snabbt?

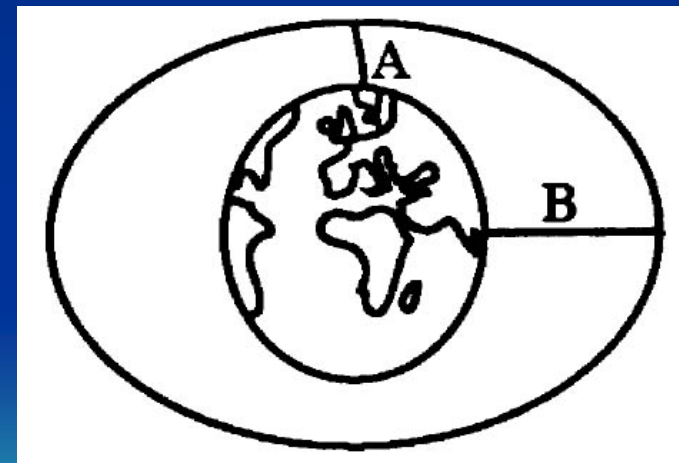
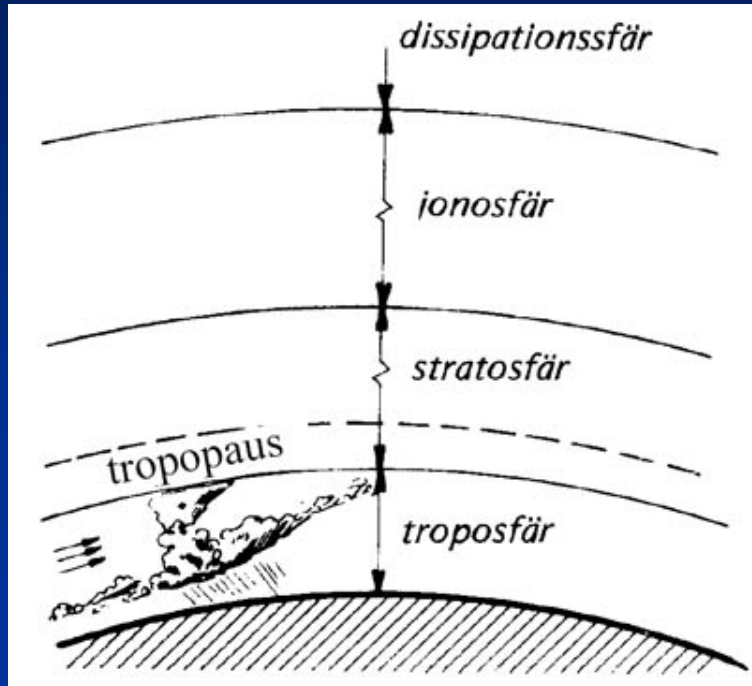


# Kursupplägg

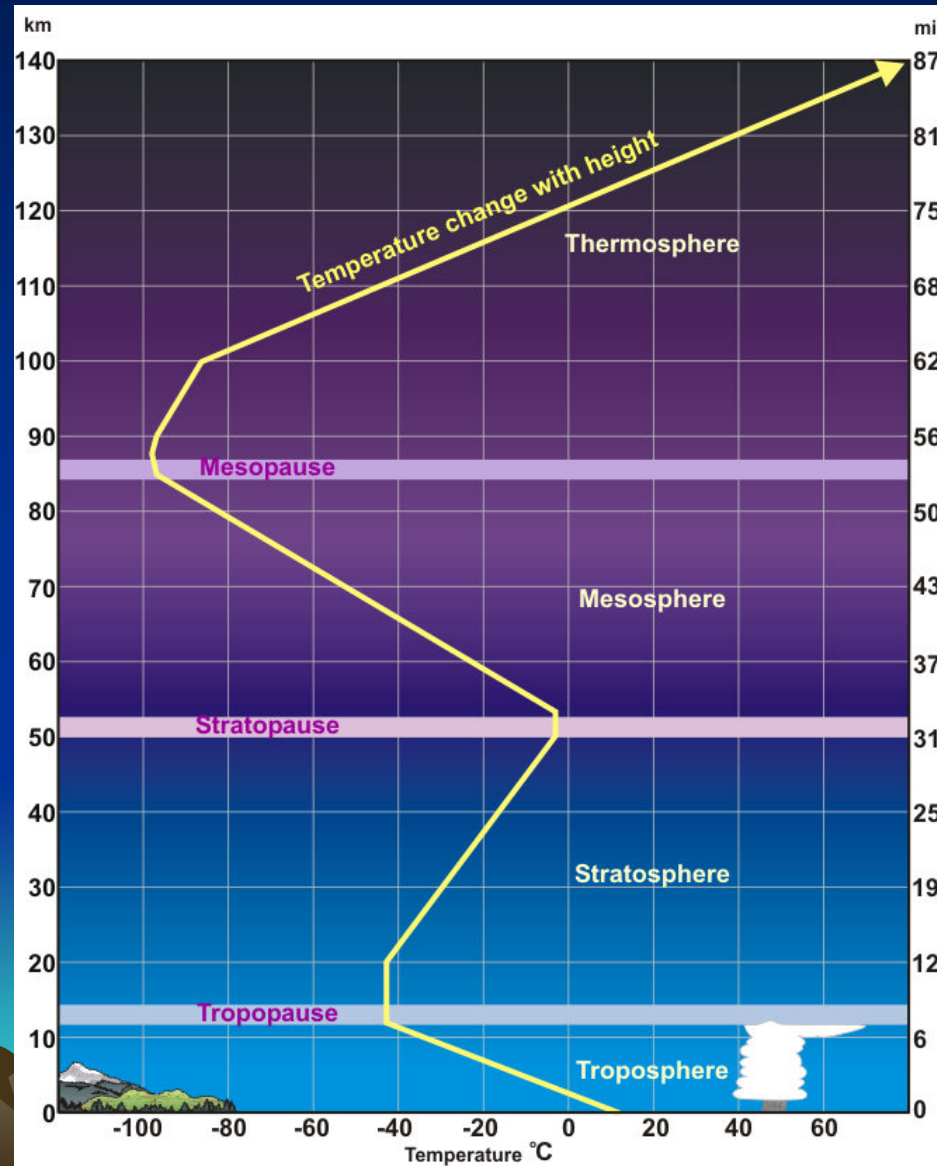
- Atmosfären & fysikaliska grunder
- Lyftkraft & motstånd
- Vingprofiler & höglyftanordningar
- Rodrens verkan
- Propellerns aerodynamik
- Stall & spin
- Kraftsamverkan
- Stabilitet
- Operativa begränsningar



# Atmosfären



# Atmosfären



# ISA

- International Standard Atmosphere (ICAO)
  - Lufttrycket vid havsytan: 1013,25 hPa
  - Temperaturen vid havsytan: +15°C
  - Temperaturavtagande: 2° / 1000 ft
  - Tropopaushöjd: 11 km
  - Tropopausens temperatur: -56,5°C
  - Temperaturen är konstant mellan: 11-20 km



# Fysikaliska grunder

- Enheter
- Fysikaliska principer och samband





# Enheter

- Kraft, Newton (N)
  - $F = ma$
- Massa, kilo (kg)
- Tryck, Pascal ( $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ )
- Arbete, joule ( $\text{J} = \text{Nm}$ )
- Effekt, watt ( $\text{W} = \text{J}/\text{s}$ )



# Tryck och temperatur

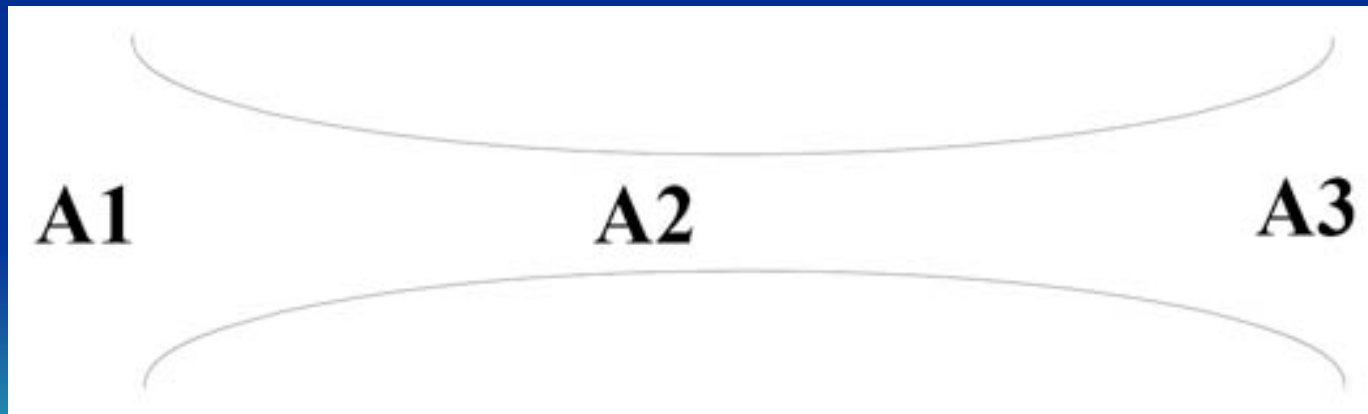
- Densitet  $\rho = \text{kg/m}^3$
- Temperatur
  - Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ), Kelvin (K)
- Statiskt tryck ( $p$ )
- Dynamiskt tryck ( $q$ )

$$\frac{p \cdot V}{T} = k$$

$$q = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

# Kontinuitetsekvationen

- Massflöde = kg/s
- Massflödet är konstant
- Massflöde =  $v A \rho$



# Bernoullis ekvation

- $p + q = \text{konstant}$



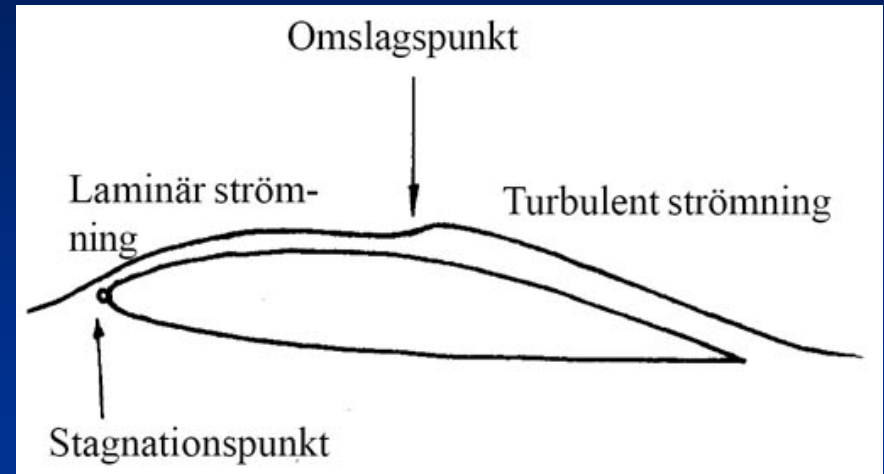
# Newton's 2: a lag

- $F = m a$

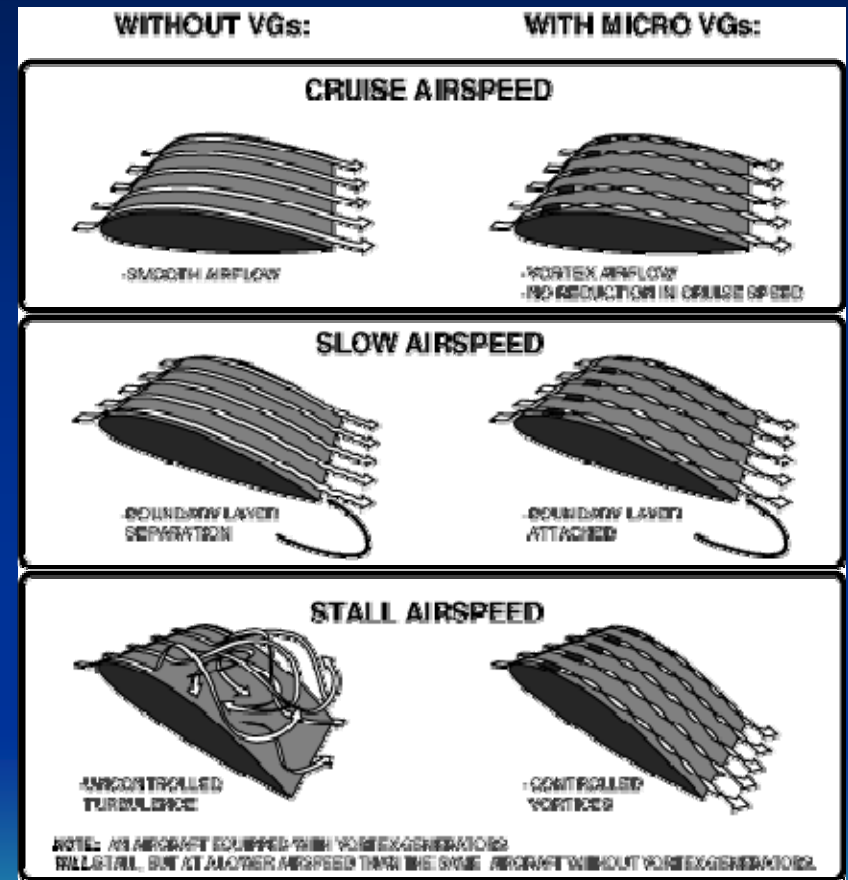


# Gränsskikt

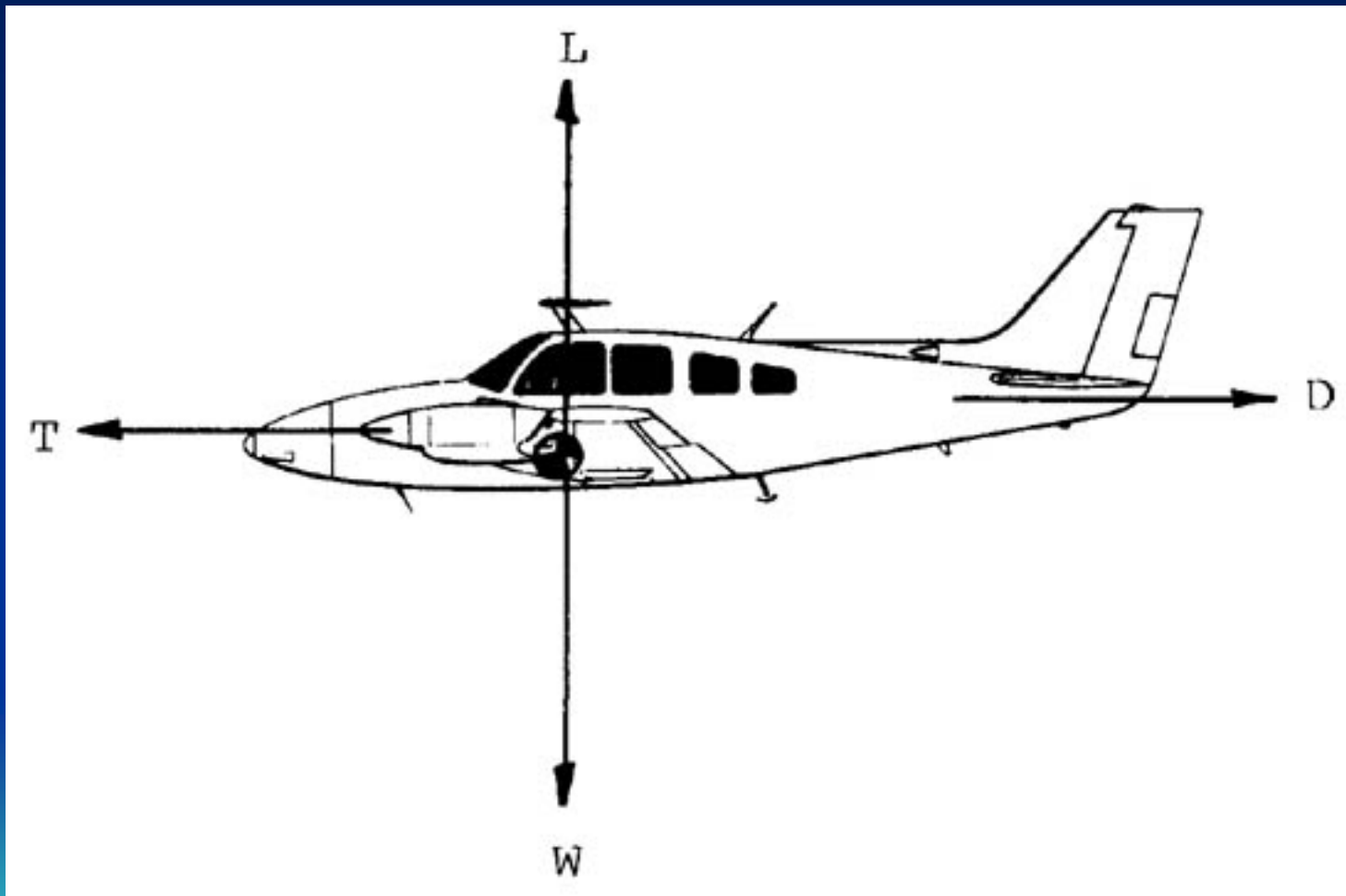
- Laminär strömning
  - Ordnad strömning
  - Lägre hastighet
- Turbulent strömning
  - Tjockare
- Omslagspunkt
  - Anfallsvinkel
  - Ytfinish



# Vortexgenerator



# Lyftkraft





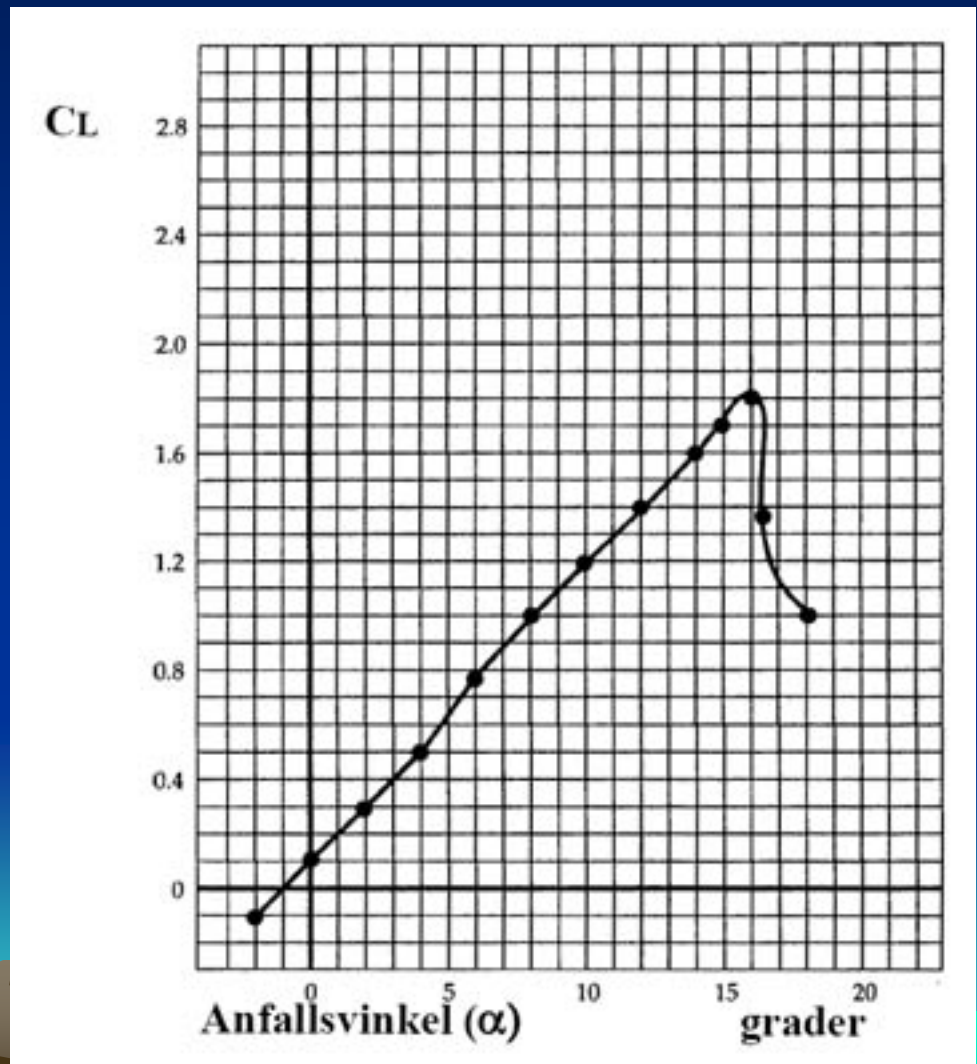
# Lyftkraft

$$L = C_L \cdot q \cdot S$$

- $C_L$  = Lyftkraftskoefficienten
- $q$  = Dynamiska trycket
- $S$  = Vingytan

$$L = C_L q S$$

- Funktion av  $\alpha$
- Oberoende av storlek och fart



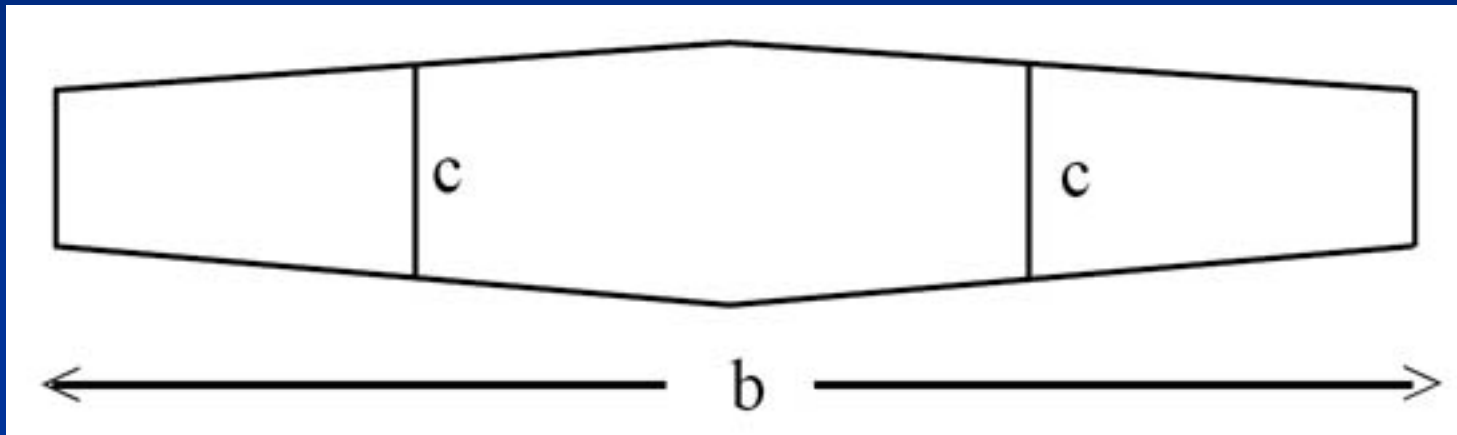
$$L = C_L q S$$

- Dynamiska trycket
- $v = \text{TAS}$

$$q = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

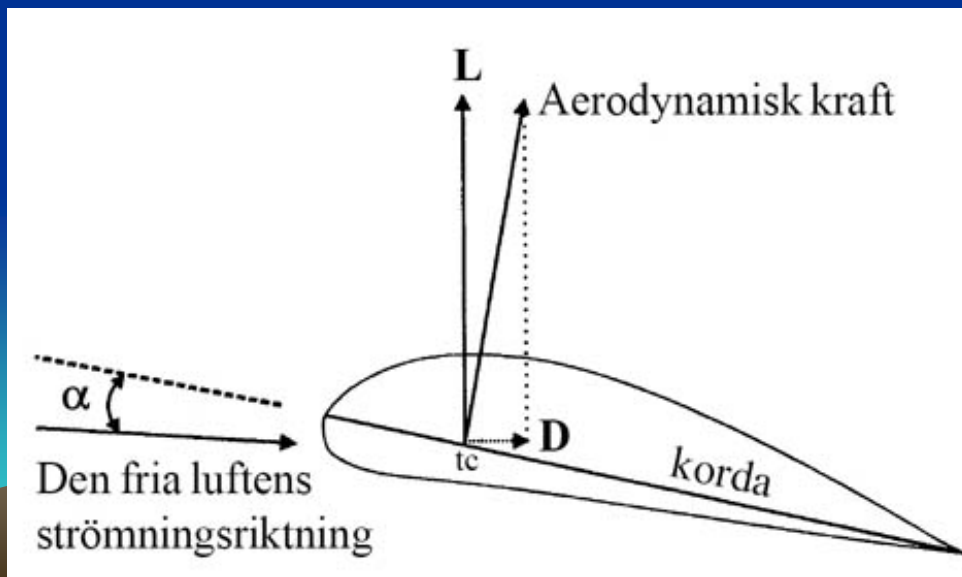
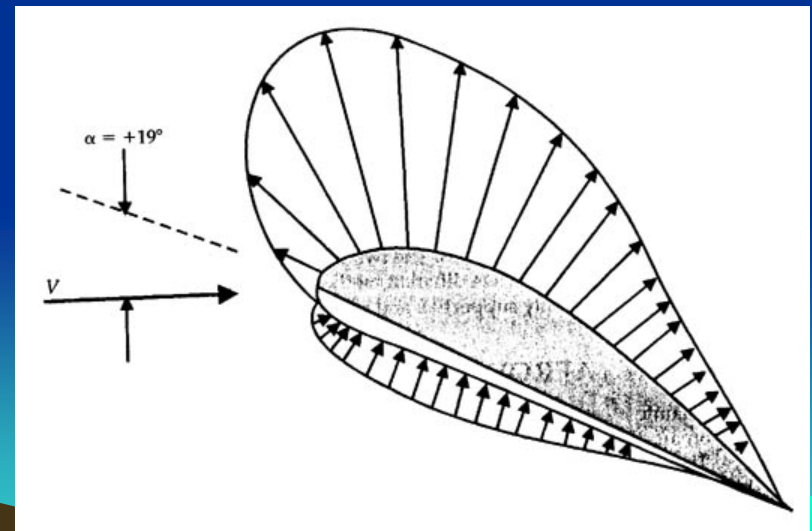
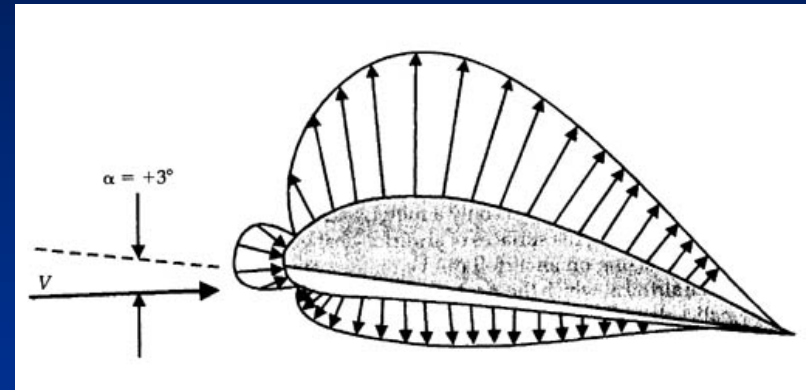
$$L = C_L q S$$

- Vinytan



# Lyftkraft

- Anfallsvinkel
- Korda
- Tryckcentrum
- Vingprofiler



# Motstånd

- Nollmotstånd (Parasite drag)
- + Inducerat motstånd (Induced drag)
- = Totalt motstånd (Total drag)



# Nollmotstånd

- Formmotstånd
- Friktionsmotstånd
- Interferensmotstånd
- Vågmotstånd

$$D_0 = C_{D_0} \cdot q \cdot S$$



# Inducerat motstånd

- Ändvirvlar (vortex)
- Nedsvep minskar effektiv anfallsvinkel

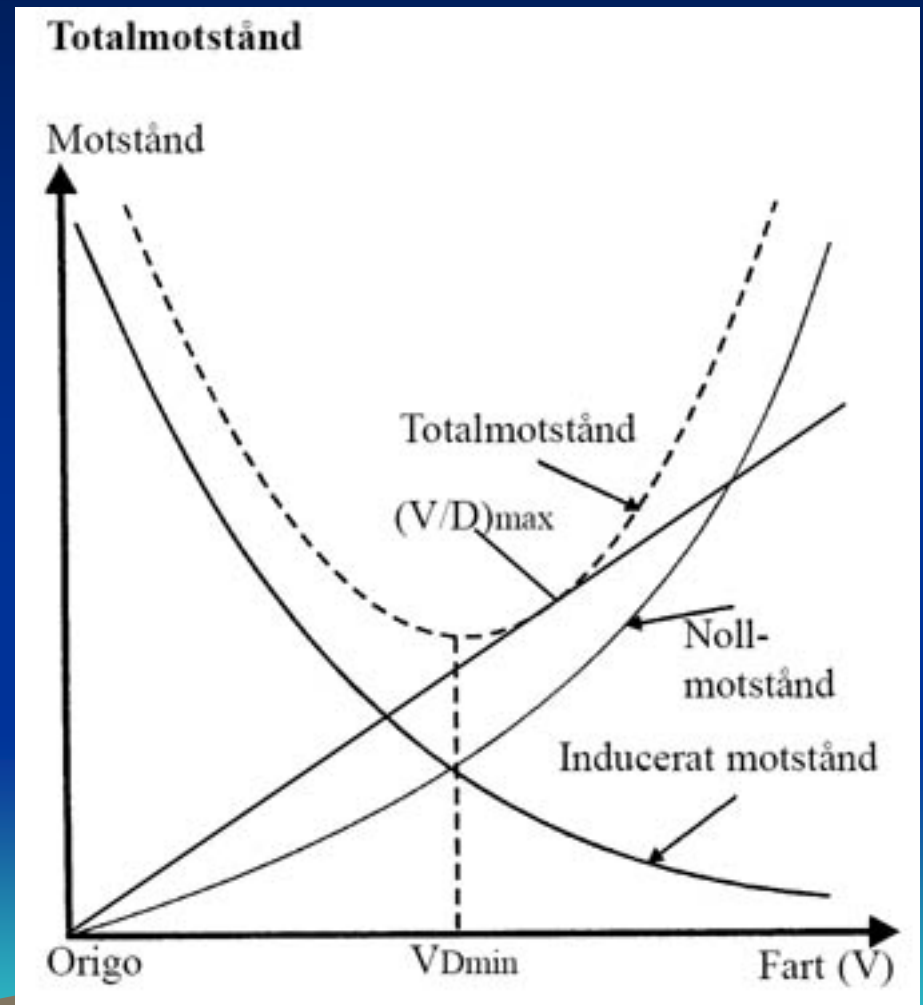
$$C_{D_i} = k \cdot \frac{(C_L)^2}{AR}$$





# Totalt motstånd

$$D = (C_{D_0} + C_{D_i}) \cdot q \cdot S$$



# Faktorer som påverkar motståndet

- Höglyftanordningar
- Kylklaffar
- Landningsställ
- Markeffekt
- Farten



