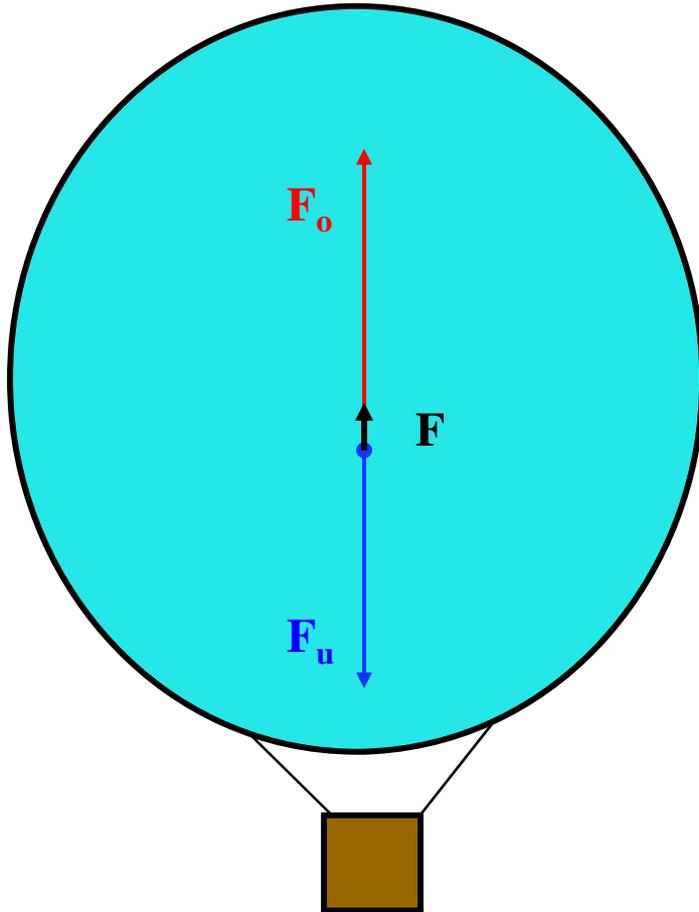


# 7. Fliegen und Luftfahrt

- 7.1 Statischer Auftrieb: Heißluftballon und Zeppelin
- 7.2 Dynamischer Auftrieb: Flugzeug
- 7.3 Vortrieb: Düsentriebwerk
- 7.4 Vogelflug
- 7.5 Biographie: Otto Lilienthal

# Kräfte auf einen Ballon



## Gewichtskräfte:

Füllgas  $F_{\text{gas}} = m_G g$

Hülle  $F_{\text{Hülle}} = m_H g$

Korb  $F_{\text{Korb}} = m_K g$

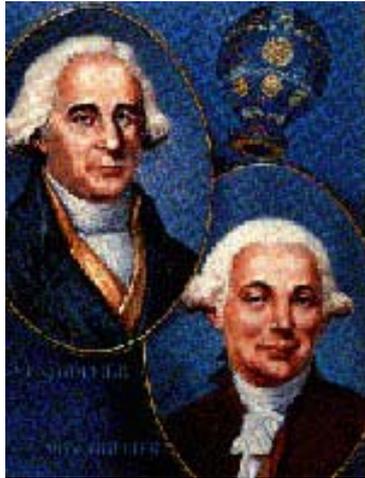
Passagiere  $F_{\text{Pass}} = m_P g$

**Gesamtgewicht:**  $F_u = (m_G + m_H + m_K + m_P) g$

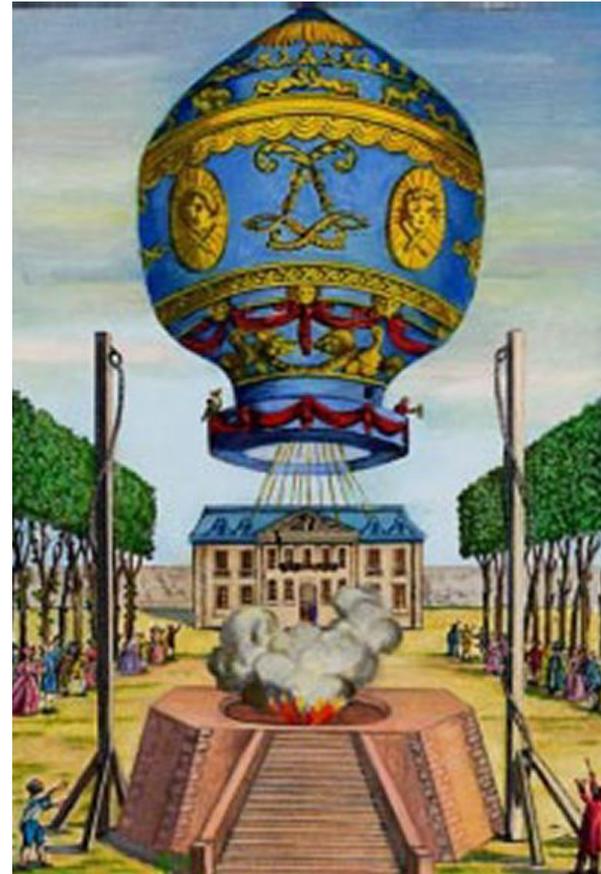
**Auftriebskraft:**  $F_o = - F_{\text{Luft}}$   
 $= - m_L g$   
 $= - \rho_L V_B g$

**Gesamtkraft:**  $F = F_u + F_o$

# Heißluftballon der Brüder Montgolfier



Die Brüder Étienne Jaques und Michel Joseph de Montgolfier, Erfinder des Heißluftballons



Erster bemannter Flug am 21.11.1783

Ballonvolumen ca.  $600 \text{ m}^3$ , Radius 5,23 m

# Heutige Heißluftballons



Volumen: 6000 m<sup>3</sup>,  
Radius: 11,27 m

Auftrieb: 72000 N  
Nutzlast: ca. 3,6 t

4 bis 10 Passagiere

Betriebsstunden:  
400 bis 500

Kosten: ca. 80000 Euro



# Zeppelin



## **Daten für Luftschiffe aus dem Jahre 1914:**

Länge: 120 - 150 m

Volumen: 22000 -25000 m<sup>3</sup>

Nutzlast: bis zu 9 t

Vortrieb durch 3 Motoren  
mit je 200 PS

Geschwindigkeit: bis zu 80 km/h

# Strömungen am Flügel

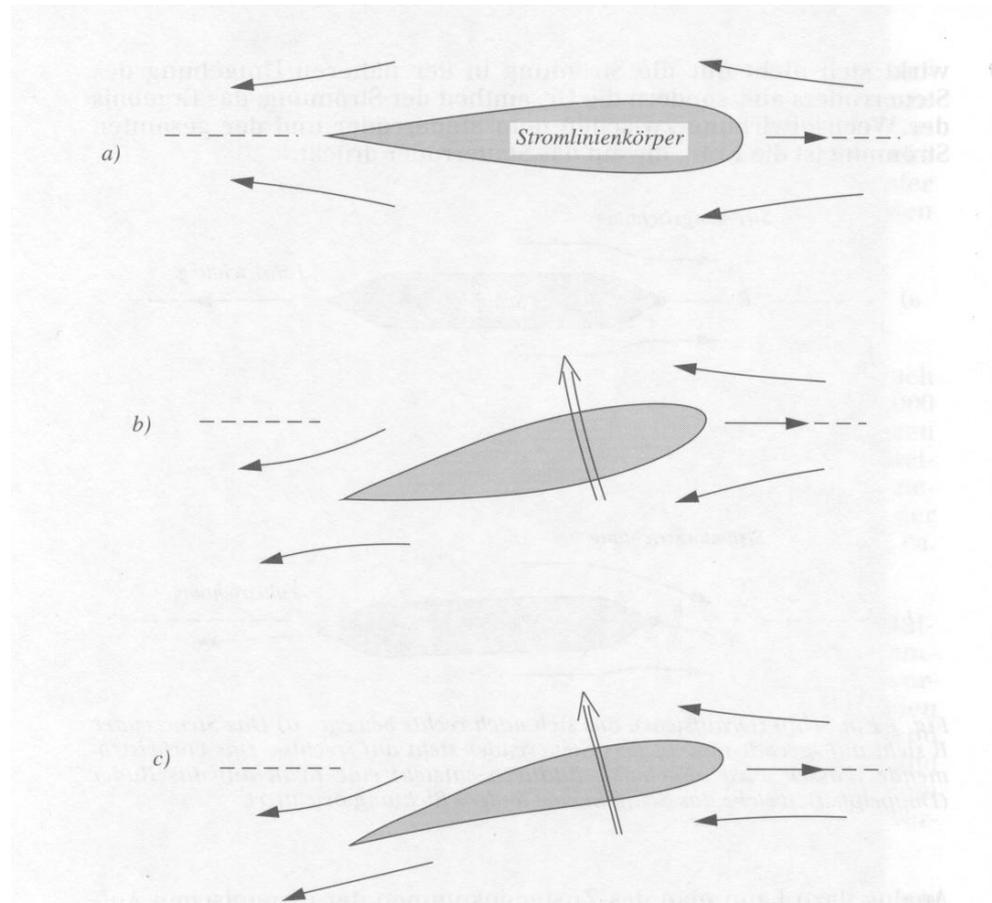
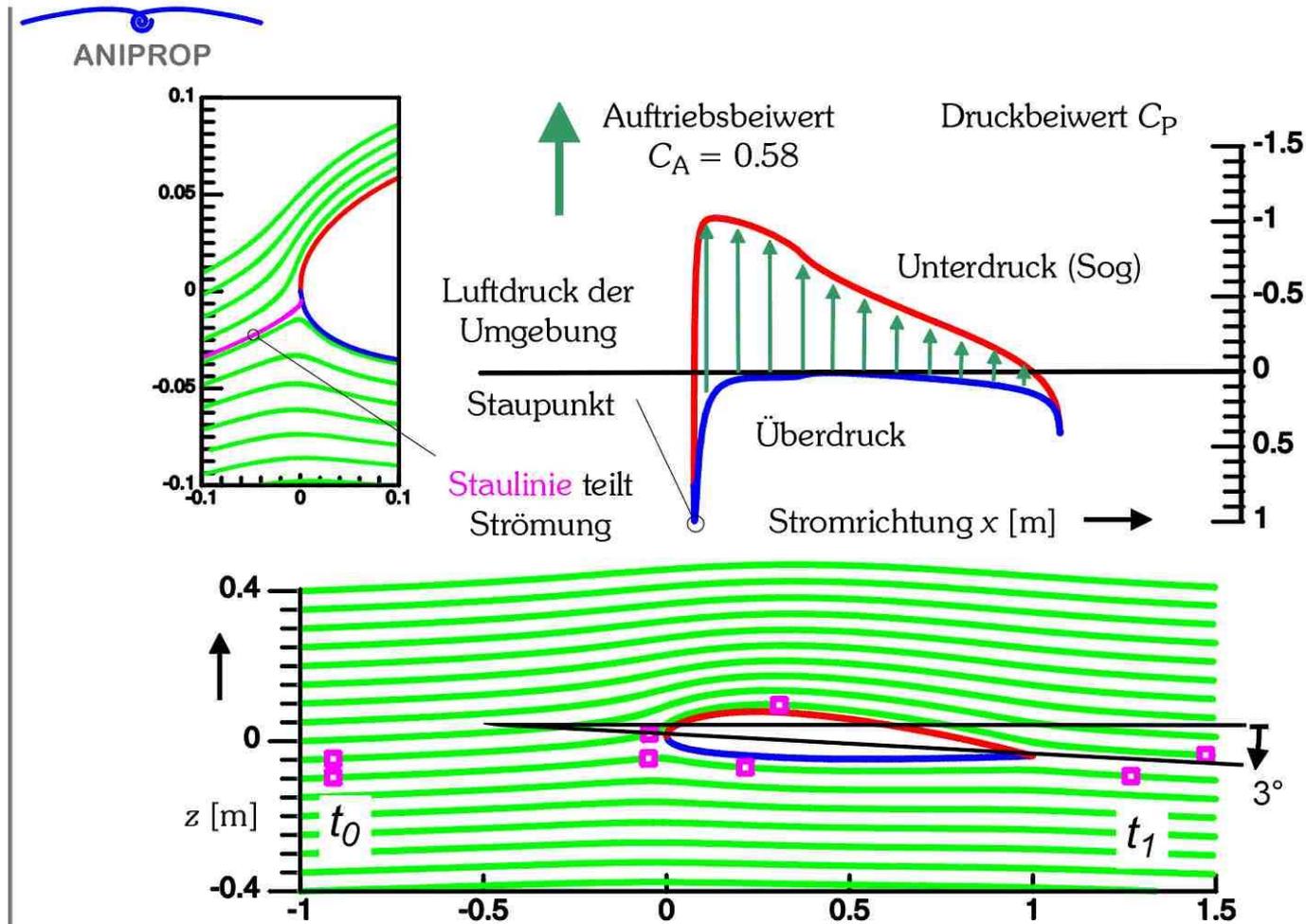


Fig. 2 a) Ein stromlinienförmiger Körper wird längs seiner Symmetrieachse angeströmt. Er wird symmetrisch umströmt. b) Der Körper steht schräg im Luftstrom; er lenkt den Luftstrom aus seiner ursprünglichen Richtung ab. Dadurch entsteht eine Kraft (Doppelpfeil). c) Tragflügelprofil, schräg im ankommenden Luftstrom stehend. Aufgrund der Luftablenkung nach unten entsteht die dynamische Auftriebskraft nach oben.

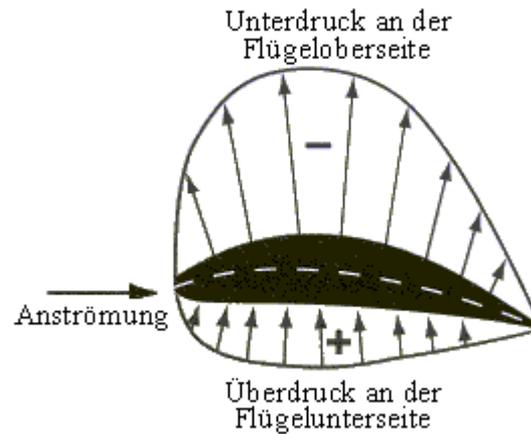
# Dynamischer Auftrieb an einer Tragfläche



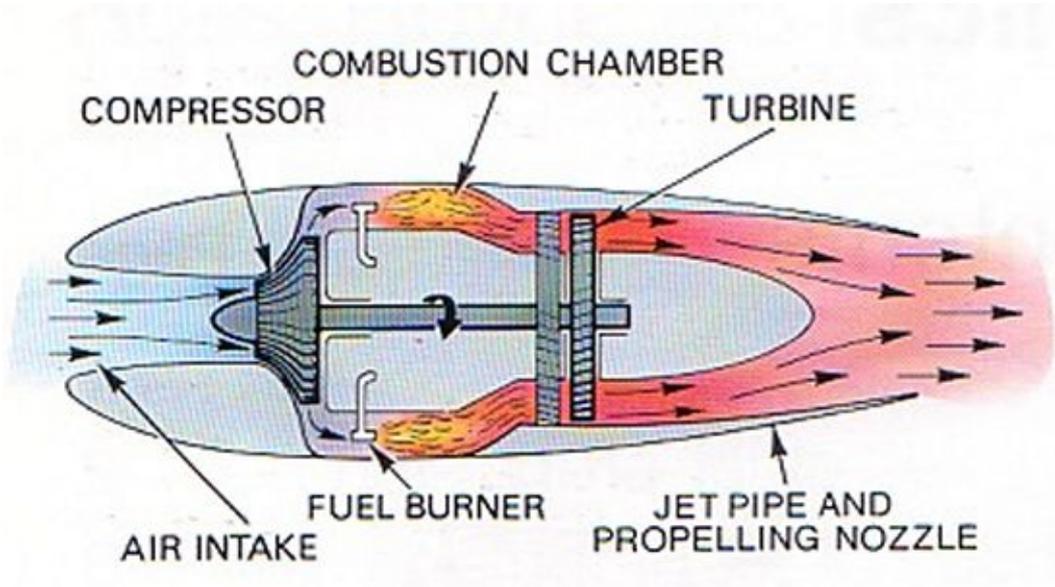
**Auftrieb einer 2D Tragfläche**  
 Querschnitt NACA2312, Anstellwinkel  $3^\circ$

# Druckverteilung am Flügelprofil

## Druckverteilung am Flügelprofil



# Düsentriebwerke



# Auf- und Abschlag beim Vogelflug

Normalkraft (instationär) + Auftrieb (stationär)

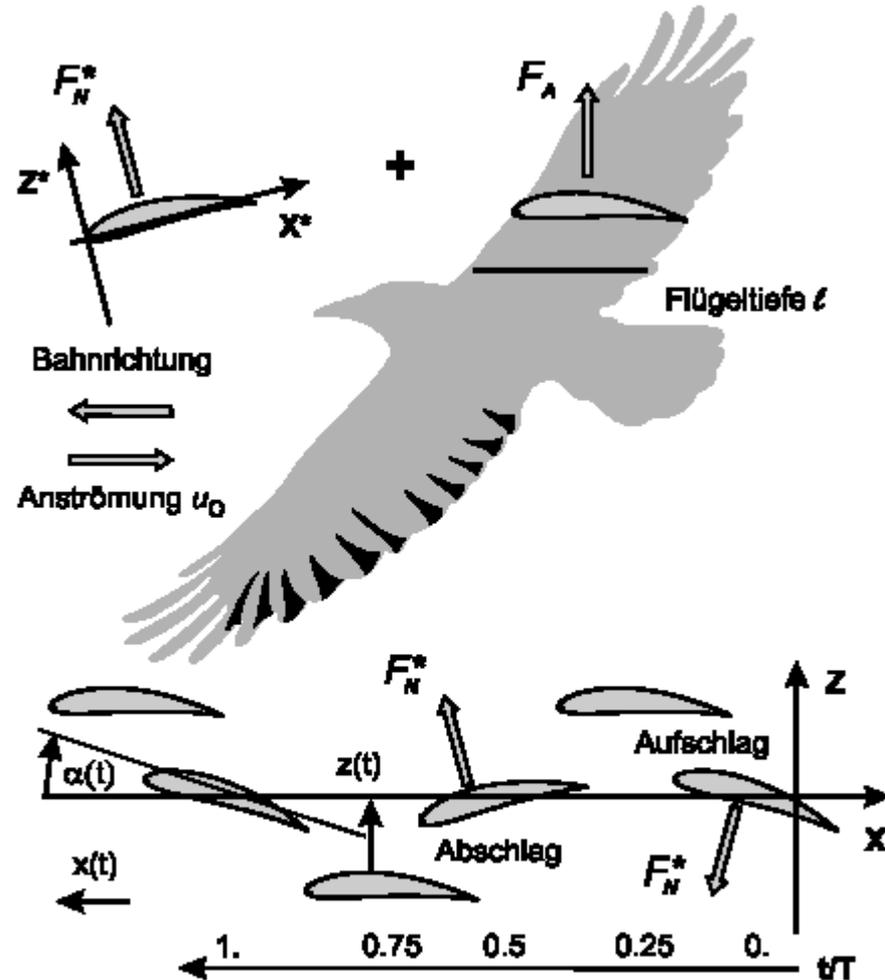
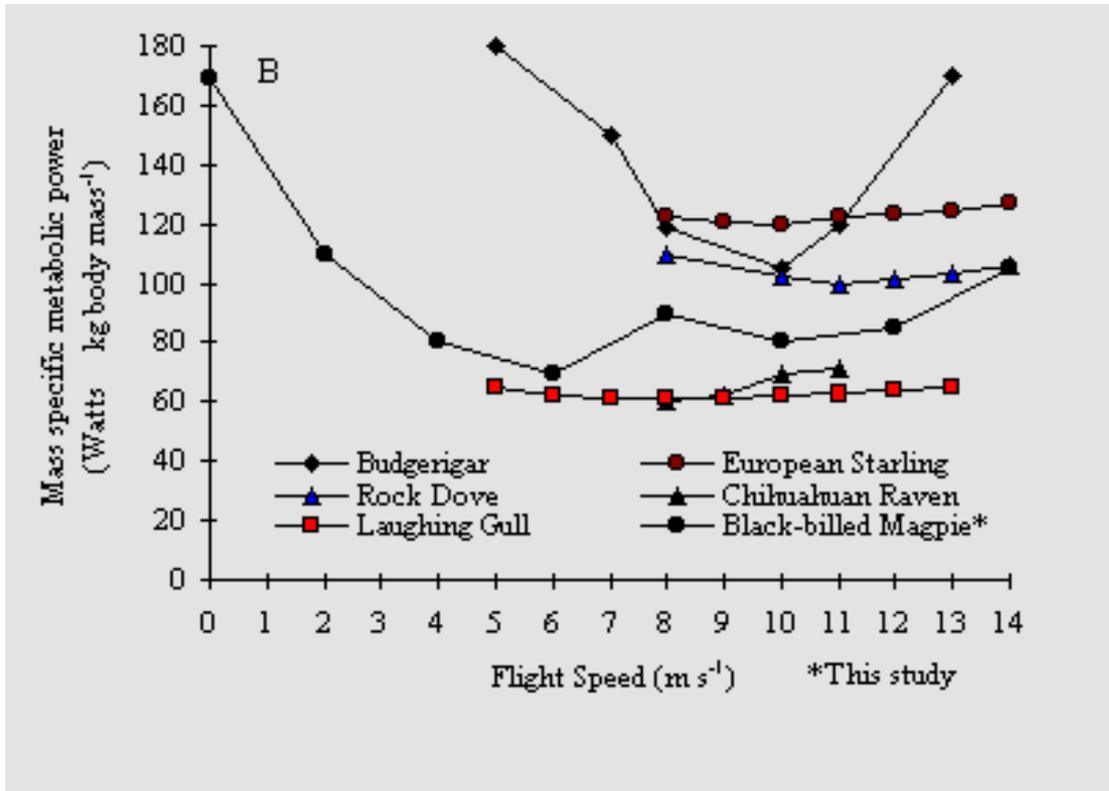


Abb. 5: Mechanismus des Schwingenflugs, Elementare Darstellung.

# Energieverbrauch verschiedener Vögel beim Fliegen



# Otto Lilienthal (1848 – 1896)

*"Von allen, die das Problem des Fliegens im 19. Jahrhundert behandelten, war Otto Lilienthal zweifelsfrei der Bedeutendste."*

Wilbur Wright

