

## 1 Flugtechnik

### 1.1 Atmosphäre

#### 1.1.1 Allgemeine Eigenschaften

Zusammensetzung:  $\sim 78\%N_2, \sim 21\%O_2, \sim 1\%He, H, He$

**Troposphäre (0-7/17 km):**  $\frac{dT}{dH} = -6.5 \cdot 10^{-3} \frac{K}{m}$   
In ihr findet das Wetter statt

**Tropopause (abhängig von Breitengrad und Jahr):**  
Äquator (17 km):  $T = 191K$   
Pole (7km):  $T = 221K$

**Standardatmosphäre (11 km):**  $T_{11000} = 216.65K, p_{11000} = 226.32HPa, \rho_{11000} = 0.3639kg/m^3$

**Stratosphäre (bis  $\sim 50$  km):**  $T = 217K$  (direkt über Tropopause, max. bei 50 km)

**Stratopause ( $\sim 50$  km):**  $T = 273K$

**Mesosphäre (bis  $\sim 80$  km):**  $T = 173K$  (negativer Temp. gradient)

**Thermosphäre und Ionosphäre (bis  $\sim 800km$ ):**  $T = 1270K$  bei  $480km$

**Exosphäre (ab  $800km$ ):** Führt gleitend in den Weltall

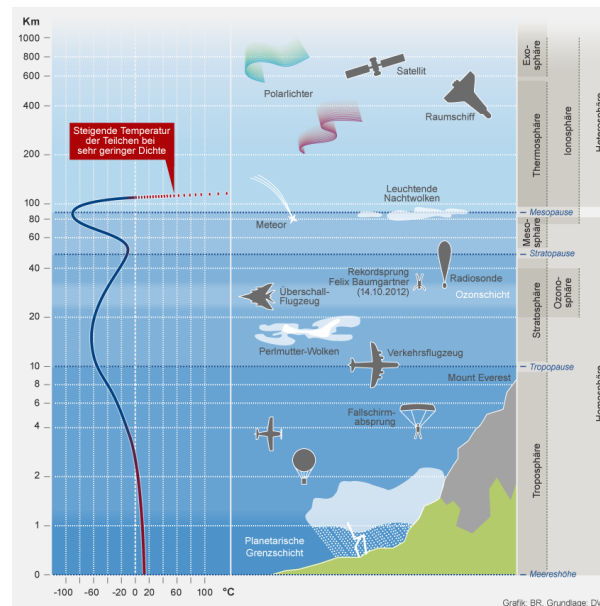
**Physikalischen Eigenschaften:**

- $p = \rho RT$  mit  $R = 287.3J/(kgK)$
- Bernoulli:  $p + \frac{\rho}{2} V^2 = const$
- Schallgeschwindigkeit:  $a = \sqrt{\gamma RT}$  mit  $\gamma = c_p/c_v$
- $\frac{\Delta p}{\rho} \approx \frac{1}{2} M^2$ , Machzahl  $M = V/a$

### 1.2 Standardatmosphäre

- $H = 0m$

- $T = 288.15K, p = 1013HPa, \rho = 1.225kg/m^3, g = 9.806m/s^2$
- $H < 11000m$ :
- $\frac{T}{T_0} = \Theta(H) = 1 + \frac{a}{T_0} H = 1 - 22.558 \cdot 10^{-6} \cdot H$
- $\frac{p}{p_0} = \delta = \Theta^{5.2561}$
- $\frac{\rho}{\rho_0} = \sigma = \Theta^{4.2561}$
- $H = 11000m$ :
- $\frac{T_{11000}}{T_0} = 0.7519, \frac{p_{11000}}{p_0} = 0.2234, \frac{\rho_{11000}}{\rho_0} = 0.2971$
- $11000m < H < 25000m$ :
- $\frac{T}{T_0} = 0.7519, \frac{p}{p_0} = 0.2234 \cdot e^{-\frac{H-11000}{6341.9}}, \frac{\rho}{\rho_0} = 0.2971 \cdot e^{-\frac{H-11000}{6341.9}}$
- Dynamische Zähigkeit der Luft:
- $\mu = (1.458 \cdot 10^{-6} \cdot T^{1.5}) / (T + T + 110.4) Ns/m^2$
- $\mu_0 = 17.894 \cdot 10^{-6} Ns/m^2$

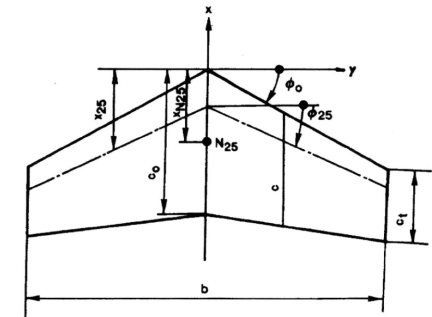


## 1.3 Auftrieb

### 1.3.1 Flügelgeometrie

- Zuspitzung:  $\lambda = \frac{c_t}{c_0}$
- Flügelfläche:  $F = \int_{-b/2}^{b/2} c(y) dy$
- Streckung:  $\Lambda = b^2/F$
- Mittl. geome. Flügeltiefe:  $\bar{c} = \frac{1}{b} \int_{-b/2}^{b/2} c(y) dy = F/b$
- Mittl. aero. Flügeltiefe:  $l_\mu = \frac{1}{F} \int_{-b/2}^{b/2} c^2(y) dy$
- Geometrischer Neutralpunkt = Ort wo die Änderung des Anstellwinkels keine Auswirkung auf Kraft und Moment hat
- $x_{N25} = \frac{1}{F} \int_{-b/2}^{b/2} c^2(y) x_{25}(y) dy \approx x_{c0/4}, y_{N25} = 0$

Achtung:  $b_{ges} = 2 \cdot b_{flügel}$ !



	Recht	Trapez	Dreieck	Ellipse
F	$bc$	$\frac{c_0+c_t}{2} b$	$\frac{c_0}{2} b$	$\frac{\pi}{4} bc_0$
$\Lambda$	$b/c$	$2b/(c_0 + c_t)$	$2b/c_0$	$4b/(\pi c_0)$
$\lambda$	1	$c_t/c_0$	0	-
$\bar{c}$	c	$(c_0 + c_t)/2$	$c_0/2$	$\pi/4$
$l_\mu$	c	$\frac{2}{3} \frac{c_0^2 + c_0 c_t + c_t^2}{c_0 + c_t}$	$2c_0/3$	$\frac{8}{3\pi} c_0$
$x_{25}$	$c/4$	$\frac{c_0}{4} + \frac{c_0 b}{6(c_0+c_t)} (1 + \frac{2c_t}{c_0}) tg(\phi_{25})$	$\frac{c_0}{4} \frac{b}{6} tg(\phi_{25})$	$\frac{c_0}{4} \frac{b}{6} tg(\phi_{25})$

---

### 1.3.2 Flügelprofile

	Flügel (3D)	Profil (2D)
Auftrieb	$c_A = \frac{A}{\frac{1}{2}\rho V^2 F}$	$c_a = \frac{A'}{\frac{1}{2}\rho V^2 c}$
Widerstand	$c_W = \frac{W}{\frac{1}{2}\rho V^2 F}$	$c_w = \frac{W'}{\frac{1}{2}\rho V^2 c}$
Nickmoment	$c_M = \frac{M}{\frac{1}{2}\rho V^2 F l_\mu}$	$c_m = \frac{M'}{\frac{1}{2}\rho V^2 c^2}$

Hierbei sind Grössen mit Apostroph pro Spannweite berechnet (Kraft/Moment pro  $b$ )

- **Auftriebspolaren:** Nullauftriebswinkel  $\alpha_0$  (Winkel wo aerodyn. Auftrieb verschwindet)
- $\alpha_0 = 0$  für symmetrische Profile
- $\alpha_0 < 0$  für gewölbte Profile
- **Linearbereich**
- $c_a = \frac{dc_a}{d\alpha}(\alpha - \alpha_0)$  mit Auftriebsgradient
- $\frac{dc_a}{d\alpha}$ : Konstant im Linearbereich
- **Maximaler Auftriebsbeiwert:**  $c_{a,max}$  bestimmt die Ab-  
rissgeschwindigkeit
- **Minimaler Auftriebsbeiwert:**  $c_{a,min}$  analog wie  $c_{a,max}$   
im Rückenflug

---

## 1.4 Widerstand

---

---

## 2 Einführung in die Fahrzeugaerodynamik

---

---

### 2.1 Grundlagen

---

---

### 2.2 Personenwagen

---

---

### 2.3 Nutzfahrzeuge

---

---

### 2.4 Rennfahrzeuge

---