

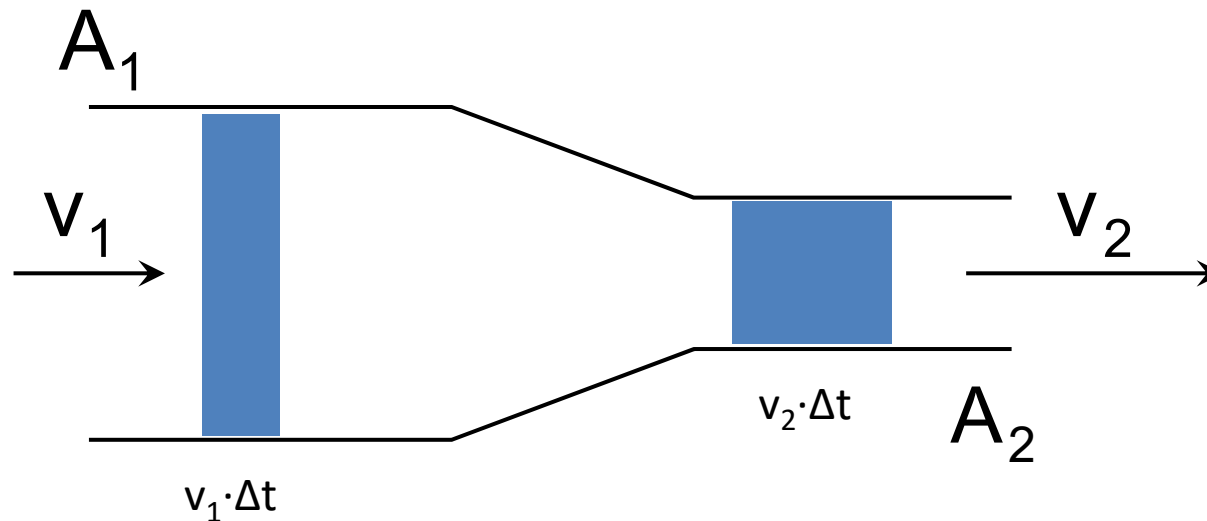
# Aerodynamischer Auftrieb



## KONTINUITÄTSGLEICHUNG



$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$



Bei Betrachtung inkompressibler Medien gilt die Massenerhaltung:

$$\begin{aligned} m_1 &= m_2 \quad \rightarrow \quad \rho \cdot V_1 = \rho \cdot V_2 \\ &\rightarrow \quad v_1 \cdot \Delta t \cdot A_1 = v_2 \cdot \Delta t \cdot A_2 \end{aligned}$$

Es gilt: Wo die Stromlinien dichter liegen, strömt die Flüssigkeit schneller.



## GESETZ VON BERNOULLI

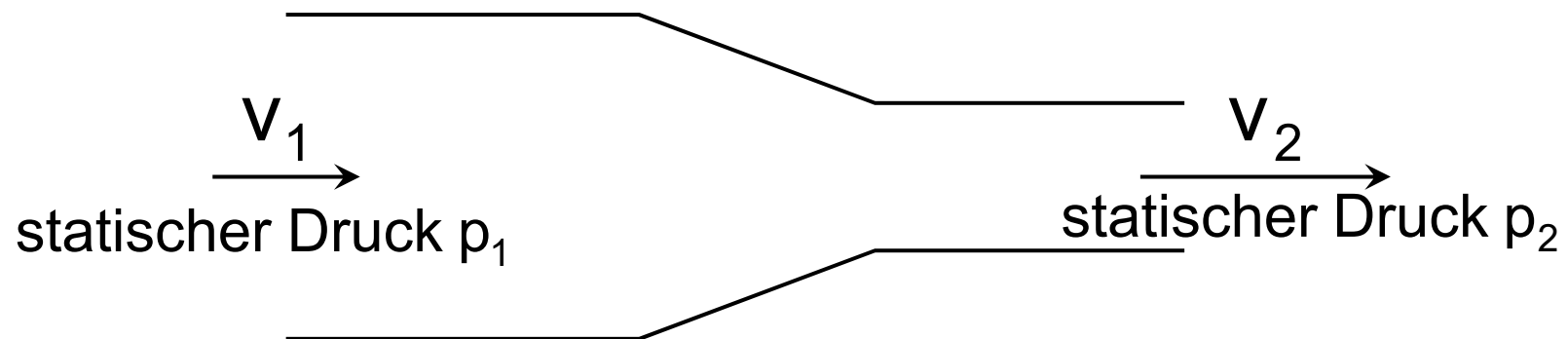


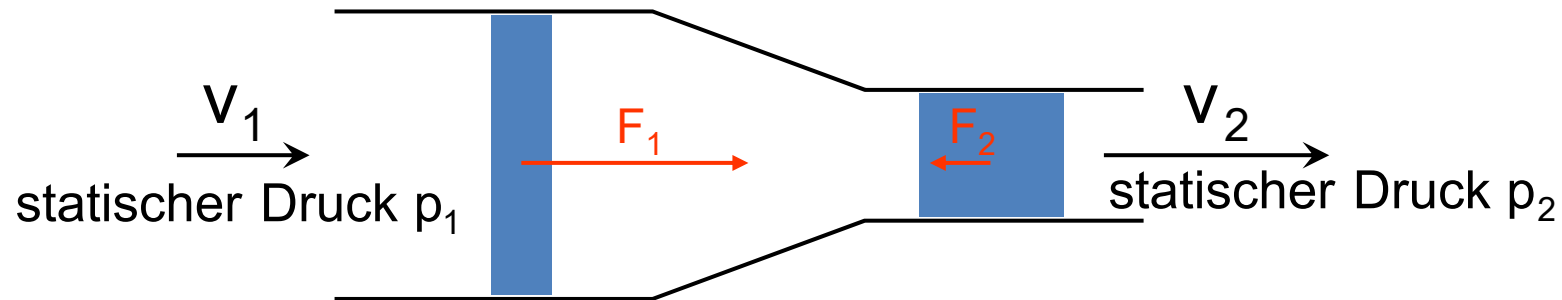
## Gesetz von Bernoulli 1/3

Entlang einer Stromlinie gilt:

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + p = \text{konst}$$

Staudruck + statischer Druck = konst





Idee:

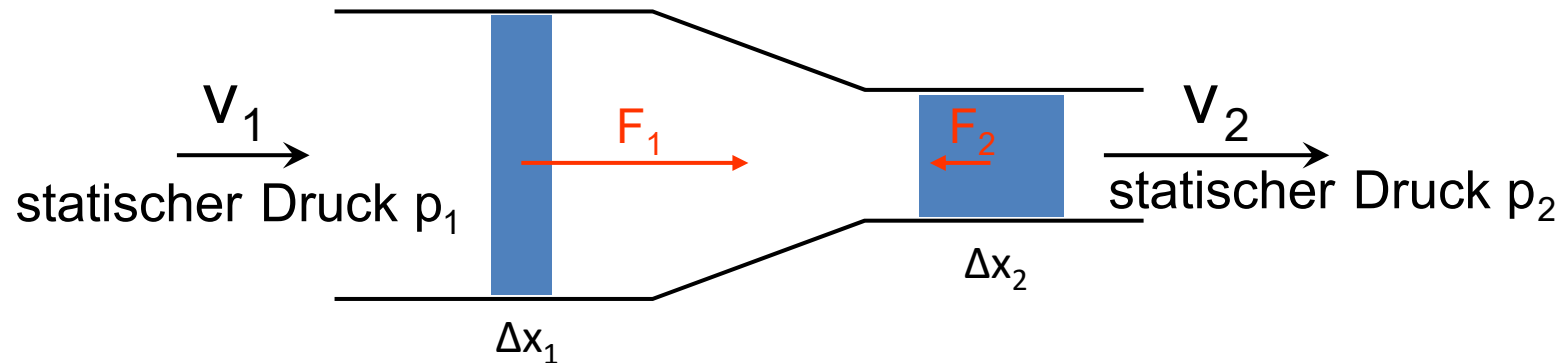
Der Zuwachs an kinetischer Energie (Medium strömt rechts schneller) kann nur aus der Druckarbeit stammen (→ Druckabnahme von links nach rechts).

$$\Delta W_1 = \Delta W_2 + \Delta E_{\text{kin}}$$

Wird ein Volumenelement  $\Delta V$  verschoben, verrichtet der Druck  $p_1$  eine Arbeit  $\Delta W_1$ , die z. T. dazu dient, den Gegendruck  $p_2$  zu überwinden.



## Gesetz von Bernoulli 3/3



$$\Delta W_1 = \Delta W_2 + \Delta E_{\text{kin}}$$

$$F_1 \cdot \Delta x_1 = F_2 \cdot \Delta x_2 + \frac{1}{2} \Delta m \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

$$p_1 \cdot A_1 \cdot \Delta x_1 = p_2 \cdot A_2 \cdot \Delta x_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot \Delta V \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

$$(p_1 - p_2) \cdot \Delta V = \frac{1}{2} \rho \cdot \Delta V \cdot (v_2^2 - v_1^2)$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2$$



## Zusammenfassung der Ergebnisse





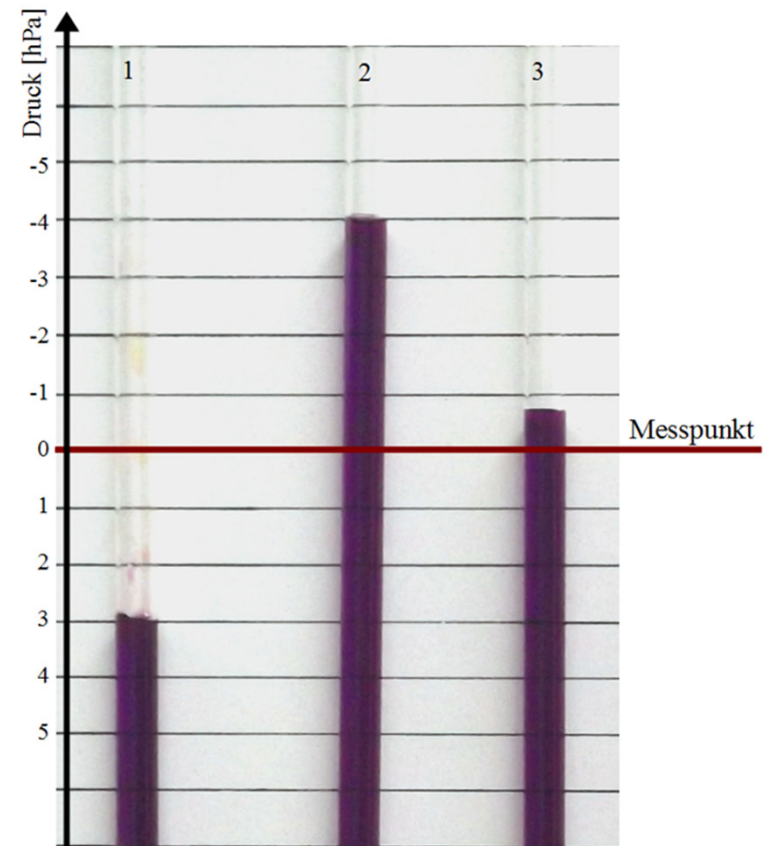
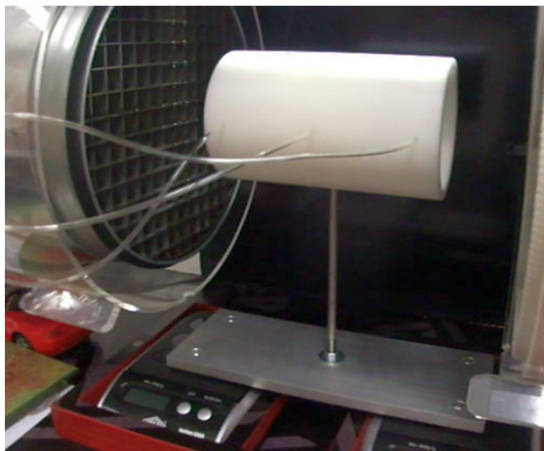
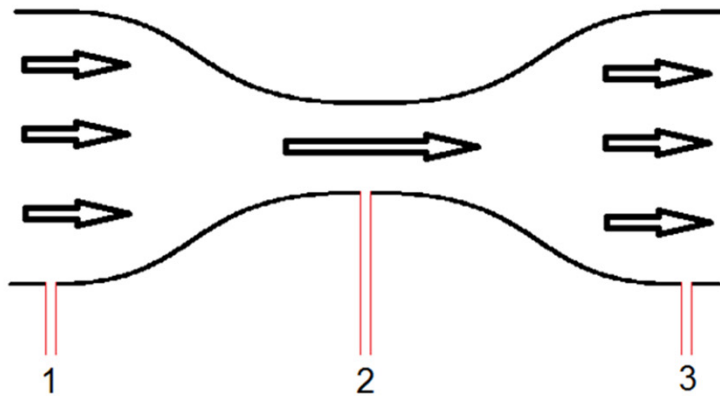
- An den Stellen im Strömungsfeld, an denen eine größere Geschwindigkeit vorliegt, ist der Druck kleiner und umgekehrt.

Erklärung des Zusammenhangs mit Hilfe des **Gesetzes von Bernoulli**:

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + p = \text{konst}$$

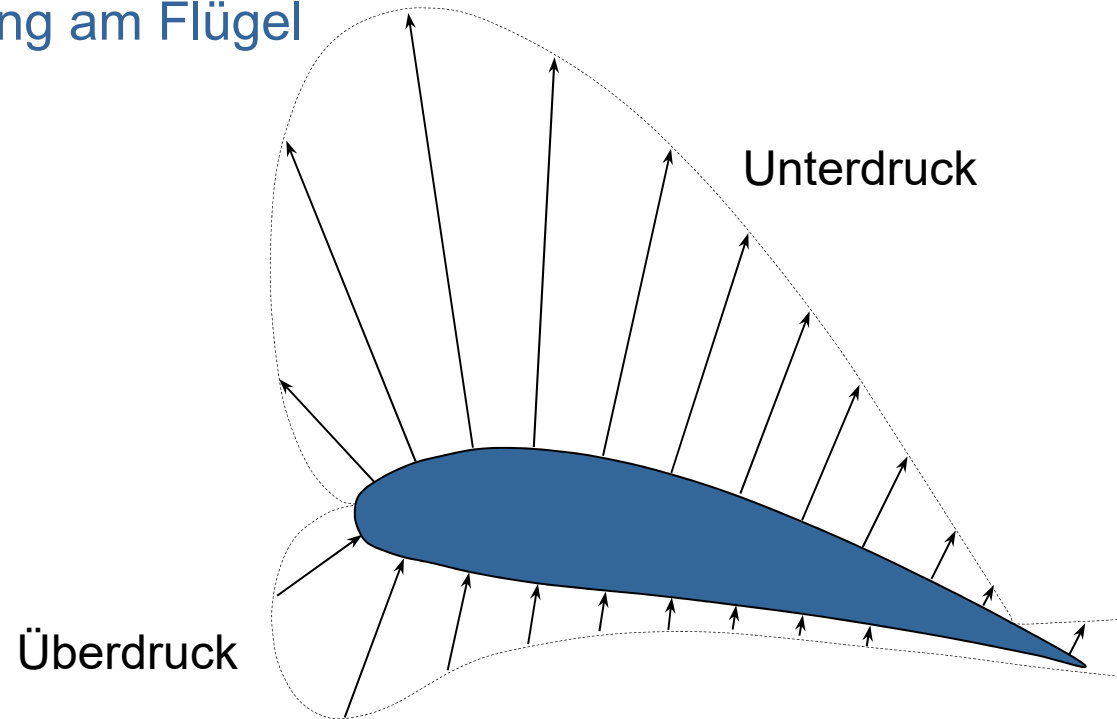


Druckverteilung im Venturirohr:



Anstellwinkel  $\alpha > 0^\circ$ :

Druckverteilung am Flügel

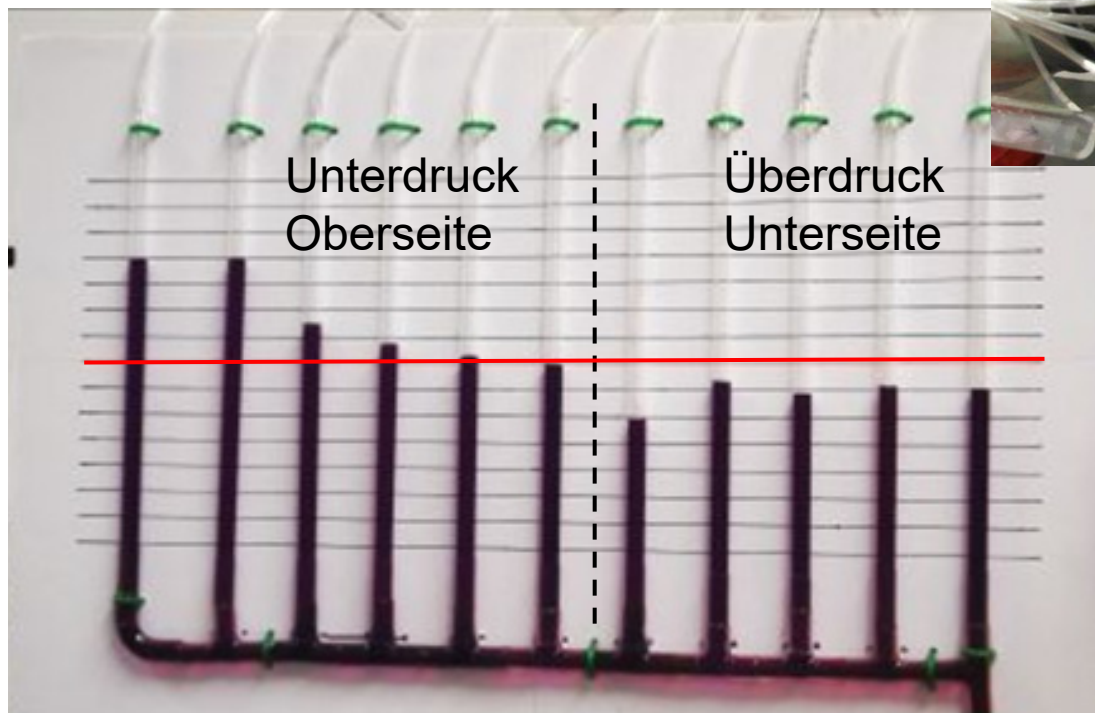


Die Oberseite liefert einen größeren Beitrag zum Auftrieb als die Unterseite.

Zeichnung nach: Wodzinski Rita: Wie erklärt man das Fliegen in der Schule? S. 21

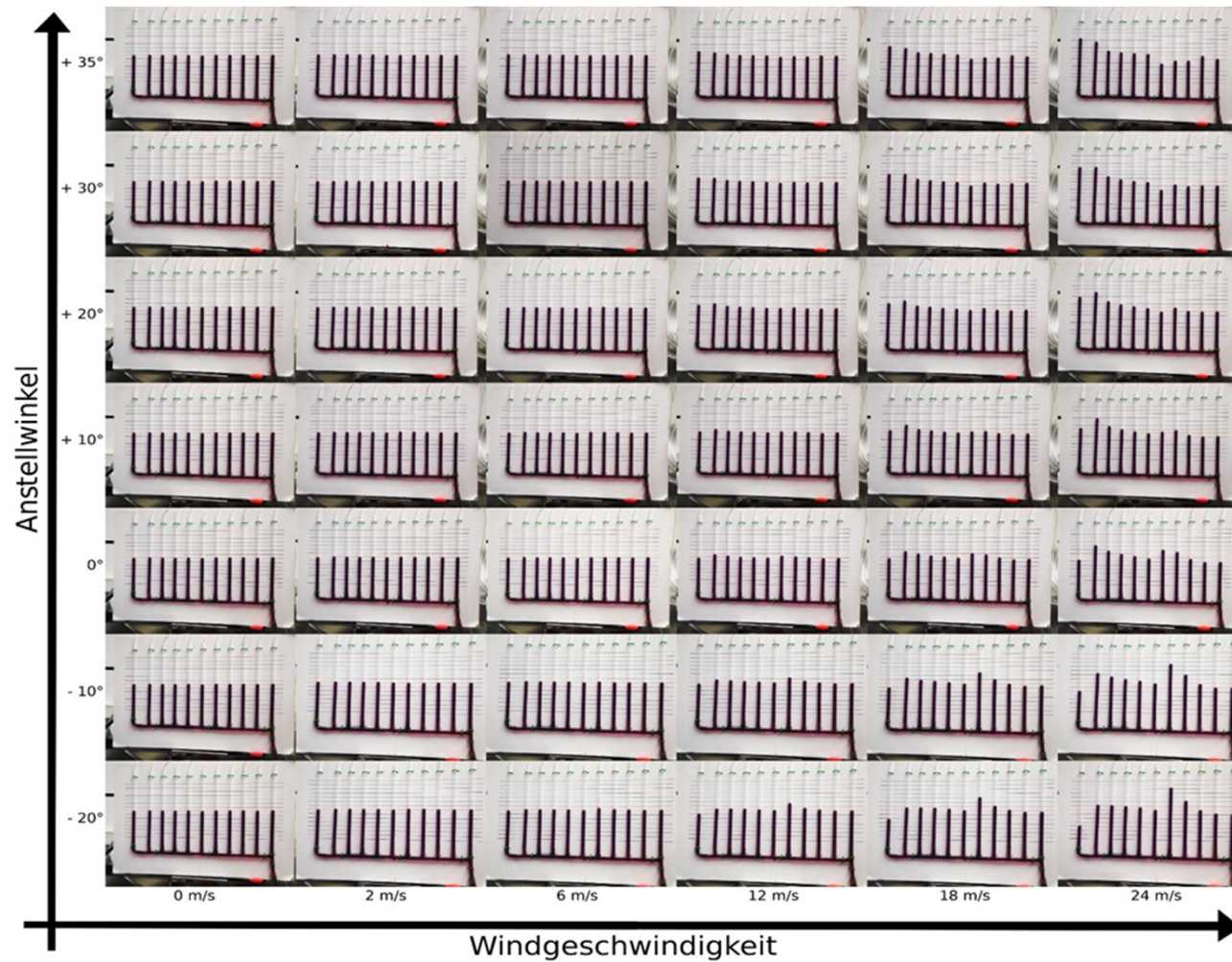


Anstellwinkel  $\alpha > 0^\circ$ :  
Druckverteilung am Flügel





## Druckverteilung am Flügel



Anstellwinkel  $\alpha > 0^\circ$ :

- An der Oberseite der Tragfläche überwiegt ein Unterdruck, an der Unterseite überwiegt ein Überdruck. Bei geringen Anstellwinkeln tritt an der Unterseite vorne noch ein kleiner Unterdruckbereich auf.  
→ Druckunterschied bedeutet Kraft nach oben, aber schräg; daher erhält man nicht nur einen Auftrieb, sondern auch den Luftwiderstand. Eine Vergrößerung des Anstellwinkels bedeutet eine Erhöhung des Auftriebs, aber auch eine Erhöhung des Luftwiderstands. Ab einem bestimmten Anstellwinkel nimmt der Auftrieb wieder ab. Die Oberseite trägt mehr zum gesamten Auftrieb bei als die Unterseite
  
- Zusammengehörende Luftbereiche vor dem Tragflügel sind nach dem Tragflügel nicht mehr zusammen, die oberen Teile haben einen Vorsprung.



Anstellwinkel  $\alpha > 0^\circ$ :

