

UNTERRICHTS MATERIALIEN

Physik Sek. II



Die Grundlagen des Fliegens

Auftrieb und Besonderheiten bei Steig- und Gleitflug

Auch nach 130 Jahren mit schier unglaublichen Entwicklungen im Flugzeugbau stellt man sich auch heute immer noch dieselbe Frage: Warum können Flugzeuge fliegen? Welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten machen es möglich, dass ein Passagierflugzeug mit einer Masse von mehreren hundert Tonnen vom Boden abheben kann, auf bis zu 13 000 m steigen kann, um dann in dieser Höhe mehr als zehn Stunden lang von Kontinent zu Kontinent zu fliegen?

1. Damit ein Flugzeug im beschleunigungsfreien Horizontalflug fliegen kann, müssen – vereinfacht und nicht maßstabgetreu dargestellt – vier Kräfte in unterschiedlicher Weise auf das Flugzeug wirken (Abb. 2).

Beschreiben Sie die eingezeichneten Kräfte hinsichtlich ihrer Entstehung und Bedeutung für das Fliegen. Recherchieren Sie dazu im Internet und in entsprechenden Lehrbüchern – **dieser Hinweis gilt auch für alle weiteren Fragestellungen.**



Abb. 2: Kräfte beim beschleunigungsfreien Horizontalflug; Grafik: Airbus und W. Zettlmeier

4. Eine genaue Betrachtung der auf einen Tragflügel wirkenden Kräfte zeigt: Der dynamische Auftrieb \vec{F}_A als senkrechte Kraftkomponente der von der anströmenden Luft ausgehenden Strömungskraft bildet die Grundlage für das Fliegen. Die zweite Kraftkomponente der Strömungskraft wirkt in Strömungsrichtung auf den umströmten Flügel und wird Strömungswiderstand \vec{F}_W genannt. Die Resultierende aus Auftrieb und Strömungswiderstand wird als Gesamtluftkraft \vec{F}_L bezeichnet (Abb. 4).

Für die Gesamtluftkraft \vec{F}_L gilt, wenn der Druckpunkt als Nullpunkt gewählt wird und \vec{F}_W in die positive x-Richtung zeigt:

$$\vec{F}_L = \vec{F}_A + \vec{F}_W = F_A \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + F_W \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F_W \\ F_A \end{pmatrix} = \frac{\rho_L}{2} \cdot v_L^2 \cdot A \cdot \begin{pmatrix} c_w \\ c_A \end{pmatrix}$$

Die Fläche A ist eine zu definierende Referenzfläche – dafür eignet sich die Tragflügelfläche A.

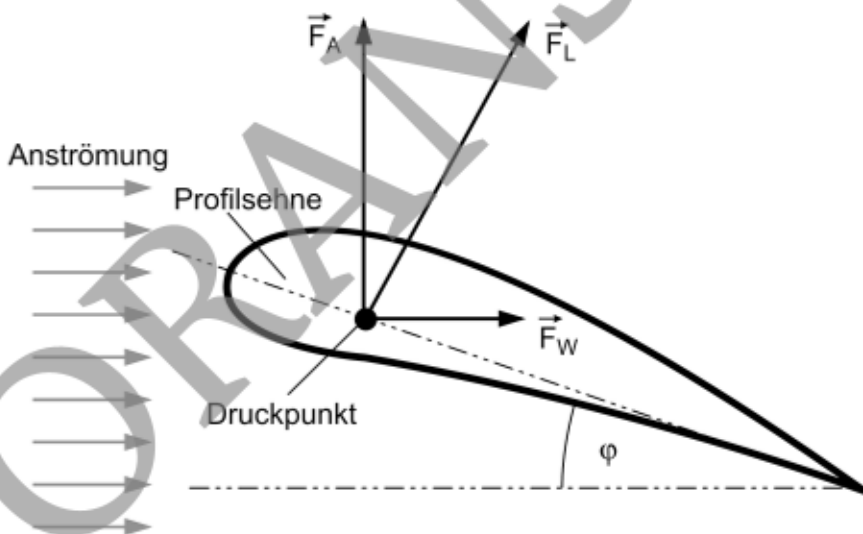


Abb. 4: Auf den Tragflügel wirkende Strömungskräfte; Grafik: W. Zettlmeier

- c) Berechnen Sie anhand der gegebenen Größen den Betrag des dynamischen Auftriebs $|\vec{F}_A|$.
- d) Berechnen Sie den Betrag des Luftwiderstands $|\vec{F}_W|$, wenn die Schubkraft $|\vec{F}_S|$ des Antriebs 30% der Gewichtskraft $|\vec{F}_G|$ betragen soll.
- e) Die Dichte der Luft soll $1,09 \text{ kg/m}^3$ betragen. Berechnen Sie die Fläche A der Tragfläche, wenn der Auftriebsbeiwert mit $c_A = 1,05$ gegeben ist.
- f) Welchen Betrag erreicht der Widerstandsbeiwert c_W beim gegebenen Steigflug?
7. Ein Motorflugzeug ($m = 1200 \text{ kg}$) befindet sich mit einer Fluggeschwindigkeit $|\vec{v}| = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ im Steigflug.

Für die Berechnung gelten folgende Größen:

Flügelfläche $A = 13 \text{ m}^2$

Widerstandsbeiwert $c_W = 0,02$

Dichte der Luft $\rho_L = 1,22 \text{ kg/m}^3$

Berechnen Sie Steigwinkel φ , wenn der Propeller einen Schubkraft $|\vec{F}_S| = 4,5 \text{ kN}$ entwickelt.