

TU Dresden

Fakultät Physik

Professur für Didaktik der Physik



*Praktikum:*

*Physikalische Schülerexperimente III*

## **Mechanik der Flüssigkeiten und Gase 2**

### **Fluidmechanik**

–

### **Aerodynamik**

*im*

Wintersemester 2021 / 2022

*Ausarbeitung von:*

Tom Stieler

Lehramt für Berufsbildende Schulen

# Didaktische Vorbereitung

## 1 abzugebende Aufgaben

### 1.1 Freihandexperiment zu Bernoulli-Gleichung

→ FOS (Technik) Klasse 11 WB 4: Mechanik der Fluide (dynamisches Verhalten ...)

#### **Material**

- Zwei Papierbögen

#### **Durchführung**

- Schüler:innen (SuS) sollen zwei Blätter nebeneinander halten, so dass ca. 1-2cm Abstand zwischen ihnen ist.
- *Fragestellung an SuS:* Was wird beobachtet werden können, wenn ihr in den Zwischenraum der beiden Papierstreifen (von oben) pustet?
- SuS sollen Erwartung notieren und den Versuch durchführen.
- *Optionale Aufgabenstellung an SuS:* Beschreibe experimentelle Aufbauten / Versuche, um mögliche Parameter / Bedingungen für die gerade gemachte Beobachtung zu bestimmen?
- SuS sollen Erwartung notieren und den Versuch durchführen.
- *Optionale Aufgabenstellung an SuS:* Beschreibe experimentelle Aufbauten / Versuche, um mögliche Parameter / Bedingungen für die gerade gemachte Beobachtung zu bestimmen?

#### **Lernziele (nach Bildungsstandards<sup>1</sup>)**

Die SuS identifizieren mögliche Parameter für die Annäherung der beiden Blätter durch das Pusten (E1) und überlegen sich geeignete Experimente, um ihre Ideen / Hypothesen zu testen (E5).

---

<sup>1</sup> Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. In: Jg. / 2020

### **Schülergerechte Erklärung**

Der auftretende Effekt lässt sich über die Bernoulli-Gleichung erklären. Diese Gleichung beschreibt den Energieerhaltungssatz ( $E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \text{const.}$ ) für strömende Fluide (also Gase und Flüssigkeiten).

Die kinetische Energie ist, wie schon in der klassischen Mechanik, von der (Strömungs-)Geschwindigkeit abhängig. Die potentielle Energie wird in der Strömungsmechanik u.a. durch den Druck ausgedrückt.

Zu Beginn befindet sich die Luft (das Fluid) zwischen den Blättern und neben den Blättern in Ruhe, der Anteil der kinetischen Energie zur Gesamtenergie ist gleich Null. Es herrscht überall der gleiche Druck. Setzt sich die Luft zwischen den Blättern in Bewegung – mit anderen Worten, sie strömt – wird ein Teil der potentiellen Energie (hier Druck) in kinetische Energie umgewandelt, der Druck zwischen den Blättern sinkt; da die Gesamtenergie konstant bleiben muss. Die Luft außerhalb der Blätter strömt nicht, der Druck bleibt genau so groß, wie vorher.

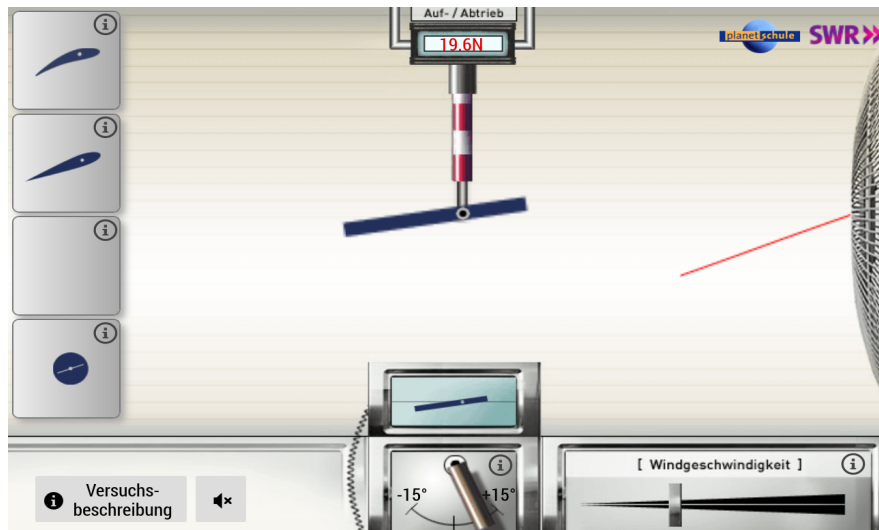
Betrachten wir nun die Druckverteilung: Im Inneren herrscht ein geringerer Druck als außen. Betrachten wir das Papier als Grenzfläche mit einem endlichen Flächeninhalt, kann über die bekannte Formel  $F = p \cdot A$  eine Kraftbilanz aufgestellt werden. Die Fläche innen und außen ist gleich groß, die Drücke unterschiedlich. Damit sind auch die wirkenden Kräfte unterschiedlich.

In Summe wird die äußere Kraft größer sein und das Papier nach innen drücken.

## 1.2 Simulation – virtueller Windkanal

Siehe Simulation: <https://www.planet-schule.de/mm/fliegen/>

Die Simulation ist übersichtlich und weist keine Überfrachtung mit zu vielen Funktionen auf. Die Auflösung könnte zum Teil etwas besser respektive die Schrift größer sein. Da gerade Windkanalexperimente aufwendig, laut und selten den gewünschten Effekt



eindrucksvoll zeigen, weil irgendetwas klemmt, besitzt diese Simulation eine gute Ausgangsposition.

### **Einsatz im Unterricht**

Die Simulation bietet sich als halbquantitatives (keine Zahlen für Windgeschwindigkeit und Winkel) Demonstrationsexperiment an, wenn die SuS schon erste Kenntnisse zum Auftrieb besitzen. Zur Einführung oder gar zur grundlegenden Erklärung bietet sie sich allerdings nicht an, da abgesehen von der Kraftwirkung keine wesentlichen Effekte (Druckunterschied, Wirbelbildung, ...) ersichtlich werden.

Das Prinzip des Papierfliegers und des Anstellwinkels können allerdings sehr gut beschrieben und eingebettet werden.

### **Aufgabenreihe für SuS**

Beschreibe, welche Parameter die Auftriebskraft beeinflussen (und warum).

→ ...

Ist ein positiver Anstellwinkel Voraussetzung für eine positive Auftriebskraft?

Begründe deine Entscheidung.

→ ...

...?