

## 12. Übung zu Physik WS 2019

Ausgabe: 04.01.2020

Prof. D. Suter

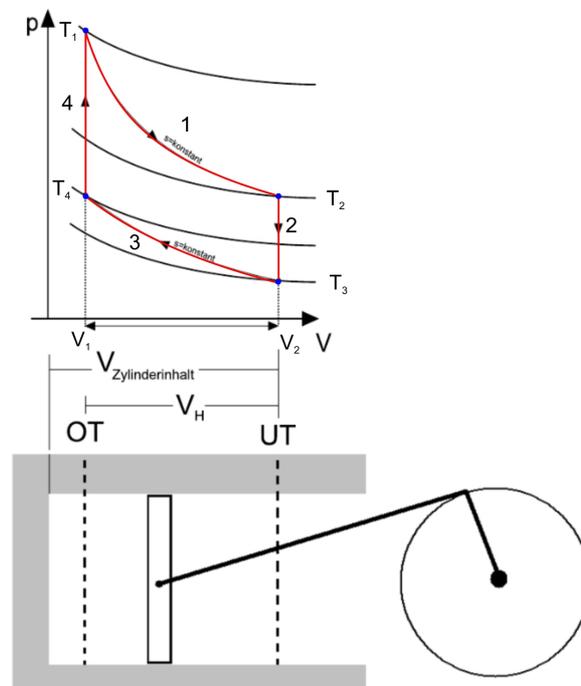
### 1. Wirkungsgrad des Otto Motors

Der im Jahr 1878 von dem Engländer Dugald Clerk entwickelte Zweitakt-Ottomotor durchläuft die folgenden Schritte:

1. **Arbeitsschritt:** Am oberen Totpunkt (OT) wird das Benzin-Luft-Gemisch gezündet und dadurch auf ca. 2000 °C und 30 bar gebracht, wodurch der Kolben nach außen geschoben wird.
2. **Auspuffschrift:** Am unteren Totpunkt (UT) ist das verbrannte Gemisch auf ca. 800 °C abgekühlt und wird aus dem Zylinder abgelassen. Unmittelbar danach wird neues Benzin-Luft-Gemisch aus dem Vergaser angesaugt. Auch hier wird kaum Arbeit benötigt, da der Druck im Zylinder nur wenig unter dem Umgebungsdruck liegt.
3. **Verdichtung:** Das Benzin-Luft-Gemisch wird auf ca. 10 bar verdichtet.
4. **Verbrennung:** Das Benzin-Luft-Gemisch verbrennt. Dadurch steigt der Druck.

Als idealisierten thermodynamischen Zyklus kann man die vier Schritte folgendermaßen beschreiben:

1. **Adiabatische Expansion** der Abgase im Zylinder von  $(p_1, V_1, T_1)$  nach  $(p_2, V_2, T_2)$
  2. **Isochore Abkühlung** der Abgase beim Ausstoß von  $(p_2, V_2, T_2)$  nach  $(p_3, V_2, T_3)$
  3. **Adiabatische Kompression** des Zündgemisches von  $(p_3, V_2, T_3)$  nach  $(p_4, V_1, T_4)$
  4. **Isochore Erwärmung** des explodierenden Zündgemisches von  $(p_4, V_1, T_4)$  nach  $(p_1, V_1, T_1)$
- Ansaug- und Auspufftakt werden im Vergleichsprozess nicht berücksichtigt, da sie kaum Arbeit benötigen



- a) Berechnen Sie die mit der Umgebung ausgetauschten Wärmen  $Q_1 - Q_4$  und die geleisteten Arbeit  $W_1 - W_4$  in Abhängigkeit von  $T_1 - T_4$  sowie  $V_1$  und  $V_2$ .
- b) Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad des Otto-Motors  $\eta = 1 - \frac{T_3}{T_4} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$  beträgt.
- c) Vergleichen Sie mit dem Wirkungsgrad eines entsprechenden Carnot-Prozesses.

---

## 2. Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik

Ein perpetuum mobile 2. Art ist eine Maschine, die nach einmaliger Energiezufuhr ewig läuft. Erklären Sie anhand des 2. Hauptsatzes, warum es eine solche Maschine nicht geben kann. Untersuchen Sie die folgenden Konstruktionen auf ihre Funktion und begründen mit Hilfe des 1. und 2. Hauptsatzes der Thermodynamik sowie des 1. Newton'schen Axioms (*actio = reactio* bzw. Kraft = Gegenkraft).

---

- a) N-Maschine: Ein reibungsfrei gelagerter Elektromotor treibt über eine Welle einen ebenfalls reibungsfrei gelagerten Generator an, der über elektrische Leitungen wiederum den Motor versorgt.
  - b) Lichtmühle: In einer Glaskugel hängt an einem Faden ein Stern mit mehreren Metallplättchen, die sich ständig drehen. Die eine Seite jedes Plättchens ist schwarz und die andere Seite weiß oder silberfarben.
  - c) Magnetlok: ein magnetisches Fahrzeug trägt an einer Halterung einen starken Magneten vor sich her. Der Magnet zieht das Fahrzeug an und wird dabei gleichfalls fortbewegt (vgl. Jim Knopf und die wilde 13 oder Münchhausen)
- 

## 3. Mischungsentropie

Berechnen Sie die Entropie, die beim Mischen zweier Flüssigkeiten oder Gase mit den Volumina  $V_1$  und  $V_2$  entsteht.

## 4. Gravitations- und Coulomb-Kraft

In welchem Verhältnis stehen die Gravitationskraft zwischen zwei Protonen ( $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ) und ihre elektrostatische Abstoßungskraft ( $q_p = e = +1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )?