

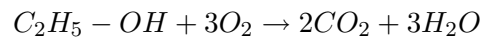
1 Bioethanol betriebener Motor

Ein mit Bioethanol ($CH_3 - CH_2 - OH$) betriebener Motor leistet bei einem Wirkungsgrad von 30% 100PS; das entspricht 73,6KW.

Das Luftverhältnis der Verbrennung beträgt 1,1.

- Molekulargewicht des Ethanols 46g/mol
- Heizwert von Ethanol 21,17MJ/l
- Dichte des Ethanols $790kg/m^3$
- Molekulargewicht der Luft 21mol-%
- Dichte der Luft $1,184kg/m^3$
- Heizwert von Benzin 42,5MJ/kg
- Kohlenstoffanteil von Benzin 85 Massen-%

1. Wie lautet die Reaktionsgleichung der Verbrennung von Ethanol?



2. Wie viel kg Ethanol werden pro Stunde verbraucht, wenn konstant die Motorleistung von 100PS abgerufen wird?

$$P = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} = \frac{W}{t} = 100PS = 73,6KW$$

$$W = P \cdot t = 73,6kW \cdot 1h = 73,6kWh$$

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{Erfolg}}{\text{Aufwand}} = \frac{73,6kWh}{\text{Aufwand}} = 0,3$$

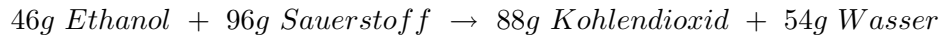
$$\text{Aufwand} = \frac{73,6kWh}{0,3} = 245,33kWh$$

$$\text{Ethanol in Litern} = \frac{\text{Aufwand}}{\text{Heizwert}} = \frac{245,33 \cdot 1000 \cdot 3600J}{21,17 \cdot 10^6 J} = 41,72l$$

$$\text{Dichte } \rho = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}} = \frac{m}{V}$$

$$\text{Masse des Ethanols } m = \rho \cdot V = 790 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,04172m^3 = 32,96kg$$

3. Wie viel m^3 Luft werden pro Stunde benötigt?



$$\text{stöchiometrische Sauerstoffmasse } O_2 = \frac{96}{46} \cdot 32,96kg = 68,786kg$$

$$\text{tatsächlich benötigte Sauerstoffmasse } O_2 \quad m_{O_2} = 68,786 \cdot 1,1 = 75,665kg$$

$$\text{benötigte Luft in Kilogramm} \quad m_{Luft} = \frac{28,8}{0,21 \cdot 32} \cdot 75,665kg = 324,279kg$$

$$\text{Volumen der Luft} \quad V = \frac{m_{Luft}}{\rho_{Luft}} = \frac{324,279}{1,184} = 273,884m^3$$

4. Wie viel CO_2 aus fossilen Brennstoffen würden pro Stunde erzeugt, wenn der Motor bei gleichem Wirkungsgrad und Luftverhältnis statt mit Bioethanol mit Benzin betrieben wird?

$$\text{notw. Benzinmenge} \quad m_{Benzin} = \frac{\text{Aufwand}}{\text{Heizwert}} = \frac{245,33 \cdot 1000 \cdot 3600J}{42,5 \cdot 10^6 J} = 20,78kg$$

$$\begin{aligned} \text{produzierte Masse } CO_2 \quad m_{CO_2} &= \frac{M_{CO_2}}{M_{Benzin}} \cdot m_{Benzin} = \frac{\frac{m_C}{M_{CO_2}}}{\frac{m_C}{M_{Benzin}}} \cdot m_{Benzin} = \\ &= \frac{0,85}{0,2727} \cdot 20,78 = 64,78kg \end{aligned}$$

Vergleich mit Ethanol:

$$\text{produzierte Masse } CO_2 \quad m_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{M_{Ethanol}} \cdot m_{Ethanol} = \frac{88}{46} \cdot 32,96 = 63,05kg$$

2 Energieverbrauch eines Privathaushaltes

Der mittlere Energieverbrauch eines Privathaushaltes betrage 3000 Liter Heizöl und 5000kWh Strom.

Außerdem sind folgende Werte gegeben:

- Heizwert von Heizöl (leicht): 12,5kWh/kg
- Dichte von Heizöl (leicht): 0,925 kg/l
- spezifische Wärmekapazität von Wasser bei 79°C: 4,19kJ/kg°K
- Dichte des Wassers bei 95°C: 962kg/m³

1. Wie viele Haushalte könnte der Motor mit Strom versorgen, wenn die mechanische Leistung zu 100% in Elektrizität umgesetzt würde und der Motor im Jahr eine Verfügbarkeit von 95% hat.

$$\text{Leistung} \quad P = \frac{W}{t} = 100PS = 73,6KW$$

$$\text{Motorenenergieaufwand} \quad W = P \cdot t = 73,6 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 0,95 \text{ kWh} = 612918,72kWh$$

$$\text{Anzahl der Haushalte} \quad z = \frac{\text{Energieaufwand}}{\text{Energieverbrauch Haushalt}} = \frac{612918,72}{5000} = 122,58$$

2. Wie viele Haushalte könnte der Motor mit Wärme versorgen, wenn der Gesamtwirkungsgrad (Strom- und Wärmenutzung) 85% beträgt und die Wärme komplett genutzt würde?

$$\text{Haushalt} \quad Q_H = \rho \cdot V \cdot 12,5kWh = 0,925 \cdot 3000 \cdot 12,5kWh = 34687,5kWh$$

$$\text{Motorenenergie} \quad Q_M = 612918,72 \cdot 0,85kWh = 520980,91kWh$$

$$\text{Anzahl der Haushalte} \quad z = \frac{Q_M}{Q_H} = \frac{520980,91}{34687,5} = 15$$

3. Wie viele Haushalte könnte der Motor mit Wärme versorgen, wenn man davon ausgeht, dass der Wärmebedarf nur während sechs Monate im Winter anfällt, dass in den Sommermonaten erzeugte Wärme gespeichert wird und dass das Verhältnis genutzter zu eingelagerter Wärme 75% beträgt?

$$\text{Haushaltsenergie } Q_H = 34687,5 \text{ kWh}$$

$$\text{Jahresenergie } Q = \frac{Q_M}{2} + \frac{Q_M}{2} \cdot 0,75 = \frac{Q_M}{2} \cdot 1,75 = 455857,5 \text{ kWh}$$

$$\text{Anzahl der Haushalte } z = \frac{Q}{Q_H} = \frac{455857,5}{34687,5} = 13$$

4. Wie groß müsste der Heißwasserspeicher sein, wenn die nutzbare Temperaturdifferenz 50°K beträgt und die gesamte während der Sommermonate anfallende Wärme gespeichert wird?

$$\frac{Q_M}{2} = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T$$

$$m_{H_2O} = \frac{Q_M}{2 \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T} = \frac{520980,91 \cdot 1000 \cdot 3600}{2 \cdot 4190 \cdot 50} = 4476208,3 \text{ kg}$$

$$V_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{\rho} = \frac{4476208,3}{962} = 4653,02 \text{ m}^3$$