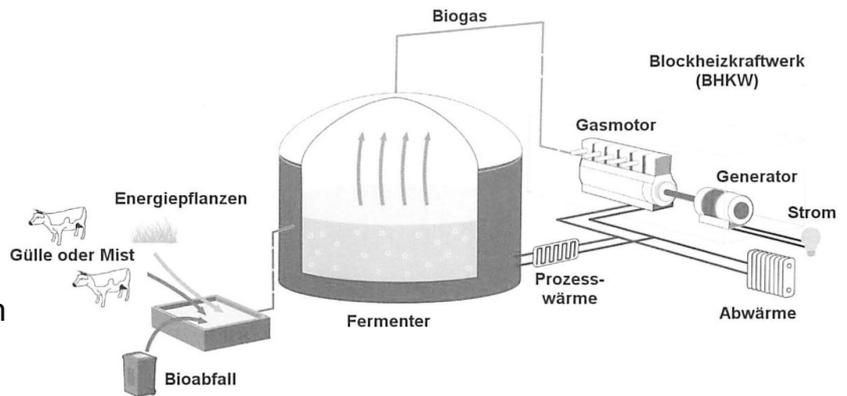




## tgt HP 2012/13-2: Bioenergiedorf

Eine Biogasanlage erzeugt jährlich 2 Mio kWh Strom und 3,5 Mio kWh Wärme für ein Dorf.



- 1 Der bisherige Gesamtverbrauch im Dorf lag bei jährlich  $200000 \text{ m}^3$  Erdgas und  $80000 \text{ l}$  Heizöl. Der Heizwert für Erdgas ist gegeben mit  $H_U = 35 \text{ MJ/m}^3$ .  
Weisen Sie nach, dass die Wärmemenge der Biogasanlage ausreicht, um die fossilen Energieträger zu ersetzen. 5,0
- 2 Der Ertrag der Biogasanlage teilt sich wie folgt auf: 3,0  

Elektrische Energie 28%	Thermische Energie 54%	Erzeugungsverluste 14%
Wärmeverluste 3%	Eigenbedarf 1%	

Stellen Sie die Daten in einem geeigneten Diagramm dar.  
Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad der Biogasanlage.
- 3 Im Blockheizkraftwerk befindet sich ein Gasmotor. Die Arbeitsweise entspricht einem Vier-Takt-Ottomotor.  

Maximales Gasvolumen:	21,9 l	Verdichtungsverhältnis $\epsilon$	12:1
Ansaugtemperatur:	40°C	Höchste Gastemperatur:	1683°C
Druck vor der Verdichtung:	0,8 bar	Höchstdruck:	60 bar
- 3.1 Skizzieren Sie den idealisierten Kreisprozess. Nummerieren Sie die Eckpunkte beginnend mit der Kompression. Benennen Sie alle Zustandsänderungen. 3,0
- 3.2 Kennzeichnen Sie die zu- bzw. abgeführten Wärmen sowie die Nutzarbeit. 2,0
- 3.3 Ermitteln Sie die spezifische Nutzarbeit in kJ/kg. 4,0
- 4 Der Biogasanlagenbetreiber investiert in eine großflächige Photovoltaikanlage. Um staatliche Fördermittel nutzen zu können, muss er eine jährliche Einspeisung in das Stromnetz gewährleisten.  

Erforderliche jährliche Einspeisung in das Stromnetz:	70000 kWh
Durchschnittliche Sonnenstunden im Jahr:	1700 h
Solarkonstante (mittlere Strahlungsleistung pro Fläche):	1000 W/m <sup>2</sup>
Wirkungsgrad: 13%	Einspeisevergütung: 17,24 Ct/kWh
- 4.1 Berechnen Sie die benötigte Fläche. 2,0
- 4.2 Ermitteln Sie die jährlichen finanziellen Einnahmen der Photovoltaikanlage. 1,0
- 5 Teile des Motors werden aus einer Aluminium-Silizium-Legierung gegossen.
- 5.1 Erstellen und beschriften Sie das Zustandsdiagramm, wenn die Legierung AlSi12 bei konstanter Temperatur von 577°C erstarrt. 3,0
- 5.2 Skizzieren Sie die Abkühlkurven der Legierungen AlSi7, AlSi12 und AlSi40. 3,0
- 5.3 Wählen Sie für die gegossenen Komponenten eine geeignete Legierung aus und begründen Sie Ihre Wahl. 2,0
- 5.4 Skizzieren und beschriften Sie das Gefügebild der Legierung AlSi40 bei Raumtemperatur. 2,0

$\Sigma=30,0$



## Lösungsvorschläge

### 1 Gesamtverbrauch

$H_{UErdgas} = 34..36 \text{ MJ/m}^3$  (→ Tabellenbuch Metall, Europa, "Heizwerte")

$H_{UHeizöl} = 40..43 \text{ MJ/kg}$  (→ Tabellenbuch Metall, Europa, "Heizwerte")

$\rho_{Heizöl} \approx 0,83 \text{ kg/dm}^3$  (→ Tabellenbuch Metall, Europa, "Dichte")

$$Q_{Erdgas} = V_{EG} \cdot H_{UEG} = 200\,000 \text{ m}^3 \cdot 35 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} = 7\,000\,000 \text{ MJ}$$

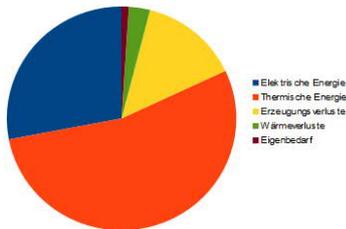
$$Q_{Heizöl} = V_{HÖ} \cdot \rho_{HÖ} \cdot H_{UHÖ} = 80\,000 \text{ dm}^3 \cdot 0,83 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 41,5 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 2\,755\,600 \text{ MJ}$$

$$Q_{ges} = Q_{EG} + Q_{HÖ} = 7\,000\,000 \text{ MJ} + 2\,755\,600 \text{ MJ} = 9\,755\,600 \text{ MJ} \cdot \frac{h}{3600s} \approx 2,7 \text{ Mio kWh}$$

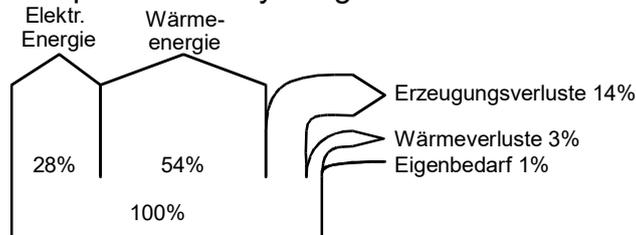
Auch wenn die fossilen Energieträger nur zur Erzeugung von Wärme genutzt wurden, reicht die Wärmemenge der Biogasanlage aus.

Hinweis: Die Multiplikation mit 1 (=1h/3600s) ist ein bewährtes Verfahren zur Umrechnung von Einheiten.

### 2 Beispiel 1: Kreisdiagramm



### Beispiel 2: Sankey-Diagramm



### 3 Gasmotor

#### 3.1 siehe 3.2

#### 3.2 Zustandsänderung 1 – 2: adiabatisch

Zustandsänderung 2 – 3: isochor

Zustandsänderung 3 – 4: adiabatisch

Zustandsänderung 4 – 1: isochor

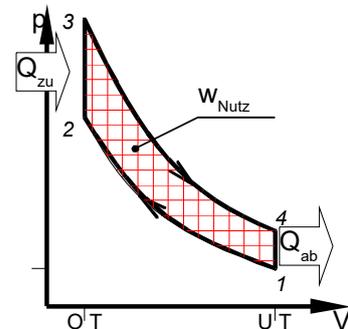
#### 3.3 Hinweis: spezifische Arbeit $w$ (Kleinbuchstabe) ist ggü. der Arbeit $W$ (Großbuchstabe) auf die Masse bezogen, wie übrigens alle "spezifischen" Größen. Damit ist es nicht nötig, die Masse des Gases zu berechnen, die Zylinderzahl oder das maximale Gasvolumen zu kennen usw.:

$$\epsilon = \frac{V_1}{V_2} \quad \kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1005 \text{ J/kgK}}{718 \text{ J/kgK}} = 1,40$$

$$w_{nutz} = +w_{12} + w_{23} + w_{34} + w_{41} = +382,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0 - 884,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0 = -501,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{12} = \frac{W_{12}}{m} = -\frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{m \cdot (1-\kappa)} \cdot \left( \left[ \frac{V_1}{V_2} \right]^{\kappa-1} - 1 \right) = -\frac{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+40) \text{ K}}{1-1,4} \cdot (12^{1,4-1} - 1) = +382,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{34} = \dots = -\frac{R_i \cdot T_3}{1-\kappa} \cdot \left( \left[ \frac{V_3}{V_4} \right]^{\kappa-1} - 1 \right) = -\frac{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (273+1683) \text{ K}}{1-1,4} \cdot \left( \left[ \frac{1}{12} \right]^{1,4-1} - 1 \right) = -884,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$





## 4 Photovoltaikanlage

4.1 Solche Gleichungen kann man sich herleiten, indem man darauf achtet, dass die Einheiten aufgehen, und die einheitenlosen Wirkungsgrade nicht vergisst:

$$W_{Einsp} [kWh] = \text{Solar konstante} \left[ \frac{W}{m^2} \right] \cdot \eta [\ ] \cdot A [m^2] \cdot t [h]$$

Also gilt:

$$A = \frac{W_{Einsp}}{S \cdot \eta \cdot t} = \frac{70\,000 \text{ kWh}}{1000 \text{ W/m}^2 \cdot 0,13 \cdot 1700 \text{ h}} = 316,7 \text{ m}^2$$

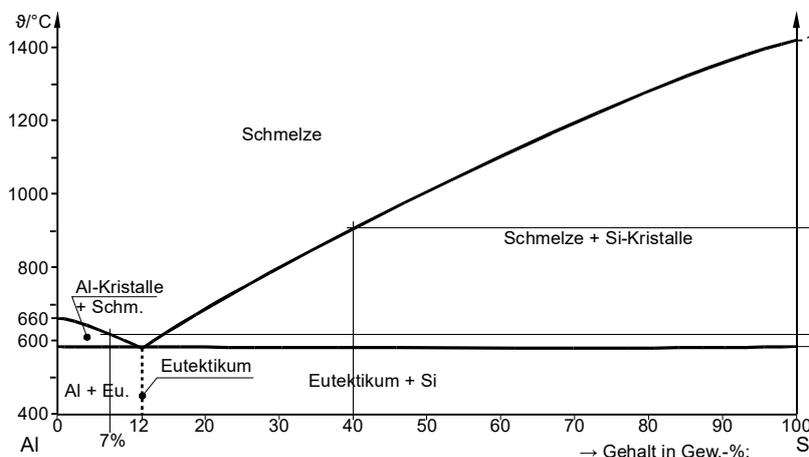
4.2 Annahme: es wird die in 4.1 errechnete Fläche installiert und genau die erforderliche jährliche Einspeisung in das Stromnetz eingespeist.

Annahme 2: es sind die Einnahmen des Investors gemeint ;-)

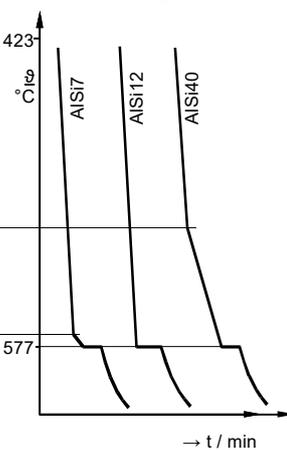
$$\text{Einnahme} = 70\,000 \frac{kWh}{a} \cdot 17,24 \frac{Ct}{kWh} = 12\,068 \frac{€}{a}$$

## 5

### 5.1 Zustandsdiagramm AlSi



### 5.2 Abkühlungskurven



5.3 Für Gussteile wählt man bevorzugt die eutektische Legierung AlSi12. Gründe:

- Niedrigster Schmelzpunkt des Legierungssystems → spart Energiekosten
- Ein Eutektikum ist ohne Übergangsbereich dünnflüssig bis zum Erstarren → fließt gut in die Gussformen
- Ein Eutektikum erstarrt in einem kleinen Temperaturbereich relativ schnell, hat dadurch kleine Kristalle und die relativ höchsten Festigkeitswerte innerhalb eines Legierungssystems
- Kristallgemische sind gut zerspanbar

### 5.4

