



28. Kreisprozesse

(9 Punkte)

Als Arbeitsmedium in dieser Aufgabe soll ein Gas mit den kalorischen und thermischen Zustandsgleichungen

$$U = \frac{f}{2} N k_B T \quad \text{und} \quad pV = N k_B T$$

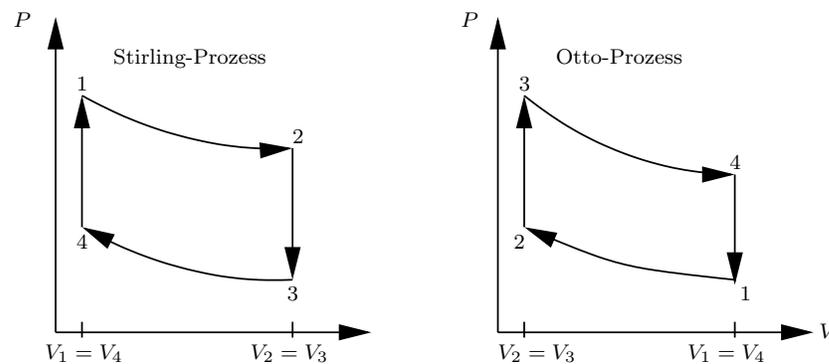
angenommen werden. Die Anzahl der Freiheitsgrade je Molekül, die Energie tragen können, ist f . Die Anzahl der Moleküle des Arbeitsmediums ändert sich nicht.

- (a) Berechnen Sie zunächst allgemein die Änderung der inneren Energie ΔU , der Arbeit ΔW und der Wärme ΔQ bei einer
- i. adiabatischen Zustandsänderung
 - ii. isobaren Zustandsänderung
 - iii. isochoren Zustandsänderung
 - iv. isothermen Zustandsänderung

dieses Gases zwischen zunächst beliebigem Anfangszustand 1 und Endzustand 2.

Hinweis: Zeigen Sie für die adiabatische Zustandsänderung, dass $pV^\kappa = \text{const.}$ mit $f/2 = 1/(\kappa - 1)$ gilt, um daraus dann die Arbeit zu bestimmen.

- (b) Nun werden explizit die unten skizzierten Kreisprozesse betrachtet. Berechnen Sie für die einzelnen Schritte des Kreisprozesses die Wärme- und Arbeitsänderung. Nutzen Sie dies zur Bestimmung des Wirkungsgrades.



- i. *Stirling-Prozess:* $1 \rightarrow 2$ und $3 \rightarrow 4$ sind Isothermen
- ii. *Otto-Prozess:* $1 \rightarrow 2$ und $3 \rightarrow 4$ sind Adiabaten

Bitte wenden \rightarrow

29. Carnot-Prozess mit klassischer Strahlung

(6 Punkte)

Betrachten Sie einen Carnotschen Kreisprozess (Wärmekraftmaschine) mit klassischer (Rayleighscher) Strahlung als Arbeitsmedium. Dabei gelten folgende Zustandsgleichungen

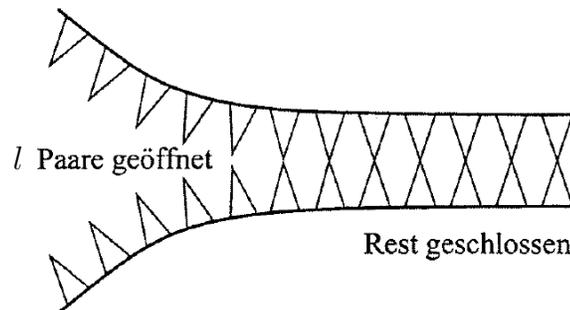
$$U = \alpha TV \quad \text{mit} \quad \alpha = \text{const.} \quad ; \quad p = \frac{U}{3V}$$

- Zeigen Sie, dass die Adiabaten durch $pV^{\frac{4}{3}} = \text{const.}$ beschrieben werden.
- Skizzieren Sie den Prozess im p - V -Diagramm.
- Berechnen Sie für die einzelnen Schritte des Kreisprozesses die Wärme- und Arbeitsänderung.
- Bestimmen Sie den Wirkungsgrad des Kreisprozesses in Abhängigkeit von den Temperaturen der Wärmebäder. Sie werden feststellen, dass das Ergebnis nicht mit dem aus der Vorlesung bekannten Ergebnis für den Carnot-Prozess übereinstimmt.
- Klären Sie den Widerspruch aus Teilaufgabe (d) auf.

30. DNA-Molekül

(5 Punkte)

Ein einfaches Modell für das Zertrennen bzw. Zusammenfügen von DNA-Strängen ist das "Reißverschluß-Modell". Die Bindungsenergie eines Basenpaares in der DNA sei ϵ . Ein Paar kann jedoch nur getrennt werden, wenn schon alle Paare davor getrennt worden sind (die DNA soll nur von einer Seite aufgetrennt werden), wie bei einem Reißverschluß. Das Molekül ist thermisch an die Umgebung gekoppelt. Die Umgebung hat die Temperatur T und ist als Reservoir zu verstehen.



Bestimmen Sie die mittlere Anzahl $\langle l \rangle$ getrennter Basenpaare für ein DNA-Molekül aus insgesamt N Basenpaaren im Fall $k_B T \ll \epsilon$.

Hinweis: Überlegen Sie sich, wie die Energie des Zustandes "l Bindungspaare geöffnet" mit der Bindungsenergie ϵ zusammenhängt und bestimmen Sie die mittlere Energie $U = \langle U_l \rangle$ aus der Zustandssumme.