

**Aufgabe 49: (1 + 2 + 1 = 4 Punkte)**

- Mit einer Linse soll der Mond auf einen Schirm abgebildet werden (Bilddurchmesser 3 cm). Bestimmen Sie die erforderliche Brennweite der Linse, sowie den Abstand zwischen Linse und Schirm.
- Was ist ein Airy-Scheibchen und was ist das Rayleigh-Kriterium?
- Welchen Durchmesser muss die Linse aus a) mindestens haben, damit auf dem Bild bei einer Lichtwellenlänge von  $\lambda = 550 \text{ nm}$  noch Mondkrater mit einem Durchmesser von 10 km aufgelöst werden können?

Zahlenwerte: Monddurchmesser:  $3,5 \cdot 10^6 \text{ m}$ , Abstand Erde-Mond:  $3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$

**Aufgabe 50: (2 Punkte)**

Die plankonvexe Objektivlinse eines Mikroskops hat einen Krümmungsradius von  $r = 1 \text{ cm}$ , eine Brechzahl von  $n = 1,5$  und einen Durchmesser von  $d = 1 \text{ cm}$ . Berechnen Sie für eine Wellenlänge von  $\lambda = 500 \text{ nm}$  den kleinstmöglichen Objektstand, der gerade noch aufgelöst werden kann.

Hinweis: Schlagen Sie das Auflösungsvermögen eines Mikroskops nach.

**Aufgabe 51: (4 Punkte)**

Thermodynamische Potentiale:

- Zeigen Sie unter Verwendung des 1. Hauptsatzes, dass für die Enthalpie  $H := U + pV$  die in der

Vorlesung gezeigten Beziehungen  $V = \left( \frac{\partial H}{\partial p} \right)_{S=\text{const.}}$  und  $T = \left( \frac{\partial H}{\partial S} \right)_{p=\text{const.}}$  gelten.

- Formulieren Sie den 1. Hauptsatz der Thermodynamik unter Verwendung der Entropie für irreversible Prozesse (es wird Entropie zusätzlich erzeugt) als Ungleichung. Verwenden Sie dann diese Ungleichung und die Definition der freien Enthalpie  $G = U + pV - TS$  um zu zeigen, dass bei irreversiblen Prozessen mit konstantem Druck und konstanter Temperatur  $G$  stets abnimmt. Im Gleichgewicht wird demnach die freie Enthalpie minimal.

**Aufgabe 52: (2 + 3 = 5 Punkte)**

Eine Gasturbine verwendet als Arbeitssubstanz 1 Mol eines ein-atomaren idealen Gases und wird näherungsweise durch folgende Prozess-Schritte beschrieben (Ericsson-Prozess): Zunächst ist das Gas am Punkt 1 des  $p$ - $V$ -Diagramms (siehe Skizze) mit Temperatur  $T_1$  und Druck  $p_1$ . Bei konstanter Temperatur  $T_1$  wird das Gas zunächst auf den Druck  $p_2 = \mu \cdot p_1$  komprimiert. Dann wird es bei konstantem Druck expandiert, wobei es sich auf die Temperatur  $T_2$  aufheizt. Eine Expansion bei konstanter Temperatur bringt es dann wieder auf den Druck  $p_1$ . Schließlich wird das Gas bei konstantem Druck komprimiert und gelangt wieder zum Ausgangspunkt.

- Leiten Sie, ausgehend von der Definition  $dS = dQ_{\text{rev}}/T$ , Formeln für die Entropieänderung  $\Delta S$  der Arbeitssubstanz bei den isobaren Zustandsänderungen her, die nur noch von  $T_1$  und  $T_2$  bzw. nur noch von  $V_1$  und  $V_2$  abhängen (d.h. dem jeweiligen Anfangs- bzw. Endwert der entsprechenden Größe).
- Berechnen Sie die Entropieänderungen im Gas bei den einzelnen Prozess-Schritten als ausschließliche Funktionen von  $T_1$ ,  $T_2$  und  $\mu$ . Verifizieren Sie dann, dass sich die Entropie des Gases nach einem Zyklus unabhängig von der Wahl der drei Parameter nicht geändert hat.

