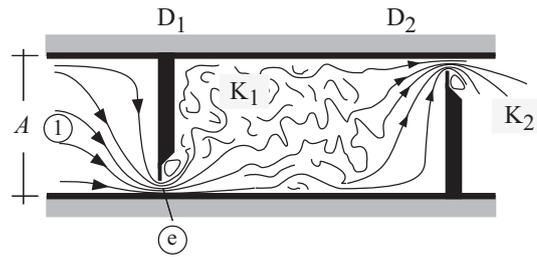


### Aufgabe 3 Thermodynamik II H12

Zur Abdichtung von Wellen thermischer Turbomaschinen werden Labyrinthdichtungen (Drossellabyrinth) eingesetzt, um den Leckgasstrom  $\dot{m}$  klein zu halten. Die Skizze zeigt zwei Drosseln  $D_1$  und  $D_2$  und die Kammer  $K_1$  und teilweise die Kammer  $K_2$  eines solchen Labyrinthes.



Annahmen:

Zur Berechnung des Labyrinth wird vereinfachend angenommen, dass das Gas beim Einströmen in die Drosselquerschnitte zum Beispiel vom Zustand 1 zum Zustand e der Engstelle isentrop beschleunigt werde. Beim Einströmen in die jeweilig anschließende Kammer expandiere der Gasstrahl isobar und löse sich in kleine ungeordnete Wirbel auf.

Es soll die eindimensionale Stromfadentheorie gelten. Das Gas soll als ideales Gas mit konstanten spezifischen Wärmen angenommen werden. Wärmeleitung innerhalb des Gases sei vernachlässigbar. Die Labyrinthdichtung soll als nach außen adiabat angenommen werden.

Geg.:  $\dot{m}$ ,  $A$ ,  $A_e$ ,  $\rho_1$ ,  $c_p$ ,  $\kappa$ , spez. Ruheenthalpie des Leckgasstromes:  $h_0$

Ges.:

- Wie lauten die differentiellen Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie der eindimensionalen, stationären Gasströmung in adiabaten, reibungsbehafteten Kanälen mit veränderlichem Querschnitt?
- Bestimmen Sie die mittlere Strömungsgeschwindigkeit  $c_1$  im Zustand 1 vor der ersten Drossel  $D_1$ !
- Bestimmen Sie die zugehörige Temperatur  $T_1$  des Gases!
- Ermitteln Sie eine Formel für die Steigung der Isobaren im  $T, s$ -Diagramm und tragen sie eine Schar aus vier Isobaren sorgfältig in das Diagramm ein!
- Der Massenstrom vom Zustand e wird im Weiteren verlustbehaftet durch das Labyrinth geführt. Wie groß ist die jeweilige Massenstromdichte  $\mu_e = \rho_e c_e$  in den Engstellen mit Querschnitt  $A_e$ ? Welchen Namen trägt die Ortskurve aller Zustände, die in den Engstellen auftreten und wie lautet ihre mathematische Beschreibung?
- Tragen Sie die Ortskurve für die Massenstromdichte  $\mu_e$  zusammen mit der Ruhetemperatur  $T_0$  und den Temperaturen  $T_1$  und  $T_e$  qualitativ in das vorgegebene  $T, s$ -Diagramm ein!
- Markieren Sie auf der Ortskurve den Zustandspunkt \*, an dem die Geschwindigkeit die lokale Schallgeschwindigkeit annimmt!
- Tragen Sie die Zustandsänderungen des Gases für ein solches mehrstufiges Drossellabyrinth in das Diagramm ein, und schätzen Sie die Anzahl nötiger Drosselstellen ab, wenn der Druck beim Austritt aus der letzten Drosselstufe gerade noch nicht den kritischen Druck erreichen soll!
- Zeigen Sie, dass die Steigung der Ortskurve aus e) im  $T, s$ -Diagramm eine negative Steigung aufweist. Ermitteln Sie dazu den Zusammenhang

$$\left(\frac{\partial T}{\partial s}\right)_{\text{Ortskurve}} = \text{fkt}\left(\text{Ma}, \frac{\kappa}{c_p}, \mu\right)!$$

