

SVT - ÜBUNG 3

AUFGABE - OPTIMIERUNG EINER POLYKONDENSATIONSSTUFE

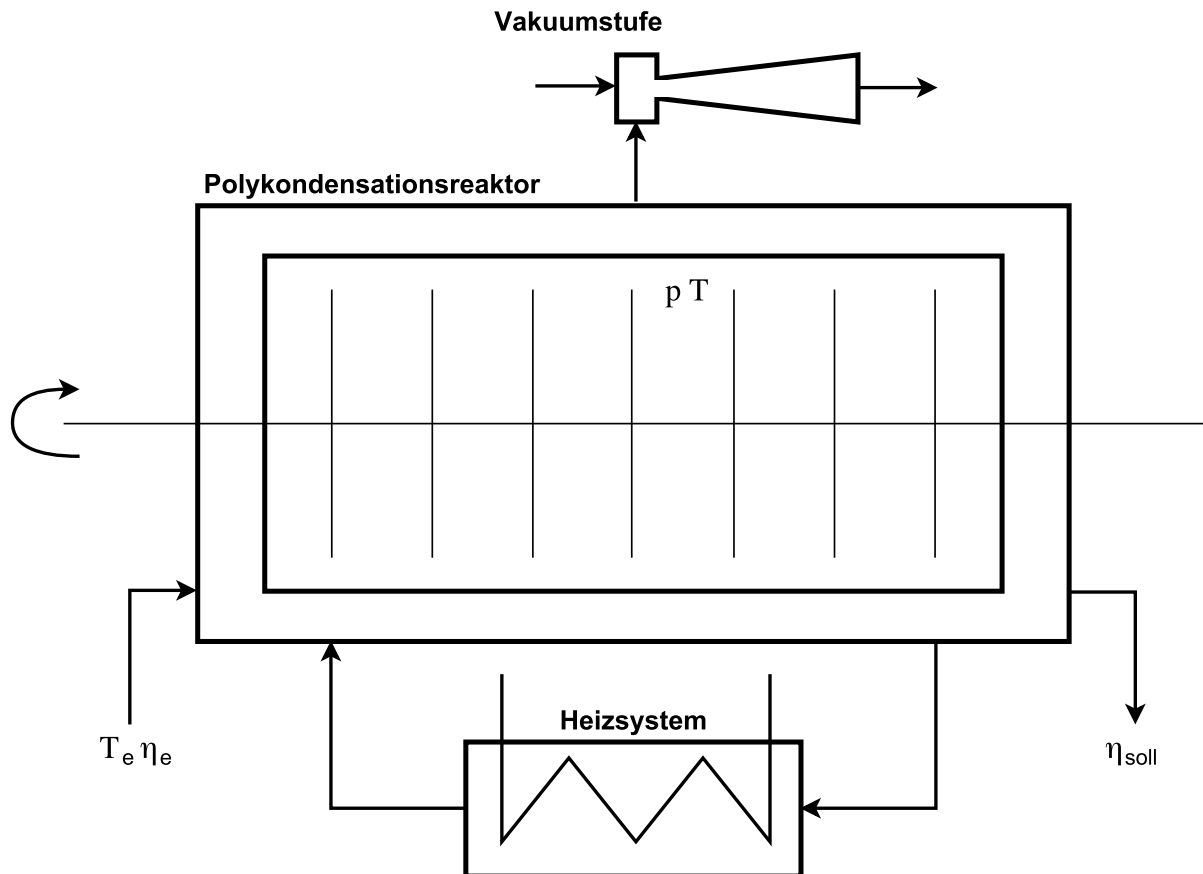


Abb. 1: Prozessschema der Polykondensationsstufe

In der Abbildung ist eine Polykondensationsstufe in einem Verfahren zur Herstellung von Polyesterseide dargestellt. Für die Verfahrensstufe ist der Arbeitspunkt so zu bestimmen, dass die spezifischen Betriebskosten minimiert werden. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Verfahrensstufe mit konstantem Durchsatz betrieben wird. Die Eingangsviskosität und die Drehzahl des Rührwerks sind ebenfalls konstant. Aus wirtschaftlicher Sicht wurde das durch die folgende Funktion zu beschreibende Modell für die auf die Zeit bezogenen Betriebskosten ermittelt:

$$K = k_1 (T - T_e) + k_2 \frac{p_0}{p} \quad (1)$$

T_e	Eintrittstemperatur der Schmelze in die Polykondensationsstufe
T	Temperatur im Reaktor
p	Druck im Reaktor
p_0	Unterer Grenzwert für den Druck im Reaktor
k_1, k_2	Spezifische Betriebskosten für das Heizsystem und die Vakuumstufe

Durch experimentelle Prozessanalyse wurde ein empirisch-statistisches Prozessmodell für ein Maß für den Polykondensationsgrad η ermittelt, das unter den beschriebenen Prozessbedingungen die folgende Form annimmt:

$$\eta_a = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 p \quad (2)$$

Das Optimierungsproblem ist unter Berücksichtigung der folgenden Nebenbedingungen zu lösen:

$$\begin{aligned} \eta_a &= \eta_{\text{soll}} \\ p &> p_0 \\ T &< T_{\text{Grenz}} \end{aligned} \quad (3)$$

Es sind folgende Teilaufgaben zu lösen:

- Die Linien mit konstantem Wert der Zielfunktion (Höhenlinien) in der p - T -Ebene sind qualitativ zu skizzieren. Wie kann der optimale Betriebspunkt in dieser Darstellung gefunden werden? Wie lassen sich die Nebenbedingungen, denen die Lösung genügen muss, in dieser Darstellung berücksichtigen?
- Das Optimierungsproblem ist als ein Problem mit Nebenbedingungen in Gleichungsform zu lösen.
- Das Optimierungsproblem ist numerisch durch ein Suchschrittverfahren zu lösen. Dafür ist eine Strategie zur Schrittweitensteuerung zu entwickeln.

Tab. 1: Problemparameter

Parameter	Wert	Maßeinheit
k_1	1,3	€ h ⁻¹ K ⁻¹
k_2	52	€ h ⁻¹
p_0	150	Pa
T_{Grenz}	290	°C
a_0	-55,286	-
a_1	0,4026	°C ⁻¹
a_2	$-7,221 \times 10^{-4}$	°C ⁻²
a_3	$-7,084 \times 10^{-4}$	Pa
T_e	270	°C
η_{soll}	0,63	-