

Kolbenkompressor-Berechnung

Projekt: _____ Bauteil/Position: _____ Bearbeiter: _____

Beispieldokument - Zahlenwerte sind nur im gekauften Pro-Export enthalten.

Gesamtbewertung: in Ordnung - die Endtemperatur t_2 bleibt im Richtwert für ölgeschmierte Kolbenverdichter.

Eingaben

Verdichtungsart	---
Fördervolumenstrom V_2 (bei p_2 und Ansaugtemperatur)	--- m^3/h
Ansaugdruck p_1 (absolut)	--- bar
Enddruck p_2 (absolut)	--- bar
Ansaugtemperatur t_1	--- $^{\circ}\text{C}$
Stufenzahl z	---
Spezifische Gaskonstante R_s	--- $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
Spezifische Wärmekapazität c_p	--- $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
Isentropenexponent κ	---

Bewertung

Kriterium	Wert	Grenze	Status
Endtemperatur t_2 (Richtwert)	--- $^{\circ}\text{C}$	--- $^{\circ}\text{C}$	● im Richtwert

Fördermenge und Leistung

Verdichtungsleistung P	--- kW
Massenstrom m	--- kg/h
Ansaugvolumenstrom V_1	--- m^3/h

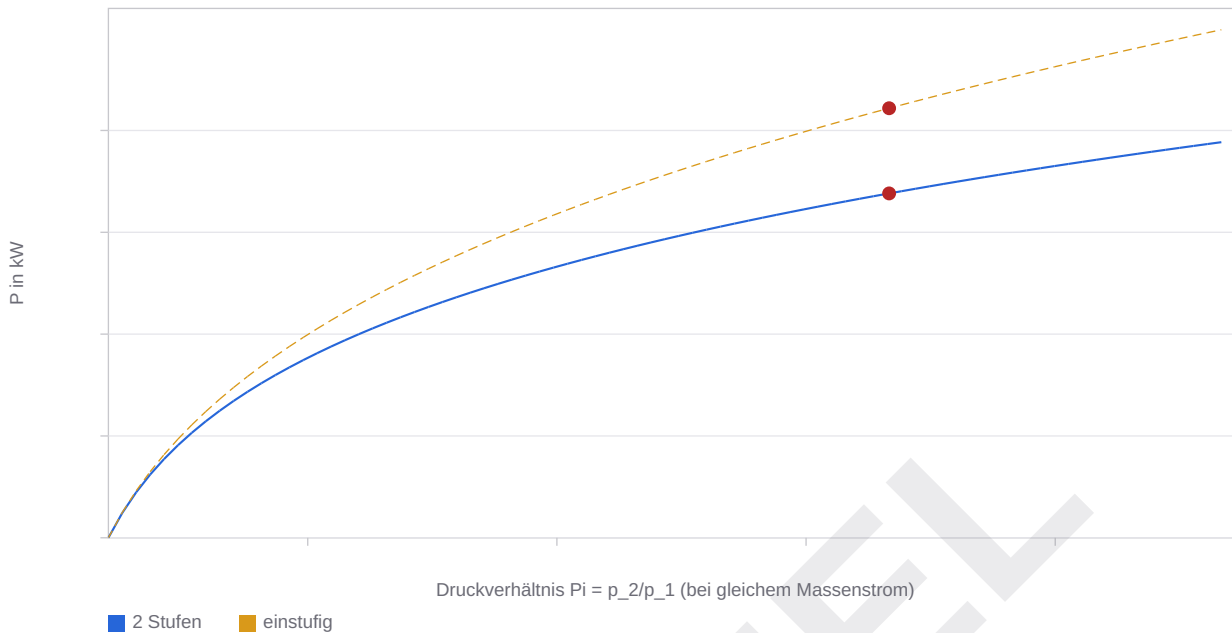
Mehrstufige Verdichtung mit Zwischenkühlung

Zwischendrücke	--- bar
Druckverhältnis je Stufe P_{i_St}	---
Leistung einstufig	--- kW
Ersparnis gegenüber einstufig	--- %

Kennwerte

Druckverhältnis $P_i = p_2/p_1$	---
Druckverhältnis je Stufe P_{i_St}	---
Prozessexponent m	---
Leistung je Stufe	--- kW
Kühlleistung gesamt Q	--- kW
davon während der Verdichtung	--- kW

Verdichtungsleistung über dem Druckverhältnis



Hinweise

Druckverhältnis je Stufe $P_{i_St} = \sqrt[z]{p_2/p_1}$: bei Kolbenverdichtern sind etwa 3 bis 4 je Stufe üblich, eine weitere Stufe prüfen.

Berechnungsgrundlage

Massenstrom und Ansaugvolumenstrom: Der Fördervolumenstrom V_2 ist auf den Enddruck p_2 bei Ansaugtemperatur T_1 bezogen, also auf den Zustand nach der Rückkühlung. Aus der Zustandsgleichung des idealen Gases $p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T$ folgt damit der Massenstrom $m = p_2 \cdot V_2 / (R_s \cdot T_1)$ und daraus der Ansaugvolumenstrom $V_1 = m \cdot R_s \cdot T_1 / p_1$.

Endtemperatur und technische Arbeit: Jede reversible Verdichtung folgt $p \cdot v^m = \text{const}$ mit dem Prozessexponenten m (isotherm $m = 1$, isentrop $m = \kappa$, polytrop $m = n$); daraus $T_2 = T_1 \cdot (p_2/p_1)^{(m-1)/m}$. Der Verdichter ist ein offenes, durchströmtes System, maßgebend ist deshalb die technische Arbeit w_t (Integral von $v \, dp$) und nicht die Volumenänderungsarbeit des geschlossenen Systems: isotherm $w_t = R_s \cdot T_1 \cdot \ln(p_2/p_1)$, isentrop $w_t = c_p \cdot (T_2 - T_1)$, polytrop $w_t = n/(n-1) \cdot R_s \cdot (T_2 - T_1)$. Die Verdichtungsleistung ist $P = m \cdot w_t$.

Mehrstufige Verdichtung: Wird zwischen den Stufen wieder auf die Ansaugtemperatur gekühlt, ist die Gesamtleistung am kleinsten, wenn alle Stufen dasselbe Druckverhältnis haben. Bei z Stufen gilt $P_{i_St} = (p_2/p_1)^{1/z}$, die Zwischendrücke sind $p_i = p_1 \cdot P_{i_St}^i$ und die Gesamtleistung $P = z \cdot m \cdot w_t(P_{i_St})$. Bei zwei Stufen ist der optimale Zwischendruck genau das geometrische Mittel $p = \sqrt{p_1 \cdot p_2}$.

Kühlleistung und Hubvolumen: Verlässt das Gas den Verdichter nach Zwischen- und Nachkühlung wieder mit der Ansaugtemperatur, ist seine Enthalpie unverändert; der erste Hauptsatz für den offenen Prozess liefert damit $Q = -P$. Aus Drehzahl n_D und Liefergrad λ folgt das erforderliche Hubvolumen $V_h = V_1/(n_D \cdot \lambda)$. Vorzeichen: dem Gas zugeführte Arbeit und Wärme zählen positiv, abgeführte Wärme ist deshalb negativ.

Gültigkeit: ideales Gas mit temperaturunabhängigen Wärmekapazitäten, reversible Verdichtung ohne Reibung, Ventil- und Strömungsverluste, ohne Schadraum und Leckage; bei mehreren Stufen vollständige Zwischenkühlung auf die Ansaugtemperatur. Ausgegeben wird die innere Verdichtungsleistung, nicht die Kupplungs- oder Motorleistung. Die Einordnung der Endtemperatur (Richtwert $— — —$ °C, kritisch ab $— — —$ °C) ist ein Erfahrungswert für ölgeschmierte Kolbenverdichter und kein Nachweis gegen eine Norm. Quelle der Beziehungen und der Zahlenbeispiele: Langeheinecke/Jany/Thieleke, Thermodynamik für Ingenieure, 6. Auflage, Kapitel 7.

Hinweis: Die Ergebnisse sind Auslegungs- und Orientierungshilfen. Sie ersetzen nicht die eigenverantwortliche Prüfung, Berechnung und Freigabe durch eine fachlich qualifizierte Person. Es gelten die Nutzungsbedingungen auf maschinenbaurechner.de.