

## Heizkörpergleichungen

Eine Untersuchung in [1] hat ergeben, dass die logarithmische Übertemperatur

$$\Delta T_{\ln} = \frac{\Delta T_V - \Delta T_R}{\ln \frac{\Delta T_V}{\Delta T_R}} \quad (1)$$

mathematisch nur für den Exponenten  $n = 1,0$  gilt. Für Exponenten  $n > 1,0$  ist die exponentielle Übertemperatur

$$\Delta T_Q = \left[ (n - 1) \frac{\Delta T_V - \Delta T_R}{\Delta T_R^{1-n} - \Delta T_V^{1-n}} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

anzuwenden. Der Vergleich mit Messergebnissen bestätigte die exponentielle Übertemperatur auch für extrem kleine Heizmittelströme. Werte für unterschiedliche Heizmittelströme liegen alle auf einer Kennlinie. Dagegen ergibt sich ein Kennlinienfeld, wenn man  $\dot{Q}$  über  $\Delta T_{\ln}$  oder  $\Delta T_{ar}$  aufträgt. D.h., der Exponent wäre hierbei abhängig vom Heizmittelstrom.

Vergleichbar dem Unterschied von logarithmischer zur arithmetischen Übertemperatur werden die rechnerischen Differenzen mit zunehmenden Heizmittelstrom geringer. Jedoch sind die theoretischen Grundlagen für die arithmetische und logarithmische Übertemperatur im Zusammenhang mit der bekannten Potenzfunktion für die Wärmeleistung inkonsequent.

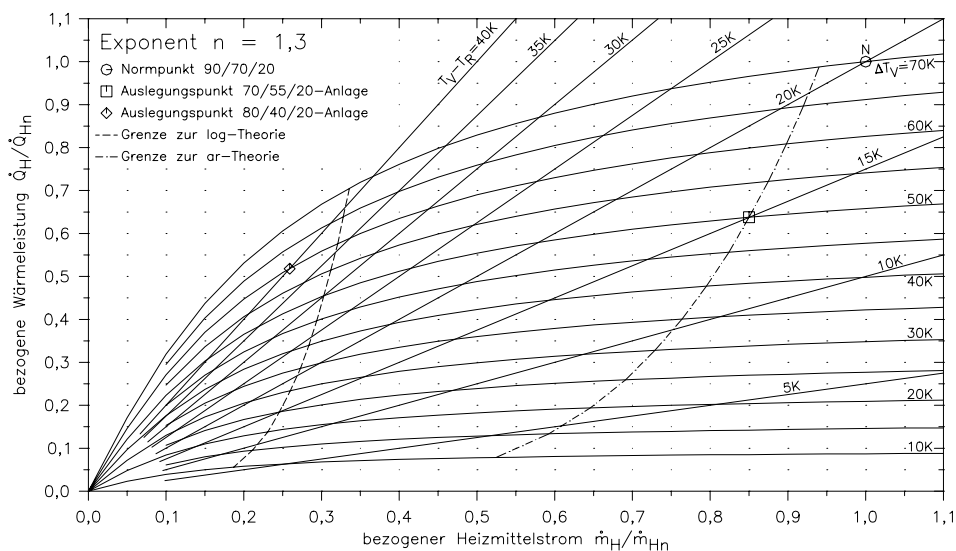


Bild 1: Betriebsdiagramm für Wärmeleistung der Heizfläche

Bild 1 zeigt ein Betriebsdiagramm für die Wärmeleistung der Heizfläche. Eingezeichnet sind gestrichelte Grenzkurven für die Anwendbarkeit der arithmetischen und logarithmischen Übertemperatur. Die rechte Grenzkurve geht aus der DIN 4703 T. 3 hervor ( $c = 0,7$ ). Links davon ist die arithmetische Übertemperatur nicht mehr zulässig. Überträgt man die gleichen Genauigkeitsanforderungen auf die logarithmische Übertemperatur, ergibt sich die linke Grenzkurve. Links dieser Grenzkurve müsste mit der exponentiellen Übertemperatur gerechnet werden, z.B. bei einer 80/40/20-Anlage. Rechnet man allerdings grundsätzlich mit der exponentiellen Übertemperatur, ist diese Fehlerbetrachtung überflüssig.

Weiterhin wurde in [1] aus der exp-Theorie eine Gleichung entwickelt, die eine explizite Berechnung der Rücklauf- und Raumlufttemperatur ermöglicht. Bei den wesentlichen Eingangsgrößen Vorlauf- und Raumlufttemperatur sowie Heizmittelstrom erhält man aus einem konsequenten mathematischen Ansatz

$$\Delta T_R = \left( \sigma + \Delta T_V^{1-n} \right)^{\frac{1}{1-n}} \quad \text{für } n > 1 \quad (3)$$

Für die Betriebs-Systemgröße  $\sigma$  gilt dabei

$$\sigma = \frac{(n-1) \dot{Q}_{Hn}}{\Delta T_{Qn}^n \dot{m} c} = \frac{(\Delta T_{Rn}^{1-n} - \Delta T_{Vn}^{1-n}) \dot{Q}_{Hn}}{(\Delta T_{Vn} - \Delta T_{Rn}) \dot{m} c} \quad (4)$$

Für den Sonderfall  $n = 1$  (log-Theorie) gilt dagegen

$$\Delta T_R = \Delta T_V e^{-\psi} \quad \text{für } n = 1 \quad (5)$$

Mit der Betriebs-Systemgröße  $\psi$

$$\psi = \frac{\dot{Q}_{Hn}}{\Delta T_{ln,n} \dot{m} c} \quad (6)$$

Der Index  $n$  kennzeichnet einen Bezugszustand, bei dem sämtliche Temperaturen, Wärmeleistung und Heizmittelstrom bekannt sind. Für diesen Zustand wird i.d.R. der Normzustand der Heizkörperprüfung oder der Auslegungszustand bei max. Vorlauftemperatur gewählt. Als Umgebungstemperatur ist hier die Raumlufttemperatur angegeben, da sich die Prüfergebnisse auf diese Temperatur beziehen.

Ein Beispiel soll die Anwendung verdeutlichen. Gegeben sei :

Auslegungszustand:  $T_V = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_R = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_L = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Heizkörper:  $n = 1,4$ ,  $\dot{Q}_{Hn} = 1000 \text{ W}$

Teillastfall:  $\dot{m} = 17,2 \text{ kg/h}$ ,  $T_V = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

Hieraus soll die sich einstellende Rücklauftemperatur berechnet werden.  
Für die spez. Wärmekapazität wird  $c = 1,1617 \text{ Wh/(kg K)}$  eingesetzt.

Da  $n > 1$  ist, gilt die exp. Norm-Übertemperatur nach Glg. (2):

$$\Delta T_{Q,n} = \left[ (1,4 - 1) \frac{(90 - 20) - (70 - 20)}{(70 - 20)^{1-1,4} - (90 - 20)^{1-1,4}} \right]^{\frac{1}{1,4}} = 59,33 \text{ K}$$

Betriebs-Systemgröße:  $\sigma = (1,4 - 1) \frac{1000}{59,33^{1,4} \cdot 17,2 \cdot 1,1617} = 0,0659$

Rücklaufübertemperatur:  $\Delta T_R = \left( 0,0659 + (55 - 20)^{1-1,4} \right)^{\frac{1}{1-1,4}} = 19,1 \text{ K}$

Rücklauftemperatur:  $T_R = 19,1 + 20 = \underline{\underline{39,1 \text{ }^\circ\text{C}}}$

Die Wärmeleistung beträgt demnach:

$$\dot{Q}_H = \dot{m} c (T_V - T_R) = 17,2 \cdot 1,1617 \cdot (55 - 39,1) = 318 \text{ W}$$

Wäre der Exponent  $n = 1$ , gilt nach der log.-Theorie

Betriebs-Systemgröße:  $\psi = \frac{1000}{59,44 \cdot 17,2 \cdot 1,1617} = 0,842$

Rücklauftemperatur:  $T_R = (55 - 20) e^{-0,842} + 20 = \underline{\underline{35,1 \text{ }^\circ\text{C}}}$

## Formelzeichen

$T_L$	Raumlufttemperatur
$T_V$	Vorlauftemperatur
$T_R$	Rücklauftemperatur
$\Delta T_V = T_V - T_L$	Vorlaufübertemperatur
$\Delta T_R = T_R - T_L$	Rücklaufübertemperatur
$\Delta T_{ar}$	arithmetische Übertemperatur (Näherung)
$\Delta T_{ar,n} = 60\text{K}$	arithmetische Norm-Übertemperatur

$\Delta T_{\ln}$	logarithmische Übertemperatur für $n = 1$
$\Delta T_{\ln,n} = 59,44 \text{ K}$	log. Norm-Übertemperatur
$\Delta T_Q$	exponentielle Übertemperatur für $n > 1$
$\Delta T_{Q,n}$	exponentielle Norm-Übertemperatur für $n > 1$

n	$\Delta T_{Q,n}$
-	K
1,1	59,41
1,2	59,38
1,3	59,36
1,4	59,33

$\dot{m}$	Heizmittelstrom (Massenstrom)
$\dot{m}_n$	Bezugs-Heizmittelstrom
c	spez. Wärmekapazität
n	Exponent der Heizfläche
$\dot{Q}_{Hn}$	Norm-Wärmeleistung
$\sigma$	Betriebs-Systemgröße für $n > 1$
$\psi$	Betriebs-Systemgröße für $n = 1$
Index n	Normzustand, Auslegungszustand oder allg. Bezugszustand

## Literatur

- [1] *Nadler, N.* : Die Wärmeleistung von Raumheizkörpern in expliziter Darstellung. HLH (1991), Nr. 11, Seite 621-624.