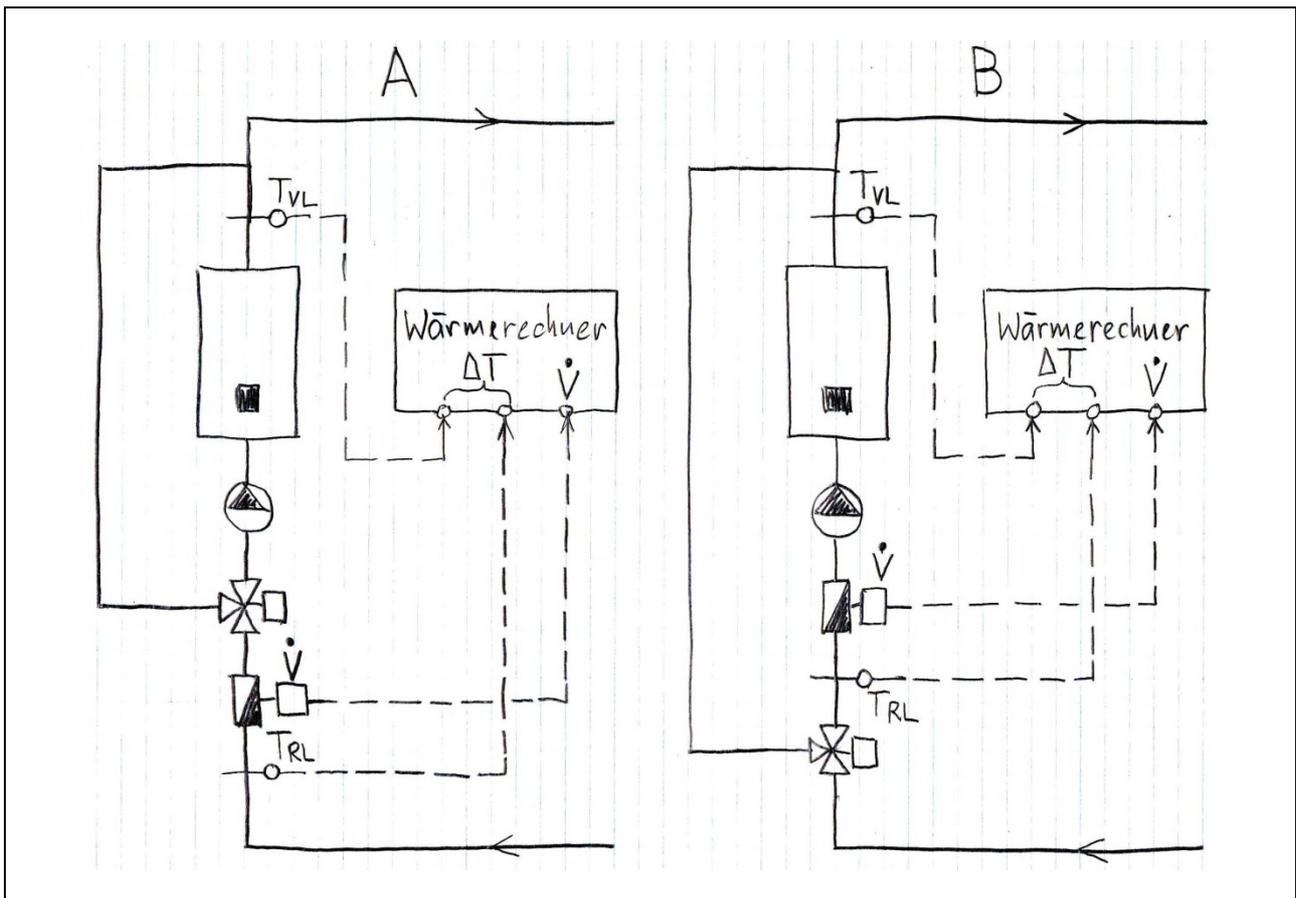


**Neben der Wärmezählung im Holzkesselkreis gemäss den Standardschaltungen [2] [5] kann auch eine vereinfachte Wärmezählung über die SPS des Holzkessels oder das Leitsystem erfolgen. Welche Möglichkeiten gibt es zur Wärmezählung im Holzkesselkreis?**

In den Standardschaltungen [2] [5] von QM Holzheizwerke sind die Durchflusszähler im variablen Volumenstrom eingebaut (Variante A in FAQ 25 Abbildung 1). Dies in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der meisten Wärmezählerfabrikanten. Vorteil gegenüber einem Einbau im konstanten Volumenstrom ist die grössere Temperaturdifferenz und damit die höhere Genauigkeit der Temperaturdifferenzmessung. Dabei sollte allerdings auch berücksichtigt werden, dass die Genauigkeit des Durchflussmessers bei kleinen Durchflüssen stark abfällt und den Vorteil der genaueren Temperaturdifferenzmessung möglicherweise wieder zunichte macht.

Der Einbau des Durchflussmessers im konstanten Volumenstrom (Variante B in FAQ 25 Abbildung 1) hat zwar den Nachteil der ungenaueren Temperaturdifferenzmessung, aber es ergeben sich auch einige Vorteile in der praktischen Anwendung:

- Das Wärmezählersignal ist viel ruhiger (eine schnelle Stellsignal-Änderung des Kesselkreisventils beeinflusst den Volumenstrom im Kesselkreis nur wenig und die Temperaturdifferenz reagiert relativ träge)
- Möglichkeit einer vereinfachten Wärmezählung über die SPS des Holzkessels oder das Leitsystem, die allerdings nicht eichfähig ist



FAQ 25 Abbildung 1: Wärmezählung im Holzkesselkreis. Variante A mit Durchflussmesser im variablen Volumenstrom gemäss Standardschaltung und Wärmezählerfabrikanten. Variante B mit Durchflussmesser im konstanten Volumenstrom.

## Multiplikation von Mittelwerten

Oft wird die mittlere Wärmeleistung durch Multiplikation der Mittelwerte von Volumenstrom und Temperaturdifferenz berechnet. Dies ist falsch, weil dabei die Regel «Multiplikation vor Addition» missachtet wird. Allgemein gilt:

$$\frac{A_1 \cdot B_1 + A_2 \cdot B_2 + \dots + A_n \cdot B_n}{n} \neq \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n} \cdot \frac{B_1 + B_2 + \dots + B_n}{n}$$

Nur, wenn eine der beiden Grössen konstant ist, wird die Regel nicht verletzt:

$$\frac{A_{konst} \cdot B_1 + A_{konst} \cdot B_2 + \dots + A_{konst} \cdot B_n}{n} = A_{konst} \frac{B_1 + B_2 + \dots + B_n}{n}$$

## Vereinfachte Wärmezählung über die SPS des Holzkessels oder das Leitsystem

Die mathematisch und physikalisch korrekten Berechnung der Wärmeleistung aus dem Volumenstrom und der Temperaturdifferenz ergibt sich aus:

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T$$

mit:

$$\dot{Q} = \text{Wärmeleistung [W]}$$

$$\dot{V} = \text{Volumenstrom [m}^3/\text{s]}$$

$$\rho = \text{Dichte des Wärmeträgers [kg/m}^3\text{]}$$

$$c_W = \text{Spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgers [Ws/(kg}\cdot\text{K)]}$$

$$\Delta T = T_{VL} - T_{RL} = \text{Temperaturdifferenz [K]}$$

Ein Wärmezähler berechnet durch Integration der Wärmeleistung die erzeugte Wärmemenge Q im Zeitraum von  $t_1$  bis  $t_2$  wie folgt:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q} dt = \int_{t_1}^{t_2} \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T(t) dt$$

Ein Wärmezähler kann dabei alle Grössen im Integral als Variablen berücksichtigen. Die Genauigkeit der Wärmezählung ist also nur von der Genauigkeit der Messung des Volumenstromes und der Temperaturen sowie des Messintervalls (je kürzer desto besser) abhängig.

Im Hinblick auf eine Vereinfachung der Wärmezählung stellt sich nun folgende Frage: Dürfen Grössen innerhalb des Integrals möglicherweise als Konstanten angenommen werden? Die Antwort lautet: Streng genommen sind alles Variablen, aber unter bestimmten Bedingungen können einige als annähernd konstant angenommen werden:

- Der Volumenstrom ist bei Variante A in FAQ 25 Abbildung 1 stark variabel, im Gegensatz dazu ist er in Variante B relativ konstant
- Die Dichte und die spezifische Wärmekapazität sind vom Wärmeträger und von dessen Temperatur an der Messstelle abhängig; da die Temperaturabhängigkeit relativ schwach ist, können diese Stoffwerte für einen bestimmten Wärmeträger und eine mittlere Wärmeträgertemperatur als einigermaßen konstant angenommen werden
- Die Temperaturdifferenz ist sowohl bei Variante A wie bei Variante B in FAQ 25 Abbildung 1 stark variabel

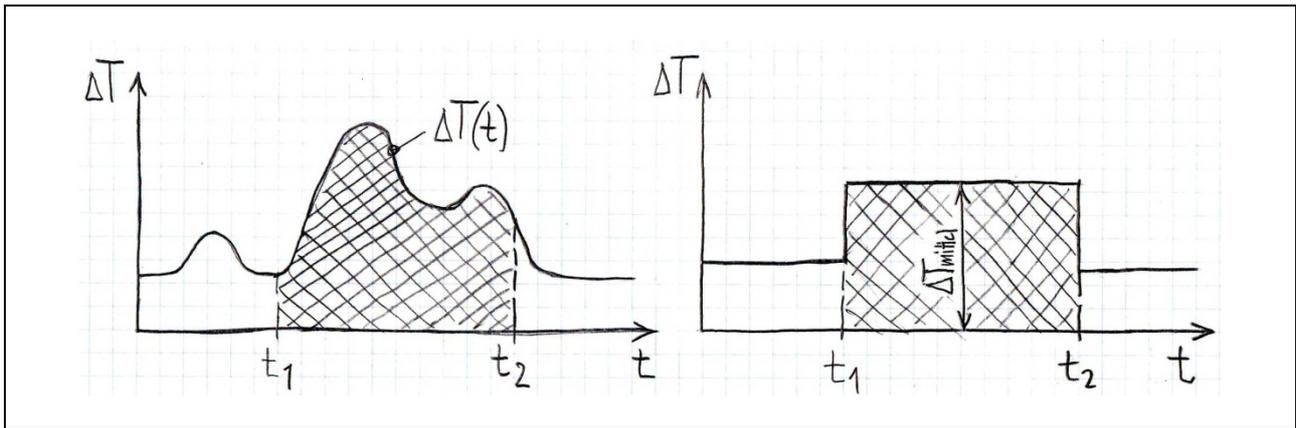
Konstanten dürfen vor das Integral gestellt werden. Damit kann die Berechnung der Wärmemenge wie folgt vereinfacht werden:

$$Q = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \int_{t_1}^{t_2} \Delta T(t) dt$$

Das Integral ist sehr viel kürzer geworden. Es stellt die Fläche zwischen  $t_1$  und  $t_2$  unter der  $\Delta T$ -Kurve dar (FAQ 25 Abbildung 2 links). Diese Fläche lässt sich auch durch Multiplikation der Zeitdauer ( $t_2 - t_1$ ) mit dem Mittelwert der Temperaturdifferenz  $\Delta T_{\text{mittel}}$  berechnen (FAQ 25 Abbildung 2 rechts). Damit wird die Berechnung der Wärmemenge sehr einfach:

$$Q = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T_{\text{mittel}} \cdot (t_2 - t_1)$$

Selbstverständlich ist diese Art der Wärmezählung nicht eichfähig, aber für viele Fälle genügend genau, um die korrekte Funktion der Anlage zu überprüfen.



FAQ 25 Abbildung 2: Die beiden Flächen zwischen  $t_1$  und  $t_2$  sind gleich gross.

### Beispiel

In der Praxis kann mit dieser Vereinfachung eine preisgünstige Wärmezählung realisiert werden. Dazu ist nur ein Durchflusszähler (oder Billigst-Wärmezähler ohne Impulsausgang oder BUS-Anschluss) notwendig, der entsprechend Variante B in FAQ 25 Abbildung 1 eingebaut wird. Alternativ kann auch nur eine temporäre Messung mittels Ultraschall-Anlegedurchflussmesser vorgenommen werden. Dabei muss getestet werden, wie weit sich der Volumenstrom bei verschiedenen Ventilstellungen ändert, also das Kriterium eines konstanten Volumenstroms nicht erfüllt ist.

*Beispiel: Ventil auf Durchgang = 19,0 m<sup>3</sup>/h; Ventil auf Umlenkung = 19,8 m<sup>3</sup>/h; in die Rechnung eingesetzt = 19,4 m<sup>3</sup>/h = 5,39 dm<sup>3</sup>/s*

Die laufende Berechnung des Mittelwertes der Temperaturdifferenz erfolgt über die SPS des Holzkessels oder das Leitsystem. Der Messintervall soll möglichst kurz und immer gleich sein. Der berechnete Mittelwert wird in einem vorgegeben Aufzeichnungsintervall gespeichert.

*Beispiel: Messintervall = 10 s; Aufzeichnungsintervall = 5 min = 300 s; 5-Minuten-Mittelwert 12,8 K*

Die Stoffdaten des Wassers sind von der Temperatur des Wassers an der Messstelle abhängig.

*Beispiel: Der Durchflussmesser ist im Rücklauf gemäss Variante B in FAQ 25 Abbildung 1 eingebaut. Bei 70°C betragen die Stoffwerte des Wassers: Dichte = 0,978 kg/dm<sup>3</sup>; Spezifische Wärmekapazität 4187 Ws/(kg·K)*

Somit ergeben sich für das Beispiel folgende Berechnungen:

In den letzten 5 Minuten produzierte Wärmemenge:

$$Q_{5 \text{ min}} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_W \cdot \Delta T_{\text{mittel}} \cdot (t_2 - t_1) = 5,39 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot 0,978 \text{ kg/dm}^3 \cdot 4187 \text{ Ws/(kg}\cdot\text{K)} \cdot 12,8 \text{ K} \cdot 300 \text{ s} = 84'754'000 \text{ Ws} = 23,54 \text{ kWh}$$

Mittlere Wärmeleistung in den letzten 5 Minuten:

$$\dot{Q}_{\text{mittel}} = Q_{5 \text{ min}} \cdot \frac{3600 \text{ s/h}}{300 \text{ s}} = 23,54 \text{ kWh} \cdot \frac{3600 \text{ s/h}}{300 \text{ s}} = 282,5 \text{ kW}$$

### Mischung von Methode A und Methode B

Methode A und Methode B in FAQ 25 Abbildung 1 können auch gemischt werden: Messung des Durchflusses im Kesselkreis mit einem gemäss Methode A im variablen Durchfluss eingebauten Durchflussmesser (Ventil auf Durchgang gestellt), aber Berechnung der Wärmemenge gemäss Methode B mit dem mittels Methode A gemessenen konstanten Durchfluss.