

In der Praxis trifft man oft auf Wärmetauscher die unbefriedigend arbeiten, weil sie unzweckmässig dimensioniert und nicht richtig abgeglichen wurden. Wie sollen Wärmetauscher dimensioniert und abgeglichen werden?

Wärmetauscher werden beim Hersteller bestellt, indem diesem die gewünschten Temperaturen und Durchflüsse sowie die (Wunsch-)Übertragungsleistung angegeben werden. Nur, ob die Auslegungsdaten optimal gewählt wurden und ob der Wärmetauscher später tatsächlich im gewünschten Bereich arbeitet, darum kümmert sich kaum jemand. Deshalb lohnt es sich, einmal grundsätzliche Überlegungen zur Auslegung von Wärmetauschern und zu deren Abgleich zu machen.

Die **Übertragungsleistung** eines Wärmetauschers ergibt sich wie folgt:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta T_{log}$$

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

$$k = \text{Wärmedurchgangskoeffizient [W/m}^2\text{K]}$$

$$A = \text{Wärmeübertragungsfläche [m}^2\text{]}$$

$$\Delta T_{log} = \text{mittlere logarithmische Temperaturdifferenz [K]}$$

Der **Wärmedurchgangskoeffizient** ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig:

- Aggregatzustand der Wärmeträger (Gas, Dampf, Flüssigkeit)
- Stoffeigenschaften der Wärmeträgers (Dichte, spezifische Wärmekapazität, Zähigkeit)
- Thermodynamische Zustandsgrössen der Wärmeträger (Druck, Temperatur)
- Strömungsgeschwindigkeiten der Wärmeträger
- Geometrische Form des Wärmetauschers

Diese Faktoren werden nur in Wärmetauscher-Berechnungsprogrammen korrekt berücksichtigt, weshalb immer die Berechnung des Wärmetauscherherstellers massgebend ist. Als Grössenordnung ergeben sich bei den hier besprochenen Anwendungen etwa folgende Werte:

- Interner Rohrbündelwärmetauscher: 400...600 W/m²K
- Externer Plattenwärmetauscher im Gegenstrom: 800...1'200 W/m²K

Die **mittlere logarithmische Temperaturdifferenz** beschreibt die effektiv treibende Temperaturdifferenz im Wärmetauscher. Sie berechnet sich aus den beiden Temperaturdifferenzen im Wärmetauscher-Diagramm (FAQ 31 Abbildung 1):

$$\Delta T_{log} = \frac{\Delta T_{gr} - \Delta T_{kl}}{\ln(\Delta T_{gr} / \Delta T_{kl})}$$

$$\Delta T_{gr} = \text{grosse Temperaturdifferenz [K]}$$

$$\Delta T_{kl} = \text{kleine Temperaturdifferenz [K]}$$

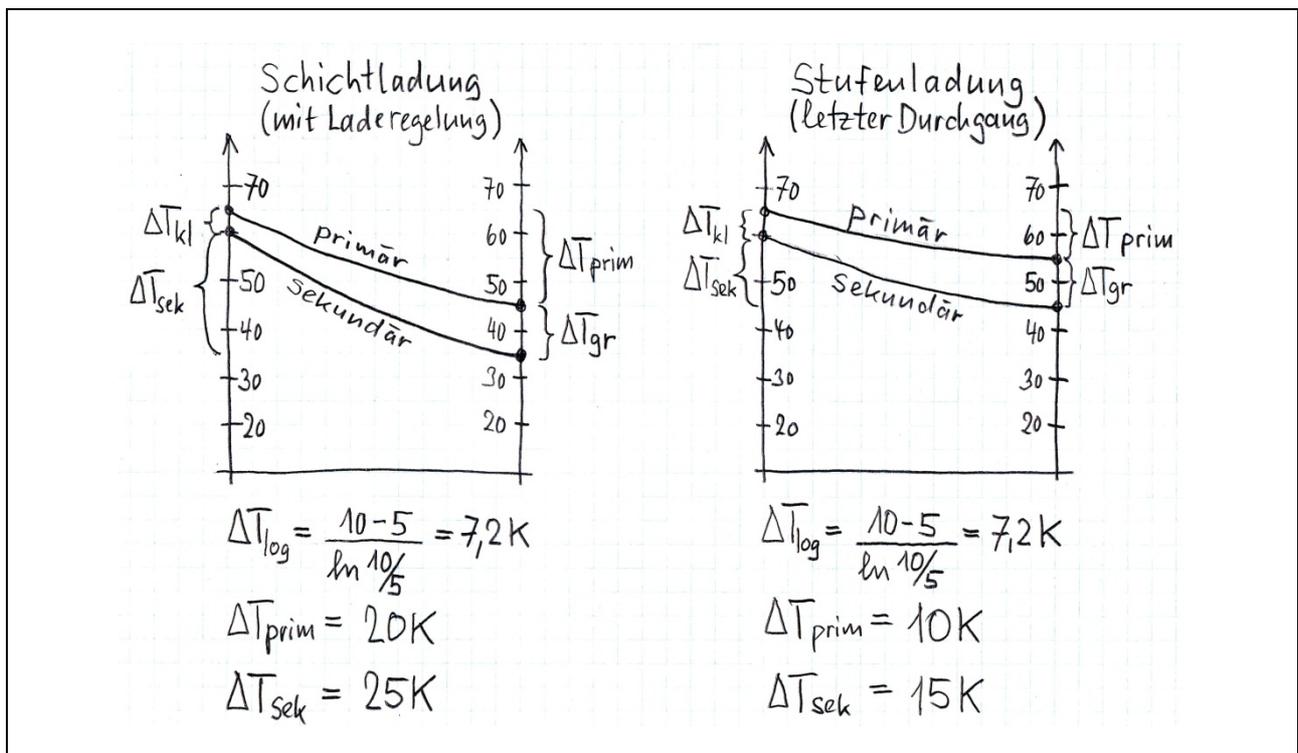
Bei gleichen Temperaturdifferenzen (Division durch null) gilt: $\Delta T_{log} = \Delta T_{kl} = \Delta T_{gr}$

Grundsätzlich sind möglichst tiefe Vorlauftemperaturen (geringere Verluste, Vermeidung von Verkalkung bei der Warmwasserbereitung) und möglichst tiefe Rücklauftemperaturen (kleinere Förderleistung, bessere Nutzung des Speichers) erwünscht. Damit lassen sich aus den obigen Formeln und aus FAQ 31 Abbildung 1 einige grundsätzliche Erkenntnisse herleiten:

- Die Rücklauftemperatur wird möglichst tief, wenn die Differenz der Primärtemperatur und Sekundärtemperatur am kalten Ende des Wärmetauschers möglichst klein ist.

- Die Vorlauftemperatur wird möglichst tief (Vermeidung Verkalkung bei BWW), wenn die Differenz der Primärtemperatur und Sekundärtemperatur am warmen Ende des Wärmetauschers möglichst klein ist.
- Auf beiden Seiten des Wärmetauschers wird also eine kleine Temperaturdifferenz angestrebt. Dies ergibt eine kleine logarithmische Temperaturdifferenz, und je kleiner diese ist, desto grösser muss die Wärmetauscherfläche sein. Eine möglichst grosse Wärmetauscherfläche ist also bezüglich Auslegung immer von Vorteil.
- Die Wärmetauscherfläche wird allein durch den Preis des Wärmetauschers begrenzt. Dem erhöhten Druckabfall kann mit vielen kleinen anstatt wenigen grossen Platten begegnet werden, was aber natürlich noch teurere Wärmetauscher ergibt.
- Die gewünschten Auslegewerte stellen sich nur ein, wenn Primär- und Sekundärdurchfluss des Wärmetauschers sorgfältig abgeglichen werden.

Im Folgenden wird bei internen Wärmetauschern von Rohrbündel-Wärmetauschern ausgegangen und bei externen Wärmetauschern von Plattenwärmetauschern, die im Gegenstrom betrieben werden.



FAQ 31 Abbildung 1: Wärmetauscher-Diagramme für Schichtladung und Stufenladung (Plattenwärmetauscher im Gegenstrom betrieben)

Wie sollen interne Wärmetauscher ausgelegt werden?

Interne (innenliegende) Wärmetauscher sollten normalerweise nur eingesetzt werden, wenn die Wärmeaustauschfläche auf wenigstens 0,30 m²/kW ausgelegt werden kann. Dies ist vor allem in Einfamilienhäusern der Fall.

Bei Anlagen mit Solarenergienutzung sind zwei interne Wärmetauscher üblich, einer für die Sonnenkollektoren und einer für die Heizungsanlage. Hier kann es der Fall sein, dass heizungsseitig eine Auslegung auf 0,30 m²/kW nicht möglich ist. Ein störungsfreier Betrieb ist auch mit kleinerer Wärmeaustauschfläche möglich, allerdings auf Kosten einer optimalen Warmwassertemperatur.

Alle anderen Fälle sind viel zweckmässiger mit einem externen Wärmetauscher zu lösen.

Wie sollen externe Wärmetauscher ohne Laderegulation ausgelegt werden (Stufenladung)?

Messungen an externen (ausserliegenden) Wärmetauschern ohne Laderegulation haben gezeigt, dass keine deutliche Stufung der Speichertemperatur erkennbar ist, wie man aufgrund theoretischer Überlegungen erwarten würde. Vielmehr steigt die Speichertemperatur mehr oder weniger kontinuierlich an. Dies bedeutet:

Zufälligkeiten beim letzten Ladedurchgang spielen kaum eine Rolle, und grössere Spreizungen führen nicht so schnell zu Problemen.

Auf der anderen Seite muss aber auch beachtet werden, dass der Speicher durch eine ungünstige Zirkulation in Verbindung mit geringem Warmwasserverbrauch auf eine relativ hohe Temperatur hochgemischt werden kann. Dies wiederum verbietet eine allzu grosse Temperaturdifferenz auf der Sekundärseite.

Empfehlungen (die Zahlen beziehen sich auf FAQ 31 Abbildung 1):

- Wärmeaustauschfläche mindestens $0,15 \text{ m}^2/\text{kW}$.
- Die Einschaltung über einen Fühler im Speicher auf 2/3 Speicherhöhe und die Ausschaltung über die Wärmetauscher-Austrittstemperatur auf der Primärseite ergibt eine höchstmögliche Warmwassertemperatur (60°C) bei begrenzter heizungsseitiger Rücklaufstemperatur (55°C).
- Auf der Sekundärseite sind tendenziell grössere Temperaturdifferenzen möglich, wenn die Speichertemperatur nicht zu hoch wird wegen ungünstiger Zirkulation in Verbindung mit geringem Warmwasserverbrauch. Eine Temperaturdifferenz auf der Sekundärseite von 15 K ergibt kaum Probleme.
- In jedem Falle sollte die Temperaturdifferenz auf der Sekundärseite (15 K) grösser sein als auf der Primärseite (10 K). Damit ist gewährleistet, dass die Austrittstemperatur auf der Sekundärseite (60°C) möglichst nahe an die Eintrittstemperatur auf der Primärseite (65°C) herankommt.

Wie sollen externe Wärmetauscher mit Laderegulung ausgelegt werden (Schichtladung)?

Der grosse Vorteil einer sekundärseitigen Laderegulung ist, dass nahezu der ganze Speicher auf die höchstmögliche Temperatur geladen werden kann. Mit einer Laderegulung lassen sich problemlos Warmwassertemperaturen erreichen, die die Forderungen zur Vermeidung von Problemen mit Legionellen im Trinkwasser erfüllen.

Empfehlungen (die Zahlen beziehen sich auf FAQ 31 Abbildung 1):

- Wärmeaustauschfläche mindestens $0,15 \text{ m}^2/\text{kW}$.
- Die Einschaltung über einen Fühler im Speicher auf 2/3 Speicherhöhe und die Ausschaltung über die Wärmetauscher-Austrittstemperatur auf der Primärseite ergibt eine höchstmögliche Warmwassertemperatur (60°C) bei begrenzter heizungsseitiger Rücklaufstemperatur (mit 45°C noch 10 K tiefer als bei der Stufenladung).
- Auf der Sekundärseite sind grössere Temperaturdifferenzen möglich als bei der Stufenladung. Eine Temperaturdifferenz auf der Sekundärseite von 25 K ergibt kaum Probleme.
- In jedem Falle sollte die Temperaturdifferenz auf der Sekundärseite (25 K) grösser sein als auf der Primärseite (20 K). Damit ist gewährleistet, dass die Austrittstemperatur auf der Sekundärseite (60°C) möglichst nahe an die Eintrittstemperatur auf der Primärseite (65°C) herankommt.