

INDUSTRIELLE ABGASKÜHLSYSTEME VON SCHEUCH

In der industriellen Luft- und Umwelttechnik setzen wir insbesondere bei der Erfassung und Reinigung von Prozessabgasen unterschiedliche Konzepte zur Kühlung ein, die wir hier im Überblick vorstellen möchten.

Hauptzweck der Abgaskühlung ist die Anpassung der Gastemperaturen an die wirtschaftlich verfügbaren Filtermedien (definierte Filtereintrittstemperatur) und die damit einhergehende Reduktion der zu reinigenden Abgasvolumenströme, also zunächst wirtschaftliche Gründe.

Da bei der Abkühlung von Prozessabgasen aber bedeutende Energiemengen frei werden, beziehen wir im Sinne unseres Umweltbewusstseins regelmäßig Möglichkeiten für eine regenerative Abwärmenutzung in unsere Konzepte ein. Als Beispiel: Die Abkühlung von 200.000 m³/h trockener Luft um 100 °C entspricht einer Wärmeleistung von ca. 3,5 Megawatt [MW].

Zunächst müssen die Aufgabestellung und die Rahmenbedingungen der Abgaskühlung möglichst eindeutig erfasst bzw. definiert werden, um eine „richtige“ Systemfestlegung und Dimensionierung der Kühlung erreichen zu können. Die aus einem abzukühlenden Abgasvolumenstrom abzuführende Wärmeleistung (Q) errechnet sich mit der nachfolgenden Formel:

$$Q = m \times cp \times \Delta t$$

m...Massenstrom V [kg/s]

cp...spezifische Wärmekapazität [kJ/kgK]

Δt...Temperaturdifferenz [K]

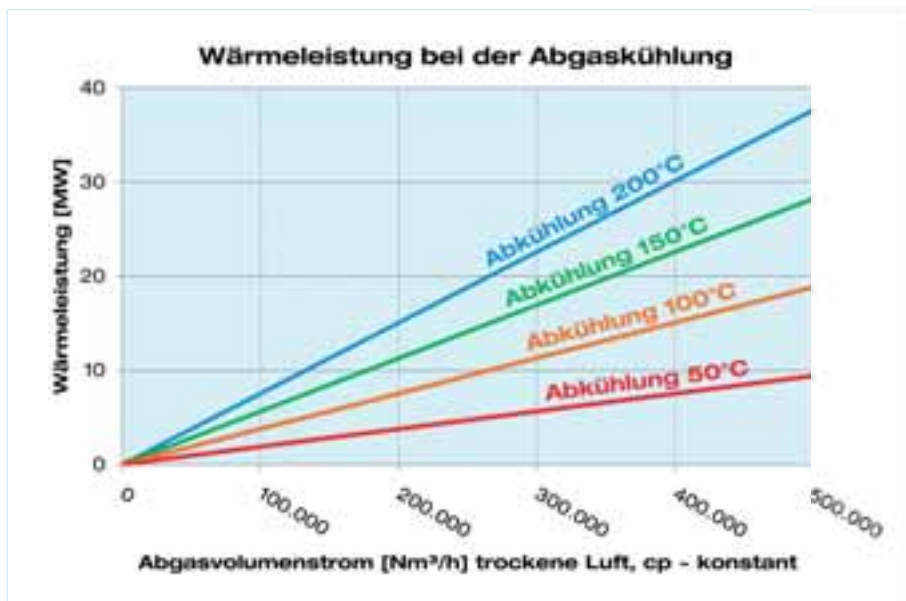
Für eine schnelle Abschätzung kann mit einer - über den betrachteten Temperaturbereich konstanten, mittleren, spezifischen Wärmekapazität von Luft gerechnet werden. Es ist jedoch zu beachten, dass für eine genaue Berechnung letztlich sowohl die Gaszusammensetzung als auch die Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazitäten berücksichtigt werden muss. Wasserdampf (Feuchtigkeit) und CO₂ im Abgas erhöhen den Kühlbedarf zum Teil beträchtlich. Weiters müssen zeitliche Schwankungen (besonders bei Chargenprozessen üblich) und Prozessschwankungen („upset“-Bedingungen) in die Überlegungen mit einbezogen werden.

Im Wesentlichen stehen 3 Kühlverfahren zur Verfügung, die wir mit dem Scheuch-Produktprogramm abdecken:

- Abkühlung (Regeneration) in Luft/Luft-Wärmetauschern
- Abkühlung durch Mischluftkühlung
- Abkühlung durch Verdampfungskühler

In Wärmetauschern wird Wärme vom Abgas in die Kühlluft übertragen. Die dominierende Bauart ist der **Luft/Luft-Wärmetauscher**, welcher zumeist im Kreuzstrom oder Kreuz-Gegenstrom betrieben wird. Er ist das richtige System für trockene Abgase. Das abzukühlende Gas wird über Anströmhauben in das Rohrrinnere geführt und im Kreuzstrom an der Außenseite mit Umgebungsluft über Axialventilatoren gekühlt. Die Luft/Luft-Wärmetauscher werden - je nach Erfordernis - sowohl abgasseitig als auch kühlluftseitig in ein- oder mehrzügiger Bauweise erstellt.

Sie werden je nach erforderlicher Anwendung in unterschiedlichen Rohrdimensionen hergestellt, besonderer Wert wird auf ein schlüssiges Konzept zu Statik und Temperaturkompensation der Rohrbündel gelegt. Die Kühlventilatoren werden gruppenweise



oder einzeln temperaturgeführt geschaltet, nach Bedarf sind die Luft/Luft-Wärmetauscher mit integrierten Notkühleinrichtungen versehen.

Das Verfahren der **Mischluftkühlung** wird insbesondere dann angewendet, wenn nur zeitweise eine geringfügige Abkühlung erforderlich ist oder wenn in der betrachteten Anlage ohnehin kühlere Teilluftvolumenströme zur Verfügung stehen. Die Mischluft wird temperaturgeführt über Klappen in die Mischungsstrecke eingesaugt oder mittels Axialventilatoren eingebracht.

Bei der **Verdampfungskühlung** wird das Abgas durch Eindüsen von Wasser in die Rohrleitung bzw. in einen Apparat (Verdampfungskühler - VDK) abgekühlt (im Gleichstrom zur Teil- oder vollständigen Sättigung). Die Kühlleistung setzt sich aus den für die Wassererwärmung, Verdampfung und Dampferwärmung benötigten Wärmen zusammen, wobei die Verdampfungsenthalpie überwiegt. Während die benötigte Kühlleistung und die dafür notwendige Wassermenge durch eine Wärmebilanzrechnung einfach zu bestimmen ist, haben wir für die apparative Gestaltung des

VDK und das Regelungskonzept im Verlauf der letzten Jahre umfangreiches verfahrenstechnisches Know-how durch Erfahrung ansammeln können.

Die treibende Kraft der Verdampfung ist die Temperatur des Abgases. Das bedeutet, dass bei vergleichbaren Wärmeleistungen ein VDK bei niedrigeren Temperaturen in der Regel bedeutend größer dimensioniert werden muss als bei höheren Temperaturen. Das Kühlwasser wird in den Scheuch-Verdampfungskühlern entweder in Einstoffdüsen oder mittels Druckluftzerstäubung (Zweistoffdüsen) verdüst. Die Durchströmung erfolgt vorzugsweise vertikal, je nach Anwendung bzw. Einplanungserfordernissen strömt das Abgas von oben nach unten („top-down“) oder von unten nach oben („bottom-up“). Im Gegensatz zu Luft/Luft-Wärmetauschern reagiert dieses System wesentlich weniger sensibel auf Anbackungen.

Bei kurzzeitigen Temperaturschwankungen (vor allem in Chargenprozessen) wirken Anlagenteile auch als Wärmespeicher. Die an die Wandungen von Rohrleitungen abgegebene



1) Luft/Luft-Wärmetauscher

Je nach Prozessanforderungen des zu kühlenden Abgases (Abkühlgeschwindigkeiten, Vermeiden von Taupunktüberschreitungen, ...) sind mehrzügige Ausführungen sowohl auf der Prozessgas- als auch auf der Kühlluftseite möglich.

2) Verdampfungskühler - „bottom-up“ Verdampfungskühler - „top-down“

Sie werden vor allem in der Zementindustrie eingesetzt, wenn heißes Prozessgas aus dem Vorwärmeturm direkt auf eine Filtereintrittstemperatur von max. 120 °C abgekühlt werden soll.

3) Massekühler

Je nach geforderter Kühlleistung werden entweder freistehende Kühler konzipiert oder einzelne Massepakete in Absaugsträngen eingesetzt.



Wärmemenge führt zu einer Materialerwärmung (Massespeichereffekt). Dieser Effekt wird im Scheuch-Massekühler gezielt zur Vergleichmäßigung der Abgastemperaturen ausgenutzt. Die im Massekühler eingebauten Blechpakete sind wärmetechnisch optimiert berechnet, um die zu verbauende Blechmasse gering zu halten.

Alle beschriebenen Scheuch-Kühlsysteme sind auf der Grundlage der Kundenanforderungen systematisch konzipiert und werden auf den jeweiligen Anwendungsfall optimiert. Die Themenbereiche Strömungstechnik (An-/Abströmung, Druckverlust), Schalltechnik, Verschleiß, Anbackungen, Abscheidung von Funken, Zugänglichkeit werden für alle Bauarten übergeordnet betrachtet, damit nicht nur die bestmögliche technische Lösung für die gestellte Kühlaufgabe, sondern auch ein wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet sind.

