



Beim Kühlen von Abgasströmen, die mit Lösemitteln beladen sind, gibt es häufig technische Schwierigkeiten bei tieferen Temperaturen. Konventionelle Wärmetauscher können je nach Abgaszusammensetzung einfrieren, verschmutzen oder wenn der kondensierbare Anteil in den flüssigen Zustand übergeführt wird, hierbei statt abscheidbaren Tröpfchen nur nicht-abscheidbaren Nebel bilden. **Mittel zur Lösung ist der Badkühler**; ein Direkt-Kontakt-Apparat, bei dem das Abgas in direkten Kontakt mit einem gekühlten Flüssigkeitsbad gebracht wird.



Bild: FotoHero/Pixelio

## Lösemittelrückgewinnung und Abgasreinigung mittels Badkühler

Klaus-Dieter Zschorsch

**D**ie Kondensation ist ein physikalischer Vorgang der Abkühlung von Gasströmen unter der Kühlgrenztemperatur der darin enthaltenen Lösemittel. Bei diesem bewährten Verfahren kondensieren die Lösemittel aus und liegen in flüssiger Form zur Wiederverwendung vor. Genutzt wird dieser erprobte Prozess beim technischen Einsatz von Lösemitteln im weitesten Sinne zum Beispiel für Trocknungsprozesse und thermische Trennverfahren. Trägergase wie Luft oder inerte Gase wie Stickstoff übernehmen den Transport der Lösemittel. Einige typische Lösemittel und deren Sättigungskonzentrationen in Gramm pro Kubikmeter ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) über die Temperatur sind in Grafik 1 dargestellt und zeigen, dass selbst bei hohen Beladungen über  $1\,000\ \text{g}/\text{m}^3$  noch immer eine Trocknung möglich ist, vorausgesetzt, die entsprechenden Lösemittel und Temperaturen werden ausgewählt.

### Vorteile nutzen, die Wirtschaftlichkeit gewinnt

Die Kondensation findet meist bei der Lösemittelrückgewinnung, Abgasreinigung und Abgaskonditionierung Anwendung und ist dort als wirtschaftliches Verfahren angesehen, wenn die Herstellungsverfahren den Einsatz erlauben. Dies gilt insbesondere bei hohen Abgas-, Schadstoff- beziehungsweise Lösemittelkonzentrationen. Hierbei sind primär die Schadstoffe oder Lösemittel als Wertstoffe zurückzugewinnen, um Rohstoffe, Energien und Kosten zu sparen. Für die optimale Auswahl eines Verfahrens müssen betrieblichen Gegebenheiten und Möglichkeiten des produzierenden Betriebs mit in die Betrachtungen einbezogen und berücksichtigt werden [1]. Das Kondensationsverfahren ist besonders unter folgenden Aspekten als wirtschaftlich anzusehen:

- ▶ direkte Wiederverwertung des Lösemittelkondensats,
- ▶ je nach Anforderung auch direkte Rückführung des Kondensats in den angeschlossenen Prozess,

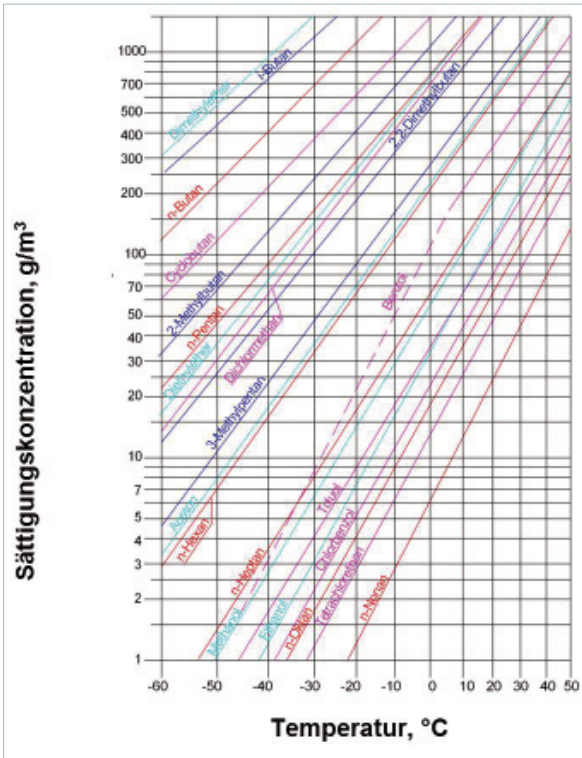
- ▶ schnelle und hohe Verfügbarkeit,
- ▶ geringe Instandhaltungskosten und
- ▶ lange Lebensdauer.

### Angewandte Kondensationsysteme

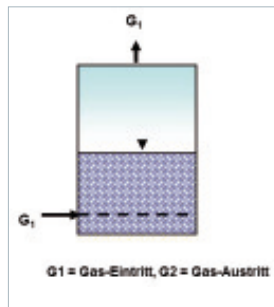
Es stehen unterschiedliche Kondensationsysteme zur Verfügung. Anwendung finden Oberflächen-Kondensatoren, ausgeführt als Rohrbündelkühler, Rippenrohrtauscher und Plattentauscher. Hier findet die Kondensation an gekühlten Oberflächen statt. Abgas und Kühlmedium haben nur indirekten Kontakt. Wichtig für den effektiven Einsatz sind die verfahrensgerechte Auslegung und die gleichmäßige Gasbeaufschlagung der Tauscherflächen.

### Alternative und Mittel zur Lösung: der Badkühler

Die Vorteile beim Kühlen der Abgasströme auf tiefere Temperaturen liegen darin, dass die Restkonzentration der Beladung nach dem Kühler entsprechend der Sättigungskurve abnimmt. Sofern daraus keine anderen tech-



Grafik 1: Sättigungskonzentration über die Temperatur



Grafik 2: Einfache Blasensäule

Grafiken (2): Standardkessel

nischen Probleme erwachsen, ist es also günstig, die Kühler Temperatur so niedrig wie möglich zu wählen. Die Industrie fordert hierfür wirtschaftliche Systeme, die eine lange unterbrechungsfreie Betriebsdauer auch bei tiefen Temperaturen zulassen.

Mittel zur Lösung ist die Kondensation in einem Badkühler; eine besondere Bauart des Wärmetauschers von Standardkessel mit speziellen verfahrenstechnischen und physikalischen Eigenschaften. Während Oberflächenkondensatoren, in der Regel ausgeführt als konventionelle Wärmetauscher je nach Abgaszusammensetzung einfrieren, verschmutzen oder nicht-ab-

scheidbaren Nebel bilden können, werden bei dem Einsatz eines Badkühlers diese Probleme und technische Schwierigkeiten weitgehend vermieden.

### Vorteile der direkten Kondensation ausschöpfen

Der Badkühler ist ein Direktkontaktapparat zum intensiven Wärme- und Stoffaustausch mit speziellen Eigenschaften zur problemlosen, verschmutzungs- und vereisungsfreien Kühlung von Abgasströmen. Um dies zu gewährleisten, ist der Badkühler als Blasensäule [2, 3] konzipiert. Verfahrenstechnisch ist die Blasensäule (Grafik 2) ein Apparat für Gas/Flüssigkeits-Prozesse. In die vorgelegte Flüssigkeit wird Abgas über einen Gasverteiler eingebracht, das in Blasen durch die Flüssigkeit strömt und dabei eine Phasengrenzfläche zwischen Gas und Flüssigkeit erzeugt. Die Begasung erfolgt über ein gelochtes Doppelbodenblech, durch das das Abgas strömt. Aufsteigende Gasblasen transportieren in ihrer Grenzschicht Flüssigkeit von unten nach oben. Diese strömt in Wandnähe des Badkühlers zurück. Die gewollte Zirkulationsströmung führt zu einem intensiven und effektiven Wärme- und Stoffaustausch im Badkühler und lässt, auch bei tiefen Temperaturen, eine lange unterbrechungsfreie Betriebsdauer zu.

### Wesentliche Vorteile und Eigenschaften des Badkühlers

Das Prinzip der direkten Kondensation in einem Badkühler, das heißt in einem Lösemittelbad, ist eine sichere und wirtschaftliche Technik und hat gegenüber der indirekten Kondensation den Vorteil, dass ein effizienter Wärmeaustausch und ein homogeneres Gas/Dampfgemisch mit der Kühlung vorliegen und somit weniger Kühlungshilfsmittel oder eine geringere Kühlleistung erforderlich ist. Dies ermöglicht kompakte Bauweisen bei geringem Platzbedarf. Bei intermittierenden Kühlvorgängen werden die Zeiträume zwischen den einzelnen Ausblasphasen für die Kältespeicherung genutzt. Dadurch wird es möglich, relativ kleine Kältekompressoren zu verwenden.

Infolge der direkten Kondensation im Flüssigkeitsbad wird das sich bildende Kondensat direkt in der Flüssigkeit aufgefangen. Durch das kondensierte Lösemittel steigt der Flüssigkeitsspiegel an. Deshalb kann ständig Lösemittel mit Eiskristallen aus dem Oberlauf des Speicherkühlers abfließen. Im Abgasstrom befindliche Staub- und Schmutzpartikel schwimmen bei schweren Lösemitteln wie Perchloroethylen, Trichlorethan oder Methylenechlorid ebenfalls auf und werden kontinuierlich aus dem Badkühler ausgetragen. Bei spezifisch leichten Lösemitteln erfolgt der Eis- und Schmutzaustrag unten am Sumpf.

Die Flüssigkeit im Speicherkühler dient je nach Inhaltstoffen im Gasbeziehungsweise Abgas und der Flüssigkeitsvorlage als Kontakt- oder Absorptionsflüssigkeit, sodass im Abgas enthaltene Komponenten, zum Beispiel Weichmacher oder Paraffine, weitgehend in Lösung gehen und abgeschieden werden können. Es lassen sich aber nicht nur Lösemittel auskondensieren. Es ist auch möglich, den Speicherkühler mit einer tiefgekühlten Sole als Kontaktflüssigkeit zu füllen und darin beispielsweise Benzol, Paraffin oder Naphthalin auszuscheiden.

Dipl. Ing. Klaus-Dieter Zschorsch,  
Standardkessel GmbH, Hamburg,  
kzschorsch@standardkessel.de

### Literatur

- [1] VDI 3476 Blatt 2: 2010-01 Abgasreinigung – Verfahren der katalytischen Abgasreinigung Oxidative Verfahren, Berlin: Beuth Verlag, 15 (71)
- [2] Gerhard Emig, Elias Klemm: Technische Chemie: Einführung in die Chemische Reaktionstechnik, Springer-Verlag, 411 (2005), 5. Auflage, Heidelberg, Berlin, New York: Springer Verlag 1981
- [3] Burkhard Lohrengel: Einführung in die thermischen Trennverfahren Trennung von Gas-, Dampf- und Flüssigkeitsgemischen, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 134 (2012)