

Kältemittel: Neue Wege zum Ziel

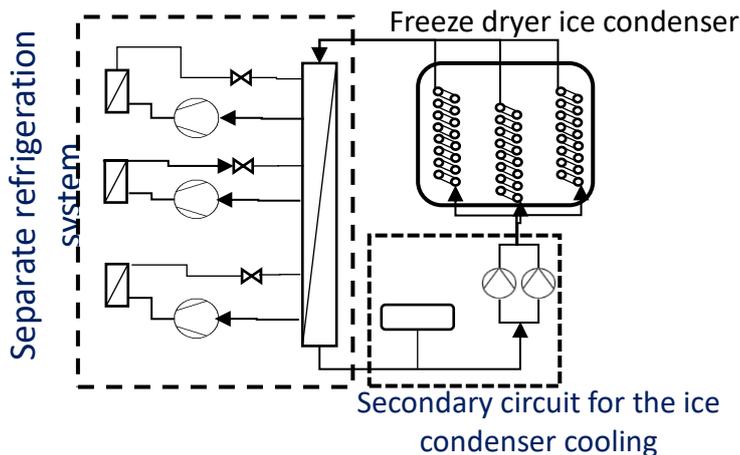
Wie den Klimawandel verlangsamen und stoppen? Das ist eine Frage, die nur selten bis in die pharmazeutische Fertigung vordringt. Doch sind „klassische“ Kältemittel, die in Gefriertrocknungsanlagen eingesetzt werden, klimaschädlich. Mit der so genannten F-Gase-Verordnung hat die Europäische Union bereits 2014 Weichen gestellt, die sich spätestens heute auf die Konzeption von Gefriertrocknungsanlagen auswirken. Optima bietet Lösungen.

Kältemittel wie das R404A sind als klimaschädlich bekannt. Darüber gibt das „Global Warming Potential“, kurz GWP, Auskunft. Das über Jahre vielfach eingesetzte R404A weist beispielsweise einen hohen GWP-Wert von 3922 auf.

Ein generelles Nachfüllverbot ab 2020 für Kältemittel mit einem GWP größer 2.500 wurde zuletzt mit Ausnahmen versehen, die u. a. für Gefriertrocknungsanlagen gelten (Annex III vom 1. Januar 2020). Dennoch erwarten Experten, dass deren Produktion zurückgefahren wird und Mittel wie das R404A sich massiv verteuern werden. Denn für die meisten Anwendungen bleibt das Verbot bestehen. Einmal abgesehen vom Klimaschutzgedanken werden diese Kältemittel mittel- bis langfristig auch aus wirtschaftlicher Sicht nicht mehr sinnvoll einsetzbar sein.

Die Alternativen

Die chemische Industrie forscht intensiv an Alternativen zu den klimaschädlichen Kältemitteln. Und sie bietet Innovationen – die jedoch bis dato alle einen wesentlichen Nachteil aufweisen: Sie sind brennbar. Zum Vergleich: Hier reichen die GWP-Werte von 6 (R170) bis 146 (R455A), womit sie tatsächlich den klimafreundlichen Anforderungen entsprechen. Um diese Kältemittel gefahrlos einsetzen zu können, müssen die Gefriertrocknungsanlagen jedoch spezifisch konzipiert sein. Die Lösung besteht hier in einem Sekundärkreislauf für den Eiskondensator (siehe Schaubild).



Indirekte Kühlung des Eiskondensators: Brennbare Kältemittel befinden sich in der Kälteanlage. Diese kühlt das Silikonöl, das durch die Kühlschlangen des Eiskondensators fließt. Die Kühlschlangen im Eiskondensator müssen darauf ausgelegt sein.

Des Weiteren existieren nicht brennbare Kältemittel, die der EU-Regularie entsprechen und einen GWP-Wert von unter 2.500 aufweisen. Dazu zählt beispielsweise das R410A mit einem GWP von 2088. Aller Voraussicht nach wird dieses mittelfristig, zumindest etwa weitere zehn Jahre, verfügbar sein. R448A, das ebenfalls nicht brennbar ist und voraussichtlich noch längerfristig verfügbar sein wird, hat einen GWP-Wert von 1387. In Hinblick auf den Klimaschutz sind diese Kältemittel gegenüber den „Vorgängern“ ein Fortschritt, jedoch keine Lösung. Wer sich ganz dem Klimaschutz verschreibt, kommt also in absehbarer Zeit nicht an brennbaren Kältemitteln vorbei.

Beratung und Konzeption

Inzwischen stehen diverse Wege offen, um dem Anlagenbetreiber eine individuell passende Lösung bieten zu können. Sogar bei vorhandenen Gefriertrocknungssystemen kann es, je nach Lebenserwartung und weiteren Kriterien, sinnvoll sein, über eine Nachrüstung nachzudenken. Erste Einblicke in die verschiedenen Lösungsansätze bietet die folgende Übersicht:

- **LN2-Kältemittel:** Diese seit Jahren bekannte und technisch bewährte Lösung ist in Hinblick auf die F-Gase-Verordnung zukunftssicher. Die Investitionskosten, bezogen auf das Kältesystem, sind hier günstiger im Vergleich zu den nachfolgenden Lösungen, die Verbrauchskosten dagegen höher, umso häufiger die Anlage eingesetzt wird. Gefriertrocknungsanlagen mit LN2-Kältemitteln müssen daher zum Einsatzszenario des Betreibers passen. Diese Lösung eignet sich für neue Projekte. Doch auch bestehende Anlagen für klimaschädliche Kältemittel könnten mit wenig Aufwand auf ein LN2-System umgerüstet werden.

- Für den Einsatz von voraussichtlich mittelfristig verfügbaren **Kältemitteln** wie R410A und längerfristig verfügbaren Kältemitteln wie R448A: **Beide sind nicht brennbar, jedoch auch nicht umfassend klimafreundlich:**

Zwei Varianten sind dafür denkbar; die direkte sowie die indirekte Kühlung des Eiskondensators. Bei indirekter Kühlung des Eiskondensators ist das System aus technischer Sicht zukunftssicher. Hier wird das Kältesystem mit indirekter Kühlung des Eiskondensators konzipiert. Indem das Kältesystem nachträglich ersetzt wird, können (später) auch brennbare Kältemittel eingesetzt werden.

Bei direkter Kühlung des Eiskondensators – die „klassische“ Bauweise – ist heute noch nicht absehbar, ob in Zukunft konstruktive Änderungen am Eiskondensator erforderlich sein werden, um die F-Gase-Verordnung dauerhaft erfüllen zu können. Zunächst sind bei dieser Lösung die Investitionskosten niedriger als bei o. g. Lösung. Eine nachträgliche Umrüstung wäre jedoch technisch komplex oder unter Umständen sogar technisch unmöglich. Sollte eine Nachrüstung des Eiskondensators erforderlich und technisch möglich sein, wird die Investition insgesamt höher ausfallen als bei einer indirekten Kühlung des Eiskondensators, die sofort realisiert wird. Die Betriebskosten liegen bei beiden Varianten höher (ca. +10 bis +30 %) als bei klassischen Gefriertrocknungsanlagen.

- **Lösungen für brennbare, umweltfreundliche Kältemittel:** Es ist nicht ausgeschlossen, dass die chemische Industrie noch den Königsweg findet, was in diesem Fall nichtbrennbare und zugleich vollständig klimafreundliche Kältemittel beinhaltet. Wer sich darauf nicht verlässt und heute schon eine umfassend zukunftsichere, umweltfreundliche Variante vorzieht, der wird zusätzlich seine Kälteanlage beispielsweise als Kaskadensystem konzipieren. Zudem ist auch hier die indirekte Kühlung des Eiskondensators über einen zweiten Kreislauf auszuführen. Die Investitionskosten liegen über denen der klassischen Gefriertrocknungsanlage (bis zu +40 %). Die Betriebskosten sind ebenfalls höher (ca. +30%).

Weniger Energieeinsatz: neue Kälteanlage

Bei der Ausgestaltung der Kältesysteme gibt es wiederum Varianten, die den spezifischen Anwenderbedürfnissen bestmöglich entsprechen können, darunter auch aktuelle Innovationen. Erstmals bietet Optima eigenentwickelte Kälteanlagen an, die speziell auf den Einsatz von brennbaren, klimafreundlichen Kältemitteln als Kaskadensysteme ausgelegt sind. Eine weitere neue Variante ist das System von Mirai, das Luft als „Kältemittel“ einsetzt.

Systembedingt ergeben sich hier Unterschiede in der Leistung und Effizienz. Die Kühlkapazität für die Aufstellflächen und den Eiskondensator liegen beim Luftsystem beispielsweise bei bis zu 50 kW pro Modul. Das Optima Kältesystem Modul 4 bietet bis zu 37 kW und das Optima Modul 5 bis zu 74 kW pro Modul, beide jeweils für brennbare Kältemittel. Die Effizienz der Kälteerzeugung für die primäre Trocknung (als das Verhältnis von Kühlkapazität zur erforderlichen Leistungsaufnahme) sollte ebenfalls im Auge behalten werden. Hier weisen die beiden Optima Module im Vergleich zu anderen Systemen sehr gute Werte auf. Nicht zuletzt sind die Investitionskosten von Bedeutung.

Es zeigt sich zudem, dass der Energiebedarf bei den neuen Optima Systemen sowie bei den Luftkältemaschinen mit dem Einsatz von Frequenzumrichtern massiv gesenkt werden konnte. Hier wird nur noch der tatsächlich erforderliche Energiebedarf abgerufen, der je nach Phase des Gefriertrocknungsprozesses erheblich variiert. Auch die Genauigkeit der erzielten Temperatur wurde damit wesentlich verbessert. Diese liegt bei weniger als ± 1 K im Bereich der Stellplattentemperatur.

Entscheidend: die richtige Technik – und die gute Beratung

Weitere Faktoren sind wesentlich: Die Kältemittel wirken sich auf die Kühlleistung der jeweiligen Technik aus. In Relation zum traditionellen Kältemittel R404A (100 Prozent) erreichen die alternativen Kältemittel Werte von 64 bis 149 Prozent (jeweils bei Verwendung eines Hubkolbenverdichters). Wer den finanziellen Aufwand nicht scheut, dem steht mit dem Einsatz von Luftkältemaschinen eine zusätzliche Variante offen, um die erforderliche Kühlkapazität zu erzielen.

In der Konzeption von Gefriertrocknungsanlagen gelten mit der F-Gase-Verordnung neue Rahmenbedingungen. Dieser Situation trägt Optima mit unterschiedlichen Anlagenkonzeptionen Rechnung. Die eine beste Lösung existiert nicht, doch ist Optima mit den genannten Varianten auf die

neue Situation bestens vorbereitet. In enger Zusammenarbeit mit dem Anwender und unter intensiver Beratung entstehen perfekte Lösungen dafür.

Für Sie entscheidend

- Aus Umweltschutzgründen, bald auch aus wirtschaftlichen Gründen: Klassische Kälteschutzmittel werden in absehbarer Zeit nicht mehr sinnvoll einsetzbar sein.
- Alternative Kälteschutzmittel sind entweder nicht 100 % klimafreundlich oder brennbar. Auch für brennbare Mittel sind technische Lösungen verfügbar. Diese bieten eine sichere Langzeitperspektive.
- In die Beratung und Konzeption fließen unterschiedlichste Aspekte ein: erforderliche Kühlleistung, Effizienz der Systeme, Auswirkungen auf die Sublimationsrate u. v. m.
- Neue Kälteanlagen von Optima sind besonders energieeffizient aufgebaut und erreichen die definierten Temperaturen im Eiskondensator und in den Aufstellflächen äußerst präzise.