

Forane® 427A: Umrüstung eines Niedrigtemperatur-Kältelagers bei MODENA TERMINAL in Modena, Italien



Seit dem 1. Januar 2010 verbietet die Europäische Gesetzgebung die Verwendung von R22 zur Instandhaltung von Kälteanlagen. Dieses Verbot hat Folgen für alle Beteiligten des Kältesektors, und insbesondere für diejenigen, die in der Nahrungsmittelkältekette tätig sind.

Die Firma MODENA TERMINAL betreibt ein Kältelager in Modena, nur wenige Kilometer nördlich von Bologna, in Italien, zur Konservierung von Parmesan, dem lokalen Käse, aber auch für Nahrungsmittel, die weitaus niedrigere Temperaturen erfordern, wie etwa Fleisch. Das Kältelager ist eines der größten in Italien.

MODENA TERMINAL ist unmittelbar von dieser Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen betroffen, da das Kältelager ausschließlich mit R22 betrieben wird. Die Branchenvereinigung der Kältekammern, ASSOLOGISTICA, in der MODENA TERMINAL Mitglied ist, hat die Aufmerksamkeit ihrer Mitglieder auf die Notwendigkeit der Einhaltung der geltenden Gesetzgebung hingewiesen.

MODENA TERMINAL muss sich somit entscheiden zwischen der Schließung des Lagers oder der Umrüstung auf eine andere Flüssigkeit, die es ihr ermöglicht, ihre Tätigkeit in Übereinstimmung mit der Gesetzgebung fortzuführen.

Auf der Grundlage zahlreicher erfolgreich umgesetzter Projekte hat die Firma *Tecnoimpianti*, die für die Instandhaltung der Anlagen von MODENA TERMINAL verantwortlich ist, die Verwendung von Forane® 427 von Arkema empfohlen.

Beschreibung der Anlage:

Allgemeine Beschreibung:

- 5 Mehrzweck-Kältekammern mit Temperaturen zwischen 0 und -20 °C: Kapazität von 3.000 Tonnen Fleisch bei einem Gesamtvolumen von etwa 8.800 m³; mit einem Direkt-Expansions-Verdampfer pro Kältekammer, einem Gang zwischen den verschiedenen Kältekammern im Freien, bei einer Höchsttemperatur von 14 °C (Volumen von 5.880 m³)
- 1 große Kältekammer mit der Bezeichnung *Cellone*: Kapazität von mehr als 6.000 Tonnen Fleisch, tiefgefroren bei -18 °C / -20 °C; Volumen von mehr als 54.400 m³, 25 m Höhe, 10 Direkt-Expansions-Verdampfer
- Lade- und Entladebereich für die große Kältekammer mit einer auf 14 °C eingestellten Temperatur (Volumen von 5.450 m³).
- 1 Gefrier-/Schnellgefrieretunnel für Frischfleisch bei -40 °C: Kapazität von 20 Tonnen / 18 Stunden; Überflutungsverdampfer mit 4 Wärmeaustauschern; Vorraum des Tunnels zur Kühlung von Rindervierteln vor dem Gefrieren und zur Abpackung vor der Lagerung in den Kältekammern

Die gesamte Anlage wird hauptsächlich nachts mit billigerem Nachtstrom betrieben und steht tagsüber still.

Die Kompressoren

Die Anlage ist mit 4 Schraubenkompressoren ausgestattet (300 kW):

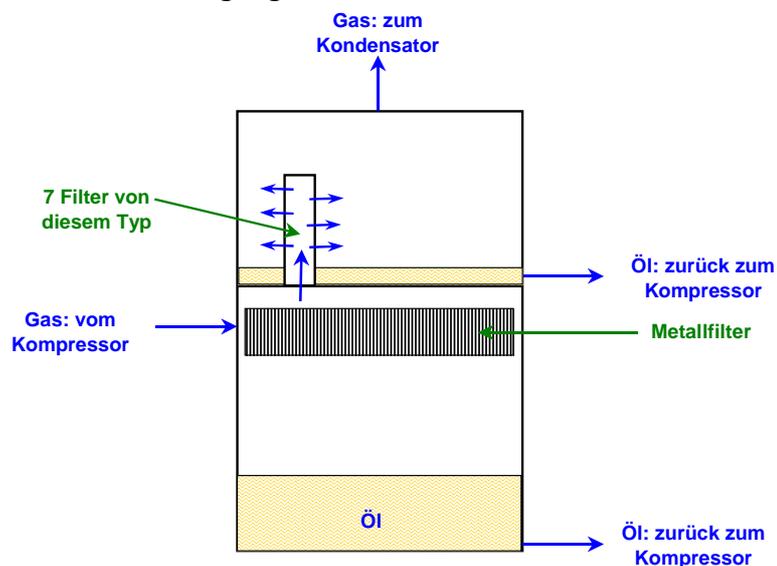
- Kompressor 1 (CV1 : Howden XRV 204-145): *Cellone* und die 5 Kältekammern
- Kompressor 2 (CV2 : STAL SVR 57): *Cellone* + die 5 Kältekammern + Tunnel
- Kompressor 3 (CV3 : STAL SVR 51): *Cellone* + die 5 Kältekammern + Tunnel + positive Temperaturbereiche
- Kompressor 5 (CV5 : STAL Type S24 – stehender Kompressor): Kältekammern + positive Temperaturbereiche. Dies ist der kleinste Kompressor, der tagsüber betrieben wird, soweit dies erforderlich wird.

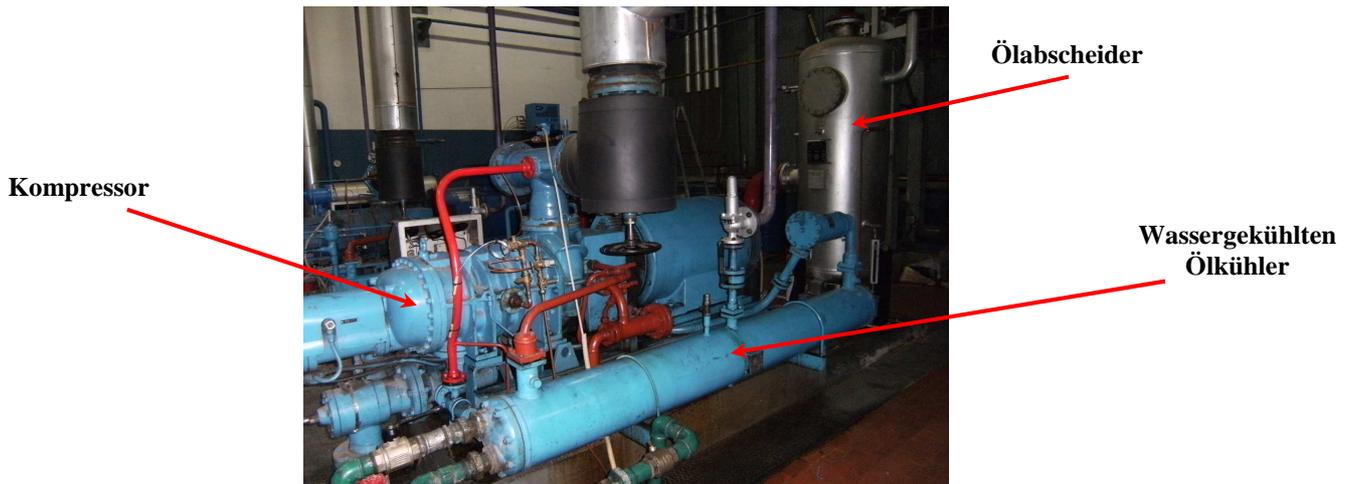
Jeder Kompressor ist ausgestattet mit:

- einem wassergekühlten Ölkühler



- einem Ölabscheider am Ausgang





Die Kondensation

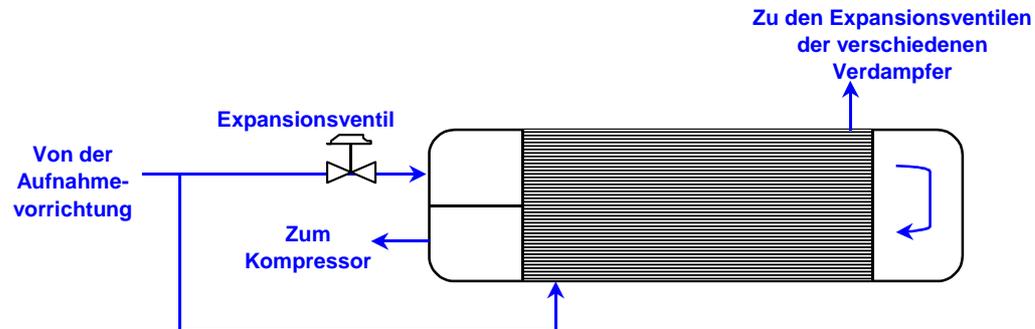
- 2 Kondensatorverdampfern mit jeweils einer Kapazität von 1507 kW. Es ist möglich, einen der Kondensatoren zu bypassen. Der Druck wird über den Wasser- und Luftdurchsatz geregelt.



- 1 Aufnahmevorrichtung mit Flüssigkeitspegelmessung



- 1 Unterkühler



Die Kältekammern

- Sie haben Direktverdampfungssysteme:
- thermostatische Expansionsventile TEX20 Danfos,
 - Verdampfer:
 - Cellone: 10 Wärmeaustauscher mit einer Austauschfläche von jeweils 628 m² und einem Luftdurchsatz von 60.000 m³/Stunde
 - Kältekammern: Wärmeaustauscher mit jeweils 493 m² und einem Luftdurchsatz von 40.000 m³/Stunde

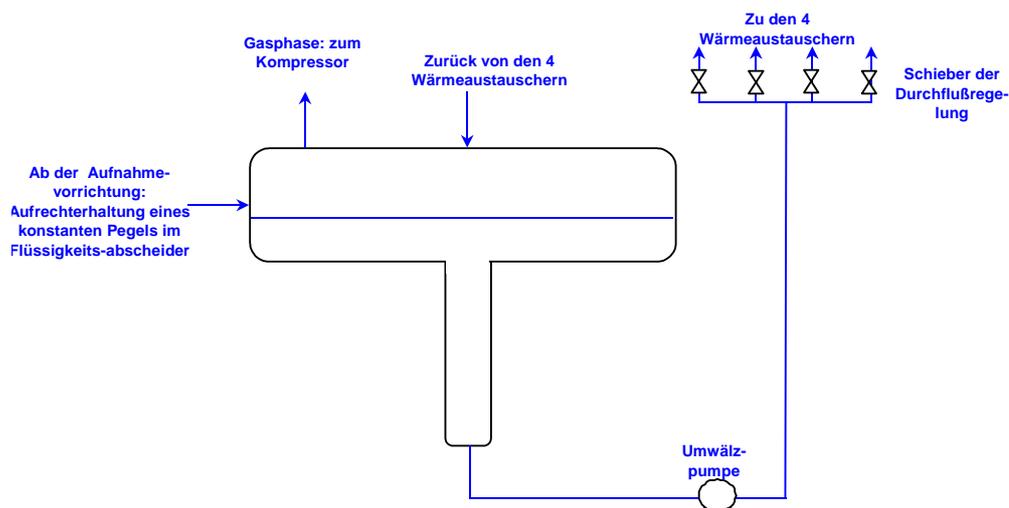
Tiefgefriertunnel

Er wird mit einem Überflutungsverdampfer betrieben, der die Wärmeaustauscher des Tunnels versorgt:

- 4 Wärmeaustauscher mit jeweils 500 m² oder 2.000 m² Wärmeaustauschfläche und insgesamt 8 Ventilatoren, die jeweils 27.500 m³/Stunde Luft durchblasen. Der Flüssigkeitsabscheider, der über den Unterkühler versorgt wird, dessen Versorgung entsprechend der Pegelmessung im Abscheider geregelt wird, ist weiter unten abgebildet.

Am tiefen Punkt ermöglichen eine Pumpe sowie eine Reservepumpe die Flüssigkeitsversorgung der 4 Wärmeaustauscher. Die Schieber sind am Anfang dieser 4 Leitungen angeordnet, um den Durchfluss zu regeln. Am Ausgang der Verdampfer wird das Flüssigkeits-/Gasgemisch zum Flüssigkeitsabscheider zurückgeführt. Die Gasphase versorgt den Kompressor. Das Flüssigkeitsvolumen beträgt insgesamt etwa 1.000 l

Schema des Flüssigkeitsabscheiders:



Umrüstungsverfahren

Eine Woche vor der Umrüstung wurden die Kältekammern mit maximaler Belastung gefüllt und die Temperatur wurde maximal herabgesetzt.

Anschließend wurden sie 36 Stunden lang während der Abschaltung der Anlage nicht geöffnet.

- 24 h vorher wurden 2 der 4 Kompressoren abgeschaltet, die Filter dieser Kompressoren wurden ausgetauscht und das Mineralöl wurde durch ein POE-Öl ersetzt
- Abschaltung der Anlage = Beginn der 36 h-Abschaltung
- Entleerung des R22 (3.600 kg)
- Entleerung des Öls aus den 2 anderen Kompressoren, Austausch der Filter und Ersetzen des Öls
- Die Dichtungen wurden nicht ersetzt. Mehrere unterschiedliche Dichtungen werden verwendet: Teflon, Viton, Neopren
- Ersetzen der Filter durch gleichwertige, neue Filter: 7 Filter für jeden Ölabscheider, Ölfilter der Kompressoren , Entwässerungsfilter am Ausgang der Aufnahmevorrichtung
- Überprüfung der Dichtigkeit der Anlage
- Evakuierung der Anlage während etwa 10 h
- Befüllung mit Forane® 427A über den tiefen Punkt der Aufnahmevorrichtung, wurde ein 1 Kompressor in Betrieb gesetzt
- Inbetriebnahme der Anlage
- Einstellung der Expansionsventile

Nach 36 Stunden Abschaltung war die Temperatur im *Cellone* von -22 °C auf -20,5 °C gestiegen.

Ersetzen des Öls

Das Mineralöl (Mobil Gargoil Arctic 300) wurde durch ein POE-Öl ersetzt (Frosyn SE170):

- 500 l Mineralöl wurden entfernt, der Ölpegel war niedrig
- 600 l des neuen Öls wurden so eingefüllt, dass wieder ein hoher Pegel in den Kompressoren hergestellt wurde.

Nach den verschiedenen Betriebszeiten des Tunnels wurde der Flüssigkeitsabscheider entleert (Flüssigkeit zurück zur Aufnahmevorrichtung) und das Öl wurde am tiefen Punkt entleert: Etwa 50 kg beim ersten Mal, 50 kg beim zweiten Mal und 10 kg beim dritten Mal. Dieses Öl wurde analysiert. Es handelte sich fast ausschließlich um Mineralöl. Damit ist erwiesen, dass das Mineralöl, das in den Wärmeaustauschern des Tunnels blockiert war, hier wieder aufgefangen wird.

Flüssigkeit:

Die Flüssigkeit verteilt sich in etwa wie folgt in der Anlage:

- 800 kg im *Cellone*
- 800 kg in den 5 Kältekammern
- 800 kg im Tunnel
- 400 kg in den Kondensatoren
- 800 kg in der Aufnahmevorrichtung

Anschließend müssen alle Leitungen hinzugefügt werden.

Mit dem R22 braucht man mindestens 3.600 kg Flüssigkeit, um die gesamte Anlage ständig zu betreiben.

Mit dem Forane® 427A braucht man mindestens 4.000 kg Produkt, um die Anlage ohne den Tunnel zu betreiben. Der Unterkühler, der heute verwendet wird, erfordert 150 kg Produkt. Man braucht somit 250 kg mehr Flüssigkeit im Vergleich zum Betrieb mit R22 (4000 - 150-3.600). Das kann darauf zurückzuführen sein, dass das Öl nicht mehr in den Kreislauf geführt wird wie beim R22: Es konnten bis zu 300 l Öl im Kreislauf sein; dieses Volumen muss jetzt mit Flüssigkeit gefüllt werden.

Die Tatsache, dass die Anlage mehr Flüssigkeit braucht, ist auch auf die vorgenommenen Regelungen zurückzuführen:

- höherer Durchfluss an Flüssigkeit mit einem höheren Flüssigkeitsgehalt in den Verdampfern
- höhere Hoch- und Tiefdrücke.

Vergleich des Betriebs der Anlage mit R22 und mit Forane® 427A

	R22	R427A
Flüssigkeitsdurchsatz		höher
Fördertemperatur	70 bis 75 °C	65 °C
Verdampfungsdruck	9,6 bar	10,6 bar
Unterkühlung	3 °C	7 bis 10 °C (Einsatz des Unterkühlers)
Kältekammern		
Verdampfungsdruck	0,2 bar	0,3 bis 0,4 bar
Überhitzung	10 bis 12 °C	10 bis 12 °C
Temperatur in der Kältekammer	-23 bis -24 °C	-27 bis -28 °C
Temperaturrückgangsgeschwindigkeit		schneller
Cellone		
Verdampfungsdruck	0 bar	0,2 bar
Überhitzung	10 bis 12 °C	10 bis 12 °C
Temperatur in der Kältekammer	-17 °C	-18 °C
Temperaturrückgangsgeschwindigkeit		schneller
Gefriertunnel		
Verdampfungsdruck	etwa 0 bar (zwischen -0,2 und +0,2 bar)	etwa 0 bar
Verdampfungstemperatur = Temperatur im Flüssigkeitsabscheider	-38 °C	Flüssigkeit = -40 °C Gas = -37 °C
Temperatur im Tunnel	-32 / -33 °C nach 9 bis 11 h	-27 °C nach 6 h
Temperaturrückgangsgeschwindigkeit		schneller – hängt von der Befüllung, der Art der Verpackungen ab
Schiebereinstellungen	Nach vollständigem Öffnen (etwa 13 Umdrehungen), Schließen um 3 Umdrehungen	Nach vollständiger Schließung, Öffnung um 3 Umdrehungen

Anmerkungen:

- Vorher, als die Anlage mit R22 betrieben wurde, wurde das Öl ebenfalls in der gesamten Anlage im Kreislauf geführt. Es konnte somit die Fläche der Wärmeaustauscher bedecken und schränkte den Wärmeaustausch aufgrund seiner Isoliereigenschaften ein. Der Ölpegel mit Forane[®] 427A bleibt nach dem Anfahren der Anlage beständig, womit bewiesen ist, dass das Öl nicht im Kreislauf geführt wird; es gibt kein Öl in den Expansionsventilen oder am Eingang der Verdampfer des Tunnels. Der Wärmeübergang in den Wärmeaustauschern wird somit verbessert. Bei der gleichen Überhitzung ist der Durchsatz an Kälteflüssigkeit höher. Dies hat folgende Auswirkungen:
 - Eine Erhöhung des Befüllungsverlustes in den Leitungen (der Befüllungsverlust ist proportional zum Quadrat des Durchsatzes). Dies ist sichtbar, insbesondere bei der Leitung zwischen der Aufnahmevorrichtung und den Expansionsventilen des *Cellone*, die auf 25 m Höhe sind. Ursprünglich war eine Teilverdampfung der Flüssigkeit zu beobachten: Temperaturunterschied zwischen dem oberen und unteren Punkt des Horizontalrohrs, das zu den Verdampfern des *Cellone* führt. Der Unterkühler wurde deshalb eingeschaltet, um die Unterkühlung zu erhöhen und diese Teilverdampfung vor den Expansionsventilen zu verhindern.
 - Ein höherer Flüssigkeitsgrad in den Verdampfern. Der höhere Flüssigkeitsgrad und der höhere Durchsatz erklären die Erhöhung der Kälteleistung. Demgegenüber ist die erforderliche Flüssigkeitsmenge in der Anlage höher.
- Der Temperaturabfall in den Kältekammern ist schneller (Zeit dividiert durch 2) und die erreichte Temperatur ist niedriger, weil man von -23 bis -24 °C mit R22 zu -27 bis -28 °C mit Forane[®] 427A übergeht.
- Wenn die frischen Produkte in die Kältekammern gelangen, werden sie schneller tiefgefroren als vorher: Es ist somit möglich, die Ware ohne Nutzung des Gefriertunnels tiefzuzufrieren.
- Es ist nicht wirklich möglich, den derzeitigen Energieverbrauch mit dem Verbrauch mit R22 zu vergleichen. In diesem Jahr wurde eine Photovoltaikanlage installiert, die einen Teil des erforderlichen Stroms liefert.

Schlussfolgerungen:

- Die mit Direkt-Expansionsverdampfern ausgerüsteten Kältekammern funktionieren seit dieser Umrüstung besser: die höhere Kälteleistung führt dazu, dass der Temperaturabfall in den Kältekammern schneller (Zeit dividiert durch 2) und die erreichte Temperatur niedriger ist, weil man von -23 bis -24 °C mit R22 zu -27 bis -28 °C mit Forane[®] 427A übergeht.
- Wenn die frischen Produkte in die Kältekammern gelangen, werden sie schneller tiefgefroren als vorher: Es ist somit möglich, die Ware ohne Nutzung des Gefriertunnels tiefzuzufrieren.

- Ein Gefriertunnel mit Überflutungsverdampfer wurde getestet: trotz der Befürchtungen im Zusammenhang mit der Verwendung einer Mischung mit einem Glide in einem Überflutungsdampfer, wurde der auf -40 °C festgelegte Sollwert der Temperatur in wenigen Stunden bei Verdampfung erreicht.
- Der Kunde ist sehr zufrieden mit dieser Betriebslösung.

Abschließend kann festgestellt werden, dass das System seit der Nachrüstung mit Forane[®] 427A besser funktioniert.

Arkema Business Unit Fluorés
420 rue d'Estienne d'Orves
93700 Colombes- France
www.arkema.com

www.forane427a.com