



Innovative Kältetechnologien

Richtungsweisende Alternativen
zur konventionellen Kompressionskälte



Der Spezialist für innovative Lösungen



Innovative Kältetechnologien im Überblick

Den Themen Umweltschutz, Klimaschutz und Treibhausgase widmet sich HOF seit Langem engagiert. Aus diesem Grund bieten wir neben unseren Anlagen, die auf der konventionellen Kältetechnik basieren, eine ganze Reihe von Technologien an, deren Kälteerzeugung auf der Verwendung von natürlichen Kältemitteln basiert. Diese Anlagen nutzen statt stark klimawirksamer Kältemittel – wie zum Beispiel R404A/R507A – Kohlenwasserstoff Ethan/Propen, flüssigen Stickstoff oder, wie bei unserer innovativen Kaltluftmaschine HOF CryoBlizzard der Fall, das Kältemittel Luft.

> Luft als Kältemittel

Luft einzusetzen, um zu kühlen, bietet gleich mehrere Vorteile. Zum einen ist Luft bei GWPO überall vorhanden, gefahrlos einzusetzen und begünstigt den Klimawandel in keiner Weise. Zum anderen sind, etwa mit dem HOF CryoBlizzard, Temperaturen von unter -80 °C mit Kaltluftmaschinen problemlos zu erreichen. Gesetzliche Regularien in Hinsicht der F-Gase-Verordnung finden somit keine Anwendung.

> Kompressionskälte

Konventionelle Kältetechnik, die wir auf Kundenwunsch im Gefriertrocknungsprozess mit zweistufigen Verdichtern zur Kälteerzeugung anbieten, setzt auf Kältemittel wie R452A, R404A, R410A oder R507A. Diese haben als bekannte und bewährte Kältemittel den Vorteil, nicht brennbar und giftig zu sein. Dazu kommen ein geringer Platzbedarf und geringe Investitionskosten. Jedoch sind hier in Hinblick auf die F-Gase-Verordnung gesetzliche Regularien zu berücksichtigen.

> Stickstoff als Kältemittel

Unsere Anlagen mit flüssigem Stickstoff als Kältemittel bieten eine sofortige Kälteleistung, weil der -196 °C kalte Stickstoff direkt aus Stickstofftanks aus der Außenaufstellung zugeführt wird. Dazu überzeugen diese Anlagen durch ihre einfache Inbetriebnahme und Zukunftssicherheit, weil sie nicht von neuen gesetzlichen Regularien betroffen sind. Sie zeichnen sich weiter durch ihre niedrigen Instandhaltungskosten aus – bei einer gleichzeitig hohen Temperaturflexibilität.

> Kohlenwasserstoffe als Kältemittel

Tiefe Temperaturen mit natürlichen Kältemitteln erreichen wir mit unserem zweistufigen Kaskadensystem CAR6. Bei den verwendeten Kältemitteln handelt es sich um die Kohlenwasserstoffe Ethan und Propen, mit denen sich gleichzeitig eine sehr hohe Effizienz bei maximaler Flexibilität erreichen lässt. Die Kaskadensysteme garantieren einen sicheren Anlagenbetrieb, der dazu zukunftssicher ist.

> Gefriertrocknung mit Luft als Kältemittel Die neue innovative Technologie: HOF CryoBlizzard Zentralkälte

■ Umgebungsluft als natürliches Kältemittel

Dieser Ansatz steht im Zentrum des neuen und innovativen HOF CryoBlizzard zur Kälteerzeugung. Diese Kaltluftmaschine ermöglicht tiefe Temperaturen schon bei einem sehr niedrigen Betriebsdruck durch den rekuperativen Kaltluftprozess. Weil HOF CryoBlizzard als geschlossene Kaltluftmaschine drehzahl geregelt ist, kann sie sehr effizient in Teillast betrieben werden.

Gekühlt wird über einen Ladespeicher aus dem auch mehrere Verbraucher tiefkaltes Öl zum Kühlen entnehmen können. Durch den thermischen Ölspeicher gelingt es, mit relativ geringer Kälteleistung der Kaltluftmaschinen, einen hohen Kältebedarf abzudecken. Und: Auch Temperaturen von unter -80 °C sind kein Problem für die innovative und zukunftsorientierte Kälteerzeugung HOF CryoBlizzard.

■ Eine Technologie setzt neue Maßstäbe

Als innovativer Marktführer hat HOF schon immer vorausschauend im Sinne der Kundenbedürfnisse gedacht und gehandelt und so wurde gemeinsam mit dem Projektpartner Mirai Intex (mirai-intex.com) das neue technologische Verfahren HOF CryoBlizzard entwickelt.

Dazu wurde ein Retrofit an einer Gefriertrocknungsanlage aus dem Jahr 1998 durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen Gefriertrockner mit einer Chargenkapazität von 40 kg für die Insulinherstellung. Die Kälteerzeugung wurde vor dem Retrofit durch zwei Kältesätze mit jeweils 12 kg des Kältemittels R404A (GWP3922) realisiert. Die Steuerung der Prozesanlage erfolgte über eine Siemens S5.

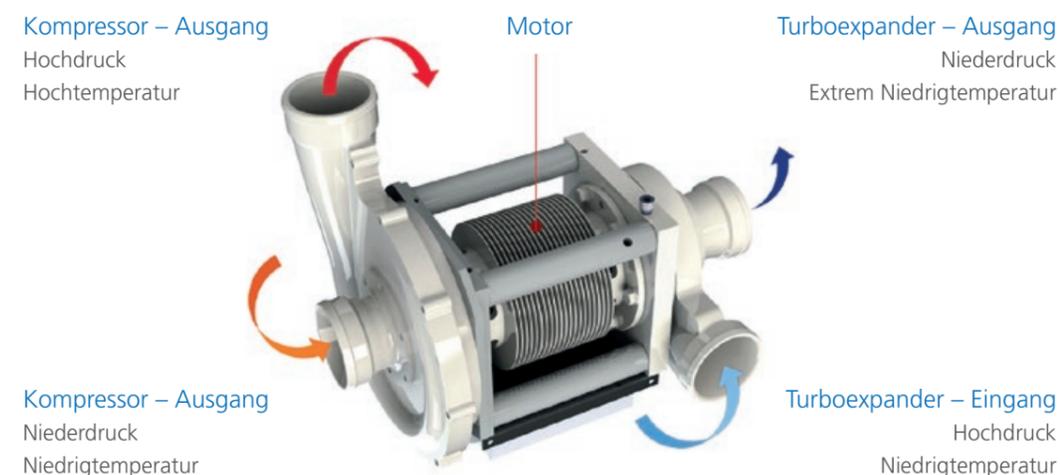


Abb.: Turboexpander Mirai Intex



„Für uns war klar, dass wir neue Wege ...

für unsere Kunden gehen müssen. Der Vorteil von Luft als Kältemittel liegt auf der Hand. Luft ist verfügbar, nicht brennbar, nicht giftig und man kann daran nicht ersticken. Luft hat keinen GWP und fällt somit nicht unter die F-Gase-Verordnung oder andere Reglementierungen. Das ist die Zukunft“, sagt Oliver Fleischer.

Abteilung Entwicklung Kältetechnik und Serviceleitung

HOF hat einen neuen Prozess entwickelt,

der mit Umgebungsluft als Kältemittel die aktuellen Anforderungen an die Gefriertrocknung und die Schockfrostung übertrifft.



■ Große Leistungen mit homogener Temperaturverteilung

Die Anlage wurde im Retrofit auf die neue Kälteerzeugung HOF CryoBlizzard und die aktuelle Steuerung S7-1500 umgestellt. Der neue Prozess der Kälteerzeugung besteht aus redundanten Kaltluftmaschinen, die modular auf einen zentralen Ladespeicher aufgeschaltet werden.

Der Ladespeicher versorgt die Verbraucher wie Stellplatten, Eiskondensator oder Schockfroster direkt mit dem Kälte-träger und kann dadurch binnen kürzester Zeit große Leistungen mit homogener Temperaturverteilung generieren. Durch den Ladespeicher bleiben das Kühlwasser und der Stromverbrauch konstant und es kommt zu keinen Lastspitzen bei der Versorgung.

■ Kältemittel Luft – kostenfrei und immer verfügbar

Bei den Kaltluftmaschinen handelt es sich um Kältemaschinen, die mit dem Kältemittel Luft nach dem Joule-Prozess operieren. Der maximale Überdruck in den Maschinen beträgt 3 bar und ist vergleichbar mit einem Fahrradreifen. Damit sind diese Maschinen besonders sicher und umweltverträglich. Für den Betreiber ergeben sich keine besonderen Anforderungen bezüglich des Maschinenraums, der Schulungen der Mitarbeiter sowie wiederkehrender Prüfungen. Zudem ist das Kältemittel Luft kostenfrei und immer verfügbar, hat den GWP 0 und ist damit von keinen Regularien betroffen.



Abb.: Kondensator mit Eisbelegung

■ Der HOF CryoBlizzard Turboverdichter – ölfrei und nahezu verschleißfrei

Der Kältekreislauf wird durch eine luftgelagerte, ölfreie Turboverdichter-Expander-Einheit angetrieben, die nahezu verschleißfrei bis zu 88.000 U/min läuft. Dabei wird der Kälte-träger im Ladespeicher, in einem in der Kältemaschine integrierten Wärmeüberträger, gekühlt.

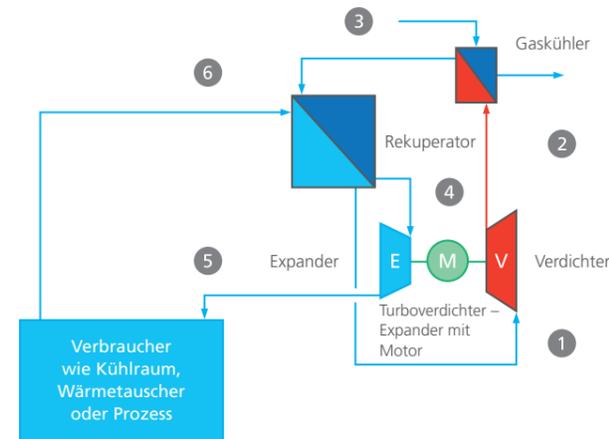


Abb.: Verfahrensfließbild Refolution

Die dadurch erwärmte Luft wird von dem Turboverdichter angesaugt und verdichtet. Danach wird die Energie im Gaskühler an das Kühlwasser abgegeben. In einem inneren Wärmeüberträger, dem Rekuperator, wird die Luft stark abgekühlt und dann im Expander arbeitsverrichtend entspannt. Die Arbeit wird der Verdichtung wieder zugeführt.



Abb.: Anlage von 1998 nach Umbau auf HOF CryoBlizzard



Abb.: HOF CryoBlizzard ProPhase Prozesskühlung zur Abgasreinigung und Lösemittelverflüssigung – Einhaltung der neuen „TA-Luft“

Die Energie wird durch die Erwärmung der Luft im Kälte-träger/Wärmeüberträger aufgenommen. Nachdem die Luft sich im Rekuperator wieder erwärmt hat, wird sie vom Verdichter angesaugt und der Kreisprozess beginnt erneut.

Auf Basis dieser Technologie kann die Kaltluftmaschine Temperaturen bis etwa -110 °C abdecken, sodass die oftmals angestrebten -80 °C im Kondensator leicht zu erreichen sind.

■ Mit dem HOF CryoBlizzard bestehende Anlagen als Retrofit erneuern oder neue Anlagen realisieren

Durch den modularen Aufbau kann die Leistung des HOF CryoBlizzard variabel skaliert werden und vom Labor-Gefriertrockner über die Produktionsanlage bis zur Zentralkälteanlage für komplette Werke angepasst werden.

Mit dem HOF CryoBlizzard können bestehende Anlagen als Retrofit erneuert und neue Anlagen realisiert werden. Damit hat HOF eine zukunftssichere Lösung für die Gefriertrocknung und Schockfrostung entwickelt, die nicht nur sicher für Mensch und Umwelt ist, sondern auch bezüglich der Qualität und Verfügbarkeit der Anwendung neue Maßstäbe setzt.

■ Auch die Energiebilanz kann sich sehen lassen

Energetisch wurde der Retrofit mit der vorhandenen Schwesteranlage verglichen. Dieser spiegelt den exakten 1:1-Vergleich wider. Die Beauftragung eines spezialisierten, externen Ingenieurbüros zeigt das Potenzial dieser Technologie: eine Einsparung von 5 % – 10 % zum Vergleichsprozess der Schwesteranlage.

Eine weitere Referenz ist der HOF CryoBlizzard und die damit verbundene Datenlage, die als wissenschaftliche Grundlage für den Antrag zukünftiger Luftkälteanlagen dient. Somit war HOF Teil der Beantragung zur Förderfähigkeit von Luftkälteanlagen beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Vorteile im Überblick:

- Natürliches Kältemittel (GWP 0)
- Nutzt Luft aus der Umgebung
- „Scale Up“ über Zentralkälte
- Zukunftssicher und nicht von Regularien betroffen
- Geringer Wartungsaufwand
- Hohe Temperaturflexibilität
- Geringe Geräuschemission
- Nahezu keine Anforderungen an Maschinen-raumaufstellung (Druckbetrachtung/Kältemittel)
- Sehr geringer Schulungsbedarf und guter Sicherheitsaspekt für Mitarbeiter und Standort

> Gefriertrocknung mit Kompressionskälte

■ Das Ziel: bewährte Technik und die F-Gase-Verordnung vereinen

Der am häufigsten eingesetzte Kältekreislauf war bisher der Kompressionskältekreislauf. Die Grundlage dieser Kälteerzeugung sind siedende und kondensierende Kältemittel. Diese müssen zukünftig ersetzt oder reduziert werden, um die Ziele der europäischen F-Gase-Verordnung zu erreichen.

Dazu erfolgt eine schrittweise Reduktion der Mengen der teilhalogenierten Fluor-Kohlenwasserstoffe, die in der EU in Umlauf gebracht werden dürfen. Entsprechend wird es eine Verknappung der verfügbaren konventionellen Kältemittel wie R404A geben, auf die sich HOF schon seit vielen Jahren mit alternativen Kältemitteln und Technologien vorbereitet. Zwar dürfen diese Kältemittel mit GWP > 2.500 bis zum Jahr 2030 im Tieftemperaturbereich (Produktanwendung tiefer -50 °C) eingesetzt werden, doch bereits jetzt gibt es Verfügbarkeitsengpässe gepaart mit stark ansteigenden Preisen. Nach Einrichtung eines eigenen Versuchstands im Jahr 2015 hat Hof als Erster die LOW-GWP-Alternative R452A (GWP 2140) im Marktumfeld Gefriertrocknung/Schockfrostdung etabliert.

Dieses Kältemittel ist ideal als DropIn von Bestandsanlagen sowie ein erprobtes Kältemittel für Neuanlagen. Eine weitere Alternative für Umbauten oder Neuanlagen bildet das Hochdruckkältemittel R410A (GWP 2088).

Somit können wir jedem Kunden Optionen zur F-Gase-Konformität anbieten (GWP < 2500).



Abb.: Modulaufbau von sechs Kompressoren

■ Zweistufige Kompressionskältemaschine

Anders als bei der Luftkälte handelt es sich bei dem Dampf-kälteprozess um den idealisierten CARNOT-Prozess. Dieser zweistufige Kompressionskältekreislauf ist in der realen Anwendung eine technisch anspruchsvolle Ausführung. Zum einen hängt dieser von den Stoffeigenschaften der Kältemittel sowie den Eigenschaften der Komponenten ab. Zum anderen ist es wichtig, den Öltransport und den bauartbedingten Unterdruckbetrieb verfahrenstechnisch ideal umzusetzen.

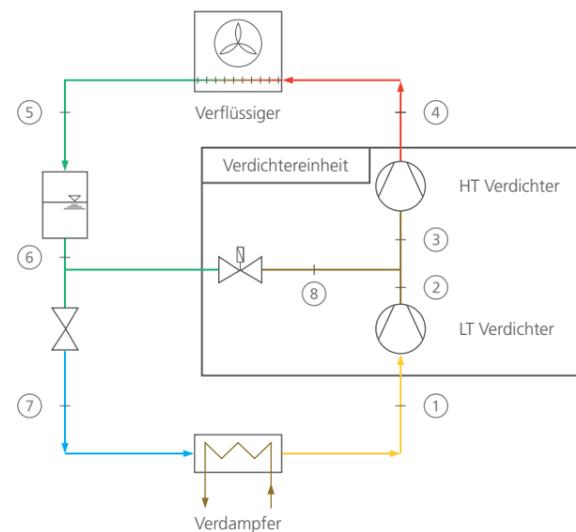


Abb.: Herkömmlicher 2-stufiger Kompressionskälteprozess

Bei zweistufigen Kompressionskältemaschinen/Verdrängerkältemaschinen wird das gesamte Druckverhältnis auf zwei Verdichter aufgeteilt oder bauarttechnisch auf eine zweistufige Kältemaschine. Der Verdichter aus der ersten Stufe komprimiert das Kältemittel von der untersten Druckstufe auf einen Mitteldruck. Bei der Boosteranordnung wird das Kältemittel aus dem Mitteldruck von dem zweiten Verdichter auf den Hochdruck verdichtet.

Vorteile konventioneller Kompressionskältemaschinen:

- Keine besonderen Anforderungen an das Material
- Erprobte, bewährte und optimierte Technologie seit 1988
- Kältemittel der Sicherheitsgruppe A1
- Geringer Platzbedarf

> Gefriertrocknung mit Stickstoff als Kältemittel

■ Ein einfacher Prozess mit der Natürlichkeit aus der Atmosphäre

Die Vorteile des HOF-Gefriertrocknungsprozesses mit flüssigem Stickstoff als Kältemittel liegen im Kältemittel selbst: Stickstoff kommt natürlich in der Atmosphäre vor und ist Bestandteil derselben. Angeliefert über den Stickstofflieferanten und gelagert in außen aufgestellten Tanks steht die Kälteleitung sofort und uneingeschränkt zur Verfügung.

Alternativ kann auch ein Stickstoff-Werksnetz genutzt werden, so dass keine zusätzlichen Betriebskosten hinsichtlich der Infrastruktur entstehen. Die größte Kälteleistung wird durch das Verdampfen des Stickstoffs erzielt. Der verwendete Stickstoff kann anschließend für weitere Prozesse wie zum Beispiel Vorkühlungen verwendet werden oder gefahrlos in die Atmosphäre abgelassen werden.

Medium	Stickstoff flüssig Kond. (N2T)
Menge	420 kg/h
Druck	2-4 bar max. 6 bar
Temp.	-196 °C

Medium	Stickstoff flüssig Platten (N2T)
Menge	1.000 kg/h
Druck	2-4 bar max. 6 bar
Temp.	-196 °C

Medium	Stickstoff gasf. Platten (FO-P)
Menge	820 m³/h
Druck	Atmosphärendruck
Temp.	-100 °C

Abb.: LN2 R728

■ Geringe Störanfälligkeit und zusätzlich wartungsarm

Neben den Vorteilen, die durch die Eigenschaften des Stickstoffs entstehen, bieten die Anlagen von HOF weitere Pluspunkte: Die Systeme sind sehr einfach aufgebaut und besitzen kaum bewegliche Teile, da der Stickstoff durch den Druck im Tank im System befördert wird. Das sorgt für lange Haltbarkeit und einen geringen Wartungsaufwand.

■ Bewährte Technik im Detail

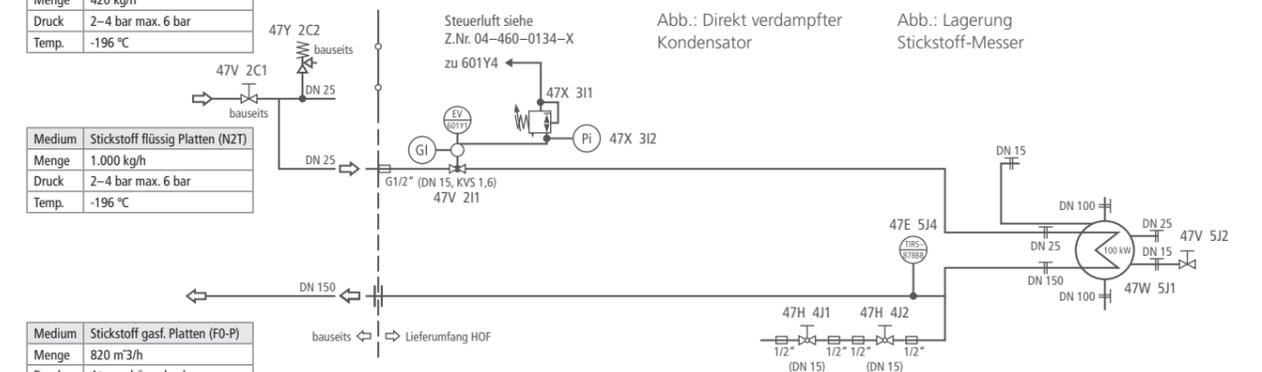
Bei der Kälteerzeugung durch Stickstoff werden die Kältemaschinen von HOF durch kryogene Wärmetauscher ersetzt. Ein solcher kann zum einen als direkt verdampfter Kondensator, welcher von HOF entwickelt wurde, ausgeführt und zum anderen über Wärmetauscher-Sekundärkreisläufe bedient werden. Eine gleichmäßige Temperaturverteilung der Stellplatten ist wie bei allen Kälteerzeugungsarten selbstverständlich sichergestellt. Sowohl öl geregelte als auch direkt verdampfte Kondensatoren können somit auf alle Kundenansprüche ausgelegt werden.



Abb.: Direkt verdampfter Kondensator



Abb.: Lagerung Stickstoff-Messer



Vorteile der Gefriertrocknung mit flüssigem Stickstoff:

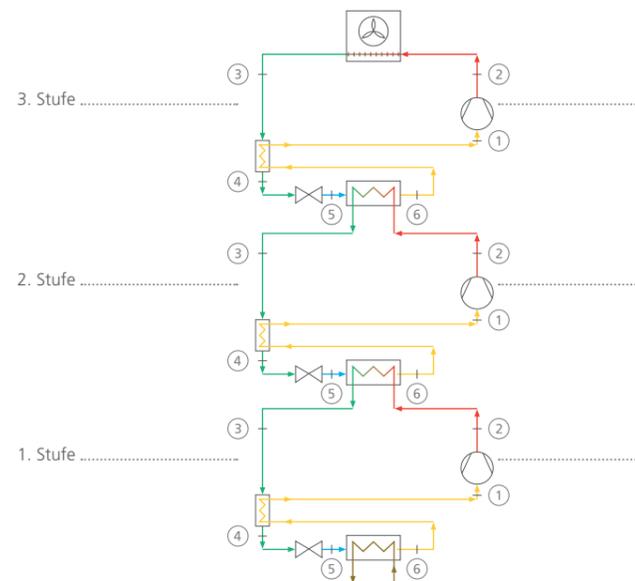
- Natürliches Kältemittel (GWP 0)
- Einfacher Prozess
- Bewährt seit 1994
- Zukunftssicher und nicht von Regularien betroffen
- Geringe Geräuschemission
- Geringe Wartungskosten

> Gefriertrocknung auf Basis von Kohlenwasserstoffen als natürliche Kältemittel

■ Kompressionskälteanlage als Kaskade

Eine weitere Abwandlung des klassischen Kompressionskältekreislaufs ist die Kaskade. Das Grundprinzip ist eine Verschaltung von mehreren separaten Kältesystemen mit unterschiedlichen Kältemitteln. Bei uns findet im Bereich natürlicher Kältemittel eine zweistufige Kaskade ihren Einsatz.

Das in der ersten Stufe verwendete natürliche Kältemittel Ethan (R170) steht für jegliche Tieftemperaturanwendung zur Verfügung. In der zweiten Stufe verwenden wir das natürliche Kältemittel Propen (R1270). Diese Stufe bedient zusätzlich zum Verflüssigen des Ethans (R170) noch eine Regelstufe des Stellplattenkreislaufs.



■ Sehr viel Sicherheit durch sehr viel Erfahrung

Jedes Einzelmodul befindet sich in einer speziellen Einhausung. Dieses „Containment“ generiert im Störfall eine hermetische Einheit. Im Fehlerfall realisiert ein Lüfter das Abfördern der Kältemittel-Atmosphäre des betroffenen „Containments“. Ferner kann das Einzelmodul stromlos geschaltet werden. Der Leistungsaustausch findet in jedem Einzelmodul für jeden Verbraucher statt. Somit werden hier sowohl der Kondensator als auch die Stellplatten als ölgeführte Verbraucher realisiert. Dieser spezielle Redundanzaufbau generiert im Störfall die Produktsicherheit. Erfahrung ist durch nichts zu ersetzen – und: Mehr als 80 erfolgreich von HOF implementierte Einzelmodule zeigen das „Know-how“ und den Pioniergedanken.



Abb.:
HOF-CAR6 Generation 3
Ständige Weiterentwicklung
sichert den Vorsprung

■ Erfolgreiche Markteinführung von HOF-CAR6 schon im Jahr 2007

Entsprechend der europäischen F-Gase-Verordnung soll der Einsatz von teilhalogenierten Fluor-Kohlenwasserstoffen erheblich reduziert werden. HOF arbeitet tatsächlich schon seit vielen Jahren an neuen Verfahren, die natürliche Kältemittel nutzen. Deshalb haben wir bereits 2007 ein Kaskadensystem auf dem Markt etabliert, bei dem Ethan und Propen eingesetzt werden. Das aus zwei separaten Kreisläufen bestehende Kaskadensystem bildet ein Einzelmodul. Um Redundanzen oder Leistungssteigerungen zu erreichen, können weitere Module flexibel nach den Kundenanforderungen kombiniert werden.

Vorteile der Gefriertrocknung mit natürlichem Kältemittel:

- Sehr geringer GWP ≤ 6
- Hohe Effizienz
- Erfahrung bereits seit 2007
- Zukunftssicher und nicht von Regularien betroffen
- Modularer Aufbau
- Ausfallsicherheit

Mit Wissen und Innovationskraft in eine erfolgreiche Zukunft

■ Auf Wissen und Erfahrung vertrauen

Die HOF Sonderanlagenbau GmbH ist mit ihrer über 30-jährigen Erfahrung der führende Spezialist in der Herstellung von individuellen Gefriertrocknungsanlagen, Be- und Entladesystemen sowie Einfrier- und Auftaugeräten für die pharmazeutische und biotechnologische Industrie.

An den Unternehmensstandorten in Lohra und Mornshausen in der Nähe von Marburg arbeiten hoch motivierte und hoch qualifizierte Mitarbeiter auf dem eigenen Produktionsareal mit einer Größe von 13.500 Quadratmetern. Den engen Kontakt zu den Kunden – national und international – hält ein flexibles Serviceteam, das die Anwender von HOF-Systemen betreut.

■ Zukünftige Erfolge sichern

Im pharmazeutischen und biotechnologischen Umfeld sind Qualität und Zuverlässigkeit die Parameter, die über den Erfolg eines Unternehmens entscheidend bestimmen. Dies wird durch den Einsatz der Sonderanlagen von HOF garantiert – auch weil die Anlagentechnik des Unternehmens an den Anforderungen der Zukunft orientiert entwickelt wird.

■ Innovationskraft als Markenkern

Auf die immer neuen Anforderungen auf Kundenseite weiß man bei HOF die eine und richtige Antwort: Innovationen! Das Unternehmen zeichnet sich durch die Suche nach der neuen, der besseren Lösung aus und nimmt dabei immer eine Perspektive ein: die des Auftraggebers. Die Innovationskraft von HOF ist entscheidend für den Erfolg der Auftraggeber.

■ Höchste Qualität in allen Schritten ...

... zeichnen das auf individuelle Lösungen spezialisierte Unternehmen seit seiner Gründung aus: von der Konzepterstellung über die ausgereifte Planung bis zur gewissenhaften Produktion einer Anlage, die maßgeschneidert ist und durch ihre Zuverlässigkeit überzeugt.



HOF-Systeme sind immer eine sehr gute Investition in die Zukunft.



HOF Sonderanlagenbau GmbH

Gefriertrocknungsanlagen | Be- und Entladesysteme | Einfrier- und Auftaugeräte | Service | LYOPOOL

Hauptsitz: Ludwig-Rinn-Str. 1–3 | 35102 Lohra | Germany

Standort Mornshausen: Vor dem Langen Loh 2 | 35075 Gladenbach-Mornshausen | Germany

Telefon + 49 6462 9169-0 | Telefax + 49 6462 9169-199

info@hof-sonderanlagen.de | www.hof-sonderanlagen.de



Hauptsitz Lohra



Standort Mornshausen



Der Spezialist für innovative Lösungen