

Ursachen und Wege zur Vermeidung

Typische Verdichter- und Komponentenschäden

Manfred Petz, Karlsruhe

Vor knapp 2 Jahren veröffentlichte die KK erstmals Erfahrungen des Autors bei der neutralen und sachlichen Bewertung von Schadensfällen. Mit großer Resonanz. Gleiches galt anschließend für seinen Vortrag während der letzten KK-Fachtagung im März 2004. Nach großem Zuspruch der Tagungsteilnehmer folgt nun die zweite Veröffentlichung für alle KK-Leser.

Die folgende Zusammenstellung ausgesuchter Schadensfälle aus der täglichen Praxis beschreibt Ursachen und Auswirkungen im Detail. In einigen Fällen liegt das Einverständnis der beteiligten Personen und Unternehmen vor. Andere Fälle liegen bereits viele Jahre zurück, so dass oftmals die Unternehmen nicht mehr existieren und kein Bezug mehr zu den Verursachern hergestellt werden kann. Außerdem werden die hier aufgezeigten Schadensfälle neutral dargestellt.

Mit diesem Bericht soll versucht werden, auf die möglichen Gefahren bei der Entwicklung und Einführung neuer Produkte hinzuweisen. Häufig sind es die „kleinen Fehler“ die zu erheblichen Verzögerungen bei der Markteinführung oder auch zu technischen Problemen bei Betrieb der Anlage führen.

Kolbenfresser

Nach Einführung eines neuen Verdichtertyps stellten sich bereits nach kurzer Betriebszeit immer wieder so genannte Kolbenfresser ein. Es handelte sich hierbei um einen hermetischen Verdichter für Spezial-Tiefkühlgeräte. Der „Kolbenfresser“ war in nahezu allen Fällen immer an der gleichen Stelle der Kolbenoberfläche zu finden.

Bei den durchgeführten Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Ölbohrung bei der Fertigung des Kolbens nicht ordnungsgemäß ausgeführt und gereinigt wurde und hierdurch kleinste Partikel aus dem Randbereich der Bohrung in der umlaufenden Nut des Kolbens nach unten rutschten und dort den Kolben zum Blockieren brachten.

Die Partikelgröße betrug nur 0,2 bis 0,3 mm. Sobald sich die Partikel aber zwischen Kolben und Zylinderwand klemmten, war ein Blockieren des Verdichters die Folge. Der Verdichterhersteller konnte relativ schnell und durch einfachste Änderungsmaßnahmen bei der Fertigung der Kolben weitere Verdichterausfälle vermeiden.

Ventilatorflügel aus Kunststoff

Bei hohen Umgebungstemperaturen kam es in einem Verflüssigungssatz mit saugend angeordnetem Ventilator immer wieder zu Geräuschproblemen. Der Ventilator war – wie in Bild 2 dargestellt – eingebaut.

Mit steigenden Umgebungstemperaturen und bei zunehmendem Kühlbedarf waren die Kunststoffflügel zwangsläufig einer erhöhten Temperatur ausgesetzt. Im saugenden Betrieb führte dieses zu einem verstärkten Durchbiegen der Flügel. Dabei kam es immer wieder zum Kontakt zwischen den Flügelspitzen und der Düse (siehe hierzu Bild 3 und 4).

Eine Schwierigkeit bei der Suche nach der Ursache war die Tatsache, dass beim Pro-

zum Autor

Manfred Petz,
Technischer Leiter
und Geschäftsführer des
TWK und des
Transferzentrums Kälte-
Klimatechnik,
FH-Karlsruhe



bebetrieb fast immer nur gemäßigte Umgebungstemperaturen vorlagen und die Geräusche nicht auftraten. Bei maximaler Verflüssigerleistung, hohen Umgebungstemperaturen und bei Behinderung des Luftdurchsatzes – z. B. durch Verschmutzung – entstanden aber die Geräusche.

Da ein störungsfreier Betrieb für alle Anlagen nicht sichergestellt werden konnte, mussten die 120 eingebauten Ventilatorflügel nachbearbeitet werden. Für die restlichen noch zu fertigenden Anlagen waren zusätzlich noch umfangreiche Konstruktionsänderungen notwendig.

Schmutzpartikel im Zylinderkopf

Wie sich kleinste Schmutzpartikel auf die Lebenserwartung der Druckventile in einem Hubkolbenverdichter auswirken, soll das folgende Beispiel zeigen.

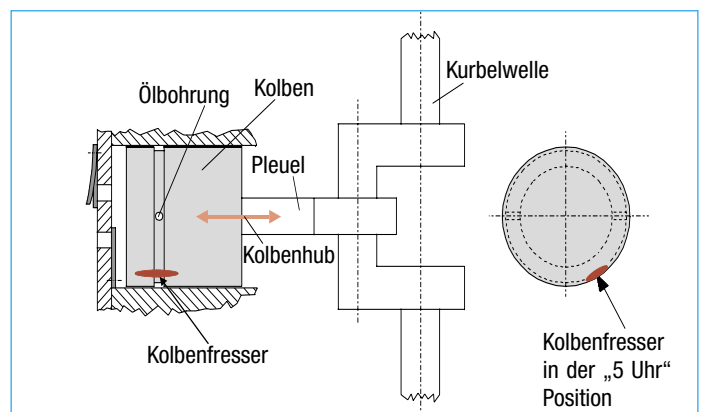


Bild 1
Schadensstelle
der so genannten
„Kolbenfresser“

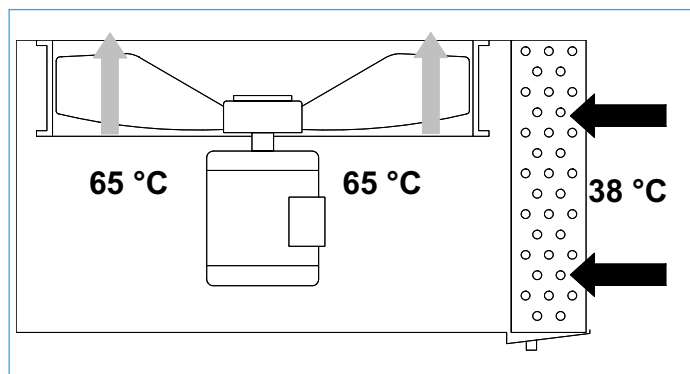


Bild 2
Einbausituation
des Ventilators mit
Kunststoffflügeln

Durch unsachgemäße Behandlung der Rohrleitungen und der Bauteile des Kältemittelkreislaufs gelangten immer wieder kleinste Schmutzpartikel in den Zylinderkopf des Verdichters. In dem untersuchten Fall konnten häufig Schmutzpartikel im Zylinderkopf nachgewiesen werden, die für die Zerstörung der Druckventile verantwortlich waren. Aus Bild 5 ist ein gebrochenes Druckventil mit der darüber angeordneten Feder, die ebenfalls gebrochen war, ersichtlich. In der Detailaufnahme

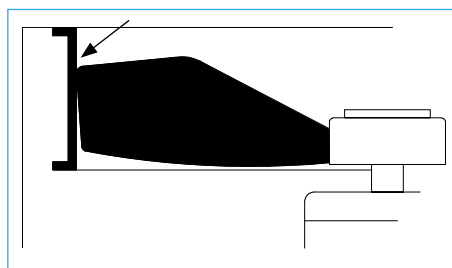


Bild 3 Durchgebogener Flügel bei 65 °C

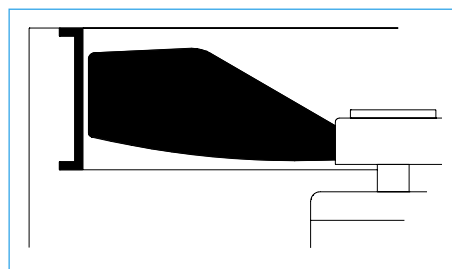


Bild 4 Ventilatorflügel bei 20 °C

sieht man die Ursache der gebrochenen Ventile, es handelt sich in diesem Fall um eine kugelförmige Verunreinigung mit einem Durchmesser von ca. 0,25 mm.

Sobald derartige Verunreinigungen bei Betrieb des Verdichters unterhalb des Druckventils gelangen, erhöht sich die Belastung und reduziert damit die Standfestigkeit des Ventils. Bereits nach kurzer Betriebszeit führt die Verunreinigung zum Ausfall des Druckventils. Sollte der Verdichter zum Beispiel durch Heißgastemperaturüberwachung und/oder anderen Sicher-

heitseinrichtungen nicht ausreichend geschützt sein, kann es unter Umständen auch zum Totalausfall des Verdichters kommen.

In diesem Fall mussten Maßnahmen zur Sicherstellung der geforderten Reinheit für sämtliche Bauteile des Kältemittelkreislaufs getroffen werden. Da man bei dieser speziellen Verdichterbauart immer wieder unter so genannten „Feldbedingungen“ arbeiten musste, bei denen Verunreinigungen nicht ganz zu vermeiden sind, konnte durch Einsatz eines speziell angepassten Filters auf der Saugseite des Verdichters das Risiko eines Ventilbruchs durch Schmutzpartikel reduziert werden.

Verunreinigungen in „bauseits“ verlegten Kältemittelleitungen

Zur Klimatisierung verschiedener Objekte wurden insgesamt mehr als 50 baugleiche Klimaanlage gefertigt und installiert. Vereinbarungsgemäß lieferte der Hersteller der Klimaanlage die vorgefertigten Verflüssigungssätze und die Luftbehandlungseinheiten zum Endkunden. In Absprache mit dem Hersteller war der Endkunde für die Verlegung der Kältemittelleitungen vor Ort verantwortlich.

Die Dichtheitsprüfung und die Inbetriebnahme erfolgte durch eine Fachfirma.

Bereits nach relativ kurzen Betriebszeiten kam es immer häufiger zum Ausfall der Klimaanlage. Als Ursache fanden die Betreiber der Anlagen immer wieder blockierte Verdichter. Sobald ein Verdichter jedoch ausgetauscht wurde, traten weitere Ausfälle durch so genannte blockierte Verdichter nicht mehr auf. Die Untersuchung der ausgefallenen Verdichter ließ den Schluss zu, dass Schmutzpartikel aus der Saugleitung in den Verdichter gespült wurden und durch die Schleuderschmierung direkt in die Gleitlager gelangten. Dieses führte dann zum Ausfall der Haupt- und der Pleuellager, d.h. der Verdichter musste ausgetauscht werden.

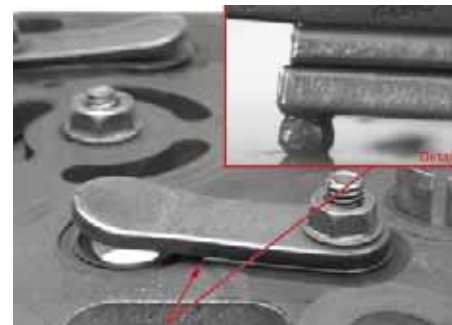


Bild 5 Defektes Druckventil mit Darstellung der Schadensursache

Nachträglich durchgeführte Analysen des Arbeitsablaufs ergaben, dass die vorgefertigten Verflüssigungssätze und Luftbehandlungseinheiten ordnungsgemäß gefertigt wurden, aber beim Verlegen der Rohrleitungen vor Ort erhebliche Schmutzanteile in den Kältemittelkreislauf gelangen konnten. Die Verunreinigungen aus der Flüssigkeitsleitung konnte der Filtertrockner aufnehmen, die Schmutzpartikel der Saugleitung gelangten ungehindert in den Verdichter und waren damit für die Ausfälle der Verdichter verantwortlich.

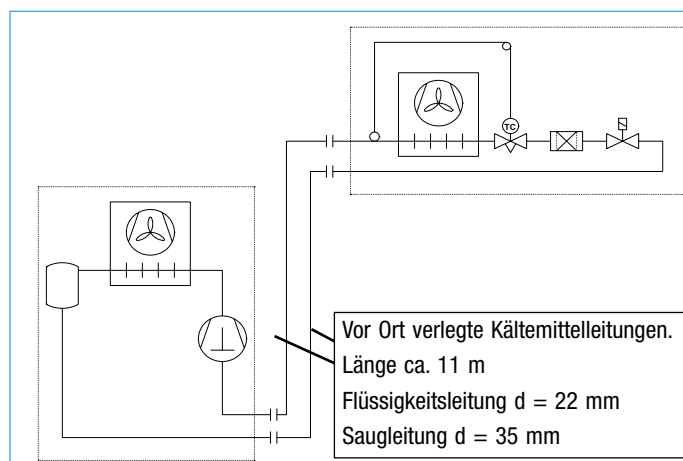


Bild 6
Kältemittelkreislauf
der Klimaanlage
in Splitausführung

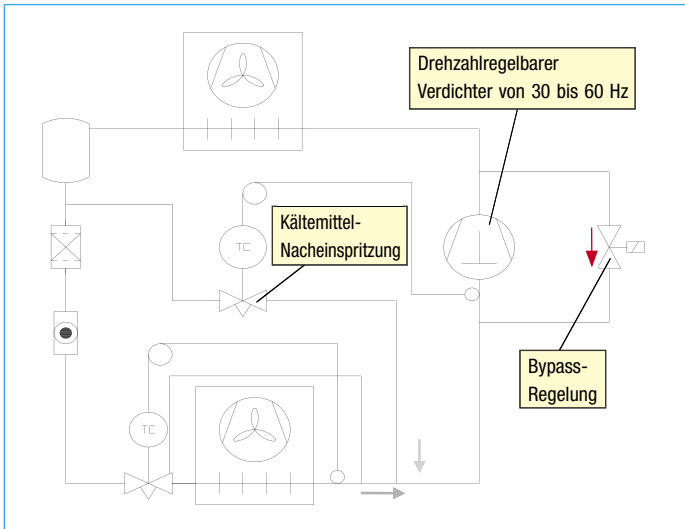


Bild 7
Kältemittelkreislauf
einer leistungs-
geregelten
Klimaanlage

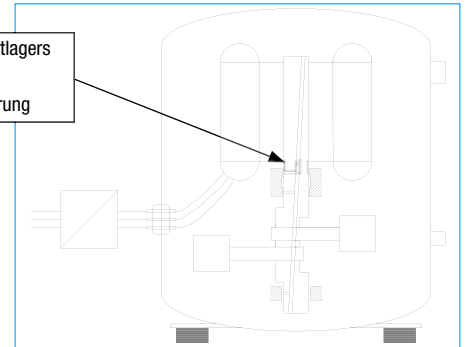


Bild 8 Hermetischer Verdichter mit
Schleuderschmierung

Leistungsgeregelte Klimaanlage

Um die Kälteleistung einer Klimaanlage dem Kühlbedarf optimal anpassen zu können, kam ein Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung des Verdichters in Verbindung mit einer Heißgasbypassregelung zum Einsatz.

Eine Kältemittel-Nacheinspritzung sollte zu hohe Ansaugtemperaturen am Verdichtereintritt verhindern. Nach einer gewissen Betriebszeit traten bei einer großen Anzahl von Verdichtern verstärkt Probleme im Bereich des oberen Kurbelwellen-Hauptlagers auf. Die Untersuchung der ausgefallenen Verdichter zeigte, dass die Ursache evtl. in der Viskosität des Schmiermittels (Schleuderschmierung) erhöht. Beim Zusammentreffen der drei oben genannten Bedingungen wurde die Viskositätsgrenze unterschritten. Dies führte dann häufig zum Ausfall des Verdichters.

Die Lösung des Problems bestand darin, dass die defekten Sinusfilter des Umrichters ausgetauscht wurden. Zusätzlich wurde die Leistung des Kältemittel-Nacheinspritzventils um 50% erhöht, um das Temperaturniveau im gesamten Verdichter zu senken. Nach den Änderungsmaßnahmen waren Verdichterschäden in der bekannten Form nicht mehr nachzuweisen.

- der Verdichter mit minimaler Frequenz arbeitete,
- das Bypassventil geöffnet und
- gleichzeitig der Sinusfilter des Umrichters defekt war.

Durch die gepulste Spannung des Umrichters hatte sich tendenziell die Motorwicklungstemperatur und damit auch die Temperatur des in der Kurbelwelle aufsteigenden Schmiermittels (Schleuderschmierung) erhöht. Beim Zusammentreffen der drei oben genannten Bedingungen wurde die Viskositätsgrenze unterschritten. Dies führte dann häufig zum Ausfall des Verdichters.

Die Lösung des Problems bestand darin, dass die defekten Sinusfilter des Umrichters ausgetauscht wurden. Zusätzlich wurde die Leistung des Kältemittel-Nacheinspritzventils um 50% erhöht, um das Temperaturniveau im gesamten Verdichter zu senken. Nach den Änderungsmaßnahmen waren Verdichterschäden in der bekannten Form nicht mehr nachzuweisen.

Und was ist daraus zu lernen?

Die dargestellten Schadensfälle zeigen sehr deutlich, dass die Ursachen für die typischen Verdichter- und Bauteilschäden bereits in der Entwicklungs- und Projektierungsphase zu suchen sind. In einigen Fällen wurde bewusst auf die notwendigen Basismessungen am Erstmuster verzichtet, in anderen Fällen dürften die Ursachen am Kostendruck und in der immer kürzer werdenden Entwicklungszeit zu suchen sein.

Erst in zweiter Linie kommen typische Qualitätsmängel zum Tragen. Auch hier dürfte der zunehmende Kostendruck für einen Teil der Schadensfälle mitverantwortlich sein.

Die Service- und Wartungsarbeiten werden zunehmend durch branchenfremde und angelernte Personen durchgeführt. Gravierende Mängel durch unzureichende Service- und Wartungsarbeiten konnten aber bei den hier untersuchten Schadensfällen nicht nachgewiesen werden. Fast immer war die Ursache bei den Fachkräften zu suchen.

Und was haben Sie erlebt?

Dies sind keine Einzelfälle. Bestimmt haben auch Sie bereits ähnliche Situationen erlebt oder andere Erfahrungen gemacht. Oft geht es für alle Beteiligten um viel Geld sowie auch um das Ansehen des Unternehmens. Vor allem geht es aber darum, dazuzulernen, damit es zu keinem Wiederholungsfall kommt.

Selbstverständlich muss aber nicht jeder erst selbst ins Fettnäpfchen treten. Daher möchten wir Sie auffordern, uns einmal Fälle und Lösungen aus Ihrer Kälte-/Klima-Praxis zu schildern. Setzen Sie sich dafür mit uns in Verbindung, unter E-Mail: frommann@diekaelte.de, per Fax oder Telefon. *A.F.*

Wie teuer der unsachgemäße Umgang mit Kälte- und Klimatechnik werden kann, zeigt diese Zusammenstellung einiger der beschriebenen Fälle. Während der letzten KK-Fachtagung im März 2004 wurden außerdem weitere Sachschäden erläutert, die in dieser Tabelle mitaufgeführt sind

Problemfall	Schadenssumme	Entwicklungs- oder Konstruktionsfehler	Qualitätsmängel	Service- oder Wartungsfehler
Einbau eines Schauglases	ca. 50.000 €	90 %		10 %
Verdampfer-Minderleistung	>50.000 €	50 %	50 %	
Lüfterflügel aus Kunststoff	ca. 40.000 €	100 %		
Gebrochene Druckventile	ca. 30.000 €	30 %	70 %	
Schmutz im KM-Kreislauf	>50.000 €	70 %		30 %
Geborstene Sammelrohre	ca. 120.000 €	100 %		
Schwingungsbruch Lüfter	>20.000 €	100 %		
Leistungsgeregelte Klimaanlage	>300.000 €	100 %		
Unzureichendes Vakuum	>50.000 €	70 %		30 %