

# Praxisseminar halbhermetische Verdichter

**Die Firma Bock Kältemaschinen GmbH in Frickenhausen hatte die Kältemonteuere in Zusatzlehre, der Berufsschule gibb aus Bern, zum Praxisseminar «halbhermetische Verdichter» eingeladen. Das Angebot wurde natürlich sehr gerne angenommen, und so hatte eine Gruppe von 17 Lernenden und 2 Lehrpersonen im Frühjahr 2010 den Weg nach Frickenhausen gefunden.**

Text: Claudio Müller, Wilderswil  
Bilder: Werksbilder Bock; Andreas Hirschi, Stettlen

Nach einem herzlichen Empfang führte der Schulungsleiter Peter Spies die Gruppe in die Verdichtertechnik ein. Ausgehend von den Verdichtungsprinzipien der Kältemittelverdichter über die Funktion eines thermostatischen Expansionsventils, waren die Diskussionsgrundlagen für die Funktionsbedingungen eines Kältemittelverdichters gelegt. Daraufhin wurde der Verdichter als Blackbox genauer unter die Lupe genommen, und sehr rasch war die Diskussion zu allen möglichen Schäden an Verdichtern entfacht. Nicht oft genug kann aber bei der Beurteilung der Ausfallursachen eines Verdichters darauf hingewiesen werden, dass eine Fehlfunktion im Kältemittelkreislauf gefunden werden muss! Ansonsten in das Risiko für einen weiteren Ausfall gegeben. Der Aufbau eines Verdichters und die konstruktiven Unterschiede konnte sehr deutlich am Vergleich von halbhermetischen, stationären Verdichtern und offenen Fahrzeugverdichtern aufgezeigt werden:



Offener Fahrzeugverdichter

Die Erklärung der Verdichtungsprinzipie wurde unter anderem am eigenwilligen Konzept des RKX26 CO<sub>2</sub>T aufgezeigt: der 6-Zylinder-Radialkolbenverdichter für transkritischen Einsatz mit CO<sub>2</sub> bis zu 130 bar, funktioniert nach dem Gleichstromprinzip. Dies bedeutet, dass das Saugventil im Kolbenboden integriert ist.



RKX26 CO<sub>2</sub>T



Modell eines 6-Zylinder-Radialkolbenverdichters

Mit einem ausgedehnten und sehr gut erläuterten

## Fabrikationsrundgang

konnte sich die Gruppe über die Fabrikation von Verdichtern ein eigenes Bild machen. Für alle sehr eindrücklich waren die sauber verarbeiteten Teile für die offenen Fahrzeugverdichter in Leichtmetallausführung. Neben dem Verarbeiten der Gussteile in den Bearbeitungszentren gehören das Überprüfen der Fertigungsgenau-

igkeit und Einhalten der Toleranzen zu einer äusserst wichtigen Aufgabe. Beim Rundgang wurde auch deutlich, welcher Stellenwert die Handarbeit bei Bedienen der Werkzeugmaschinen, beim Messen und Prüfen und bei der Montage einnimmt! Dies sei hier besonders erwähnt, denn die Firma Bock musste bis heute nie Personal entlassen. Jedoch die Kontrolle der Anzugsmomente am Ende der Montage übernimmt ein Roboter.

Die Verdichtermontage gefiel den jungen Kältemonteuren sofort: die Teile passen sehr genau, und die Handgriffe des Verarbeiters sitzen. Sauber, ruhig und überlegt setzten die Verdichtermonteuere aus den beigestellten Einzelteilen und mit Hilfe einer technischen Zeichnung die Verdichter bis zur Endprüfung zusammen.

Die Prüfungen am Produktionsende bestehen aus mehreren Schritten: Berstprüfung mit Trockenluft, Dichtheitsprüfung im Emulsionsbad und anschliessende Vakuumprüfung. Nach dem automatischen Befüllen mit dem zugehörigen Schmieröl aus den riesigen Tanks, wird jeder Verdichter einem Probelauf unterzogen. Weiter gehören auch Spannungsprüfung und Ventilplattenkontrolle dazu und eine Heliumdichtheitsprüfung mit einer Vakuumkammer sind ebenfalls eingerichtet. Das Fliessband der Endkontrolle kann ein Verdichter erst nach Bestehen aller Tests verlassen, ansonsten versperrt ein grosser Bolzen im Fliessband den weiteren Weg. Für die Berstprüfung wurde soeben eine neue Kammer zur Prü-

fung von CO<sub>2</sub>-Verdichtern eingerichtet. Verdichter mit Einsatzbereich bis 130 bar werden hier mit 4-facher Sicherheit geprüft. Diese Prüfung untersteht wohlverstandenen speziellen Sicherheitsvorkehrungen!

## Praxisseminar

Die Situation zu Beginn der praktischen Tätigkeiten sollte dem Alltag eines Kältemonteurs entsprechen: ein defekter Verdichter soll analysiert werden. Dabei geht es zuerst um die elektrische Diagnose und weiter um die Beurteilung der Verdichtermechanik.

In konzentrierter Atmosphäre haben die Kältemonteuere an einem HG22-Verdichter mit der elektrischen Kontrolle begonnen. In logischer Reihenfolge, durch Einsatz eines Multimeters und des Anschlusschemas, wurde der Motoranschluss geprüft:

- korrekte Brückenlage entsprechend der Netz- und Strangspannung: in diesem kleinen Verdichter soll eine Sternbrücke für Direktanlauf eingebaut sein.
- Widerstandsprüfung der Wicklungen U/V/W mit Kontrolle auf Wicklungsschluss. Der Wicklungswiderstand ist dabei üblicherweise nicht bekannt, aber der Widerstand der einzelnen Stränge soll nicht mehr als 10% abweichen.
- Prüfung der Wicklungen auf Masseschluss.
- Kontrolle des PTC-Kaltleiters: bei 25°C weist dieser einen Widerstand von ca.  $3 \times 60 \Omega = 180 \Omega$  auf.
- Kontrolle des Widerstands vom PTC zur Motorwicklung oder Masse.
- Prüfung des Wärmeschutzfühlers im Zylinderkopf mit ca.  $50 \Omega$ .

- Kontrolle des Anschlusses am Motorschutzgerät MP10.



**Klemmbrett des HG22**

Nach dem Feststellen der einzelnen elektrischen Fehler wurden die Verdichter zerlegt, mit dem Ziele die Motorwicklung zu ersetzen. Unter gezielter Anleitung von Peter Spies waren die Wicklungen nach wenigen Handgriffen aus den Motorgehäusen ausgebaut. Es ist aber auch zu erwähnen, dass die Verdichter nicht unter Druck standen und auch nicht mit Schmieröl befüllt waren. Im Umgang mit der Statorwicklung ist jeweils darauf zu achten, dass diese nicht auf die feinen Wicklungsdrähte abgestellt wird. Ansonsten wäre die Beschädigung des Lackdrahtes die Ursache für einen späteren Wicklungsschaden.



**Die elektrische Fehlersuche hat es in sich...**

Für die mechanische Kontrolle wurden die Verdichter in ihre sämtlichen Einzelteile zerlegt: Zylinderkopf mit Dichtungen, Ventilplatte, Ölpumpe mit Dichtungen, Frontdeckel, Exzenterwelle, Pleuel mit Kolben und Kolbenringe. Danach war das Analysieren der Einzelteile gefragt:

- Saugventile optisch und akustisch kontrollieren, Ventile dür-

fen nicht flattern! Ventile sind entweder dicht oder defekt, einen andern Zustand gibt es nicht.

- Druckventile optisch und im Licht testen.
- Saugfiltersieb auf Verschmutzung prüfen.
- Ölsaugsieb auf Verschmutzung prüfen.
- Hauptlager optisch kontrollieren.
- Beurteilung der Zylinderbuchsen und Kolben.
- Kontrolle der Pleuel und Pleuellager.
- Kontrolle der Ölsaug- und Überströmbohrungen.

#### Die Beurteilung der Mechanik

wurde in erster Linie gemacht, um den Teilnehmern das Verständnis für die Funktion des Verdichters näherzubringen. Beim Zusammenbau der Teile hat es mehrer Aha-Effekte gegeben: beispielsweise müssen Kolben in der Richtung der Ventileinfräsungen eingebaut sein, Zylinderkopf- und Saugdeckelschrauben haben unterschiedliche Längen, die Ölpumpe passt nur in einer definierten Stellung, und andere.

Wichtig beim Zusammenbau ist auch die Unterscheidung von Öl-abstreifring unten, und Minutenring (Verdichtungsring) oben am Kolben. Die beiden Ringe weisen ein unterschiedliches Profil auf und die Oberseite ist beim Einbau stets zu beachten.



**Wichtiges Hilfsmittel zum Einsetzen der Kolben mit den Kolbenringen**

Dasselbe Vorgehen wurde anschliessend an HG4-Verdichtern

wiederholt. Hier war ein Teilwicklungsmotor zu beurteilen. Für die Wicklungsdemontage musste das Gehäuse bei der Teilung demontriert werden und auf der Pleuelwelle waren immerhin 4 Pleuel zu demontieren. Am Ende des Seminars waren aber alle Verdichter wieder in ordentlichem Zustand zusammengebaut.



**Motordemontage am HG4**

Das Seminar wurde abgeschlossen mit einer Serie eindrücklicher Schadensbilder an Verdichtern:

- Ursachen von Schmutz, Zunder und Spänen → Ablagerungen an Ventilen, Längsriefen in Zylinderwand und am Pleuelhemd, Verstopfen der Saugsiebe.
- Ölmangel → hervorgerufen durch zu geringe Ölfüllmenge, mangelhafte Leitungsführung und Ölrückführung, grosser Ölwurf durch Ölüberfüllung oder mechanischer Verschleiss.
- Feuchtigkeit im Kreislauf → Öl wird grau/antrazith-farbig, Belag im Carter, an Wicklungen und an Ventilplatten, Ölkonsistenz wie Handcreme.
- Feuchtigkeit im System mit Hitzeeinwirkung → Kupferplattierung an Stahlteilen wie Pleuelbolzen, Ventilplatten und allenfalls an Stahl-Gleitringen. Bildung von Korrosion, Lochfrass und Rost.



**Die Seminarteilnehmer in Frickenhausen: Vorderste Reihe von links nach rechts: Peter Schies, Agit Özkan, Patrick Schwab, Urs Senn, Patrick Frauenfelder, Valentin Egli, 2. Reihe: Martin Nikles, Bruno Lanz, Nathan von Rotz, Daniel Fraefel, Erxhan Cerkezi, 3. Reihe: Andreas Hirschi, Tobias Roth, Niklaus Ulmann, Stefan Schweizer, Tolga Kiral, 4. Reihe: Claudio Müller, Erich Ulmann, Sven Pohl, Niklaus Huggler**





...und 911 Turbo heute



Porsche 356 einst...

- Hohe Verdichtungs- endtemperatur → gelb/braune Verfärbung an den Ventilplatten, Ölkohle an Heissgasventilen, braune Verfärbung am Haupt-Gleitlager.
- Flüssigkeitsanteile an den Motorwicklungen → riesige Temperaturdifferenzen zwischen Kältemittel und Wicklungen können zu Explosionen der Wicklungen führen.
- Feinporiger Ölschaum im Carter → ungenügende Schmierung, Riefen in den Hauptlagern, ausgeschlagene Pleuel- und Kolbenlager.
- Lecksuchadditive im Öl → vermindern die Oberflächenspannung des Öls, Schmierung ist ungenügend.
- Verdichter von Neuanlagen unter Spannung im Vakuum → am Klemmbrett schlagen im Vakuum Funken über!

Weitere hilfreiche Hinweise zu diesem Thema sind zu finden unter: <http://www.bock.de/Fehler-Analyse.html>

Die Teilnehmer danken an dieser Stelle der Firma Bock, und speziell dem Schulungsleiter Peter Spies, für die beiden lehrreichen und unvergesslichen Tage in Frickenhausen!

Die Exkursion in die Region von Stuttgart wurde abgeschlossen mit dem Besuch des neuen Porsche-museums. In extravaganter Architektur kann die Entwicklung der Firma und der Automodelle verfolgt werden. Die wechselnde Ausstellung lädt Autofans immer wieder von neuem zu Verweilen ein. ■

## 1. Januar 2010: Ende der H-FCKW (R-22)

**Wir haben garantiert die richtige Lösung für Sie!**

Eine vollständige Produktpalette an Kältemitteln sowie alle dazugehörigen Dienstleistungen:

- Thermodynamische Modellierung
- Erfillung – Wiederbefüllung aller thermischer Anlagen
- Reinigung (innen und außen)
- Rückgewinnung von Kältemitteln
- Analysen
- Abschattung, Aftaktierung, Entsorgung

**prochimac + climalife**

100-41 CORMEL, 111 021 2018 Bussières  
SAINT-ANDRÉ-DE-BOURG-EN-BOIS, 01 39 02 22 20 00 Fax: 01 39 02 22 19

[www.climalife.dehon.com](http://www.climalife.dehon.com)

Refrigerants in green are certified

Unser Know-how ist Ihr Vorteil.