

Dichtkunst, einmal ohne Worte

Zusammen mit den Dichtungsspezialisten bei der Kubo Tech AG wurde am Institut für Energiesysteme und Fluid-Engineering (IEFE) der ZHAW School of Engineering eine mobile Kältemaschine entwickelt. Sie soll Studenten und Interessierten den Einstieg ins Thema Kälteerzeugung erleichtern.

(msc) Kältemaschinen leisten in Industrie und Haushalten als Kühlschränke und Klimaanlage unverzichtbare Dienste. Alle Anwendungen von Kältemaschinen zusammen verursachen in der Schweiz aber auch rund 14 Prozent des elektrischen Stromverbrauchs, denn Kälteerzeugung ist ein sehr energieaufwendiger Prozess. Deshalb sollte er dringend mit mehr Sensibilität betrachtet werden. Das IEFE leistet mit seinem neuen Kältelabor und einer Demonstrationskältemaschine einen wichtigen Beitrag zu dieser Sensibilisierung.

Der einer Kältemaschine zugrunde liegende thermodynamische Vorgang ist der sogenannte linkslaufende Kreisprozess (siehe

Kasten «Auf einen Blick»). Der Bau einer solchen Maschine ist nicht trivial. Interdisziplinäres Ingenieurdenken ist gefordert, wenn es darum geht, Thermodynamik, Festigkeitslehre, Produktentwicklung und Dichtungstechnik in Einklang zu bringen. Die Kubo Tech AG stand in diesem Projekt im Bereich Dichtungstechnik beratend zur Seite und lieferte die benötigten Dichtungen.

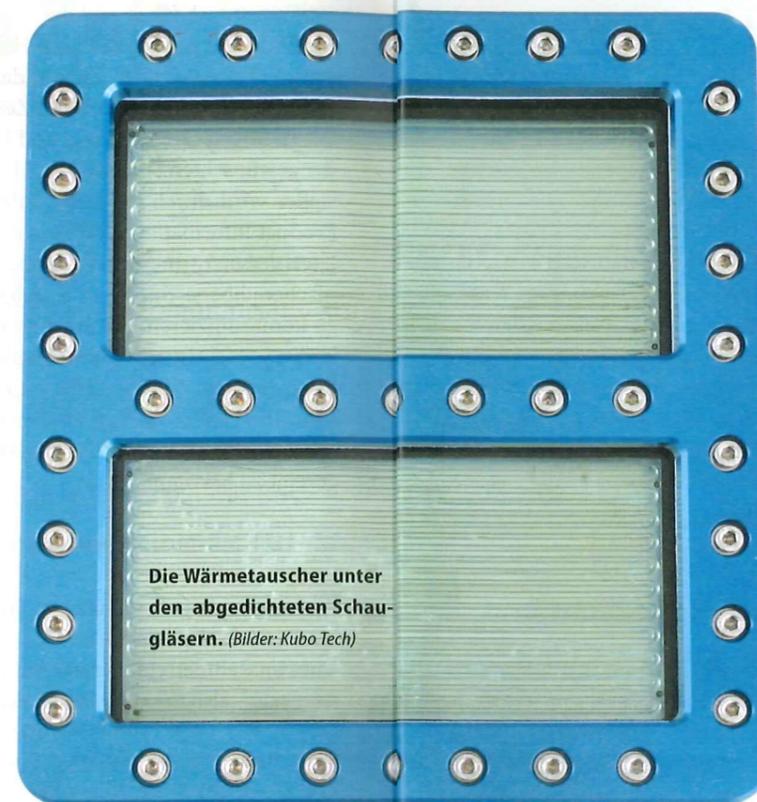
Das Ziel der Konstruktion war eine Kältemaschine, bei der alle relevanten Komponenten, die bei einem Kühlschrank oder einer Klimaanlage im Normalfall verborgen sind, sicht- und anfassbar angebracht werden. Das Pflichtenheft verlangte überdies, dass die

FACT SHEETS

Maintenance Schweiz 2014 auf einen Blick

Am Mittwoch und Donnerstag, 5. und 6. Februar 2014, lädt die Maintenance Schweiz in die Messe Zürich, Halle 2, in Zürich-Oerlikon ein. Nach bewährtem Muster werden auf der Messe wieder an beiden Messetagen direkt in der Messehalle verschiedene Fachvorträge im Rahmen der Learnshops angeboten. Sie vermitteln Wissenswertes über Trends und Innovationen in der Instandhaltungsbranche. Geführte Messerundgänge, die Guided Tours, bie-

ten den Besuchern die Möglichkeit, einen optimalen Überblick über die ausgestellten Themen und Produkte zu gewinnen. Sie starten jeweils um 11 und um 14 Uhr am Messeingang, die Anmeldung kann online ab sofort erfolgen. Auch für einen Gratisbesuch können sich Besucher mit einer Onlineregistrierung auf der Messe-Website www.easyfairs.com/maintenanceschweiz anmelden. Die Öffnungszeiten sind jeweils von 9 bis 17 Uhr.



Verdichterleistung von Hand aufgebracht werden kann und sowohl Verdampfung als auch Kondensation gegenüber der Umgebungstemperatur erfolgen sollen.

Die Demonstrationskältemaschine erbringt mit zirka 120 W etwa die Kälteleistung eines kleinen Kühlschranks. Der Verdampfer repräsentiert den Kühlraum, wo Wärme entzogen und auf etwa 8 °C heruntergekühlt wird. Der Kondensator liegt bei einem Kühlschrank auf der Rückseite und führt bei einer Temperatur von 45 °C die Wärmeleistung aus dem System in die Umgebung ab. Diese entspricht der Summe von Kälte- und Verdichterleistung, also rund 155 W. Die elektrische Leistung für den Verdichter beträgt 35 W. Um den Energieaufwand erlebbar zu machen, kann die erforderliche Leistung komplett mit Muskelkraft an einer Handkurbel erzeugt werden.

Das Herzstück der Maschine sind die beiden Wärmetauscher, also der Verdampfer und der Kon-

AUF EINEN BLICK

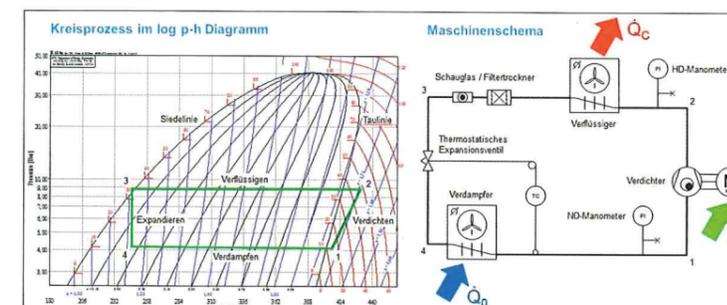
Der linkslaufende Kreisprozess

Der einer Kältemaschine zugrunde liegende thermodynamische Vorgang ist der sogenannte linkslaufende Kreisprozess. Die Grafik stellt links den Kreisprozess im log-p-h-Diagramm und rechts das Maschinenschema mit den relevanten Komponenten dar. Die folgenden vier Zustandsänderungen werden durchlaufen:

- 1 bis 2: polytrope Verdichtung des Kältemitteldampfes mittels

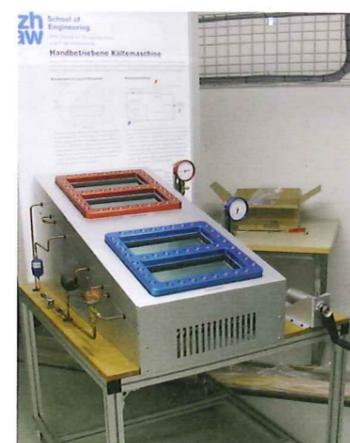
Drehkolbenverdichter auf das höhere Druckniveau von 9 bar

- 2 bis 3: isobare Kondensation des Kältemitteldampfes unter Abgabe von Wärme im Verflüssiger
- 3 bis 4: adiabate Drosselung des Kältemittelkondensats auf das tiefere Druckniveau von 4 bar im thermostatischen Expansionsventil
- 4 bis 1: isobare Verdampfung des Kältemittels unter Zufuhr von Wärme im Verdampfer



densator, welche Einsicht in die Zustandsänderungen des Kältemittels bieten. Um mit moderaten Drücken arbeiten zu können, wurde als Kältemittel R134a gewählt. Zwei Manometer zeigen die beiden Druckniveaus und damit verbunden die Verdampfungs- und Kondensationstemperatur.

Die grosse Herausforderung stellten die beiden Wärmetauscher



Die Demokältemaschine mit der Handkurbel rechts.

dar: Unter grossen Schaugläsern kondensiert beziehungsweise verdampft hier das Kältemittel in schmalen Alukanälen gut sichtbar. Die Wärmezu- und -abfuhr geschieht mithilfe von grossen Kühlrippen und zwei Lüftern auf der Rückseite der Wärmetauscher.

Der Prüfdruck von 16 bar stellte hohe Anforderungen an die Schaugläser. Mit FEM-Rechnungen wurde eine Mindestdicke von 60 mm berechnet, um die zulässigen Zugspannungen im Glas nicht zu überschreiten. Die Gläser wurden aus Dreifach-Verbund-Floatglas gefertigt.

Zur Abdichtung der Schaugläser wurden Flachdichtungen eingesetzt. Bei der Materialwahl für die Dichtung war das zentrale Thema die gleichzeitige Beständigkeit gegenüber dem Kältemittel und dem Schmieröl für den Verdichter. Es handelt sich um ein Öl auf Polyol-esterbasis (POE), weil dieses im Kältemittel gut löslich ist und dadurch im Kältekreis leicht mittrans-

portiert werden kann. Eine Teflon-dichtung vom Typ Gylon blau Style 3504 war die erste Wahl wegen ihrer guten chemischen Beständigkeit und einer minimalen Flächenpressung von gerade einmal 9 N/mm².

Trotzdem erhielt das Dreifach-Verbund-Floatglas in einem ersten Test Spannungsrisse, was bedeutete, dass die Spannungsspitzen reduziert werden mussten. Deshalb wurde nach einer umfangreichen Recherche auf einer Seite eine NBR-Flachdichtung eingesetzt, deren Mindestflächenpressung rund zwei Drittel geringer ist als die der Gylon-Dichtung. So konnte die Kältemaschine erfolgreich abgedichtet werden. ■

Kubo Tech AG
8307 Effretikon, Tel. 052 354 18 18
info@kubo.ch, www.kubo.ch
Maintenance Schweiz, Halle 2 Stand E27

ZHAW School of Engineering IEFE
8401 Winterthur, Tel. 058 934 73 61
info.ief@zhaw.ch, www.ief.zhaw.ch