

Lehrgang „Grundlagen der Klimatisierung von Schienenfahrzeugen“

Im Rahmen dieses Kurses wird die Kompressionskälteanlage in der Spezialanwendung Bahnklimatisierung ingenieurmäßig und praxisorientiert behandelt. Neben der reinen Kältetechnik werden auch die Zustandsänderungen der Luft (Kühlen, Heizen) erläutert.

Zielsetzung

- Einführung in die Grundlagen (Theorie und Praxis) der Kältetechnik
- Kennenlernen von Aufbau und Funktion der Bauteile des Kältemittel-Kreislaufs in einer Klimaanlage für Schienenfahrzeuge
- Verständnis der Funktionsweise und des Betriebsverhaltens der Klimaanlage unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen
- Bestimmung und Interpretation von Betriebsparametern hinsichtlich der Betriebssicherheit und dem Füllzustand der Klimaanlage

Zielgruppe

Der Kurs richtet sich an Facharbeiter, Meister, Techniker und Ingenieure mit der Ausrichtung Maschinenbau, Elektrotechnik oder Verfahrenstechnik, welche als Seiteneinsteiger / Neueinsteiger bzw. Berufsanfänger im Bereich der Klimatisierung von Schienenfahrzeugen tätig sein werden. Es sind aber auch Mitarbeiter aus den Bereichen Service / Montage, Konstruktion, Qualitätssicherung, Applikation und Prüfwesen angesprochen.

Voraussetzung: Lehrgang „Grundlagen der Kältetechnik A“

Thema: **Thermodynamische Grundlagen, Funktion der Kälteanlage**

Die erforderlichen thermodynamischen Grundlagen mit Herleitung des Kaltdampfkompressionskreisprozesses. Berücksichtigung der bahntypischen Druck-, Temperaturverhältnisse und Kältemittel. Wie funktioniert die Kälteanlage? Die Anlagentechnik der direkten und indirekten Kühlung. Vorteile, Nachteile und energetische Betrachtungen für beide Systeme.

Theorie: 60 min

Thema: **Überhitzung, Unterkühlung**

Kältemittelzustände, die für den praktischen Umgang mit der Kälteanlage von großer Bedeutung sind. Anhand dieser Kenngrößen kann die Betriebsweise der Kälteanlage beurteilt werden.

- Richtige Verdampferbefüllung, einwandfreie Funktion des Expansionsorgans
- Optimale Kältemittelfüllmenge
- Sicherer Betrieb des Verdichters

Wie wird Überhitzung, Unterkühlung eingestellt. Die Folgen von zu großer bzw. zu kleiner Überhitzung, Unterkühlung. Auswirkungen auf den Kreisprozess.

Theorie: 85 min

Thema: **Ig p, h-Diagramm**

Das Ig p, h-Diagramm erlaubt eine einfache Darstellung und Interpretation der Thermodynamik des Kreisprozesses. Es ist das Kommunikationsmittel des Kältetechnikers. Für die Projektierung ein unverzichtbares Hilfsmittel. Das Ig p, h-Diagramm ermöglicht die Zuordnung der Stoffdaten in jedem Punkt des Kreisprozesses. Im ersten Lehrabschnitt wird der Aufbau und der Verlauf der unterschiedlichen Zustandslinien erläutert. Zusätzlich übt der Kursteilnehmer die Darstellung eines Kreisprozesses im Ig p, h-Diagramm. Thermodynamische Zustandsgrößen sind abzulesen und zu interpretieren.

Theorie: 90 min

Thema: **Eigenschaften von Kältemitteln und Schmierstoffen**

- Eigenschaften von Kältemitteln und Schmierstoffen
- Aktuelle Gesetzeslage

Theorie: 90 min

Thema: **Wärmeaustauscher, Verdampfer, Verflüssiger**

Aufgaben des Verdampfers und des Verflüssigers, kältemittel- und luftseitige Temperaturverläufe in den Wärmeaustauschern. Einflussgrößen auf das Leistungsverhalten, Fläche und treibende Temperaturdifferenz, Kältemittelverteilung, luftseitige Anströmung. Regelstrecke Verdampfer und Expansionsorgan.

Theorie: 100 min

Thema: **Zustandsänderungen feuchter Luft im h, x-Diagramm**

Für die Projektierung einer Anlage müssen die luftseitigen Zustandsänderungen

- Mischen unterschiedlicher Luftmengen
- Beheizen feuchter Luft
- Abkühlen feuchter Luft

dargestellt und energetisch korrekt behandelt werden.

Dazu ist das h, x-Diagramm erforderlich. Zunächst ist der Aufbau des Diagramms mit dem Verlauf der Zustandslinien zu erläutern. Beispielhaft werden die oben erwähnten Zustandsänderungen graphisch im Diagramm bearbeitet. Ziel ist die Bestimmung der thermischen Leistungen auf der Verdampferseite, zusammengesetzt aus sensibler und latenter Kälteleistung, der Kondensatmenge und Mischzustände (Umluft, Außenluft). Praktischer Umgang mit den Begriffen Feuchtkugel-, Trockenkugeltemperatur, adiabate Kühlung, Psychrometrie usw.

Theorie und Übung: 150 min

Thema: **Expansionsorgane, regelnde Komponenten**

Funktion und Aufbau der thermostatischen Expansionsventile. Kenngrößen wie Ventilkennlinie, statische, Öffnungs- und Arbeitsüberhitzung, innerer und äußerer Druckausgleich, MOP-Verhalten. Tipps für Einbau und Fehlersuche. Füllmengenbetrachtung für Anlagen mit thermostatischem Expansionsventil. Regelungsphilosophie, Zweck, Aufbau und Wirkungsweise folgender Regler:

- Verdampfungsdruckregler
- Saugdruckregler
- Leistungsregler (Heißgasbypass)
- Verflüssigungsdruckregler

Theorie: 100 min

Laborübung: **Leistungsregelung**

An einem Labormodell werden verschiedene Arten der Leistungsregelung hinsichtlich der Effizienz und der Auswirkungen auf die Verdichtereinsatzgrenzen verglichen.

Praxis: 90 min

Thema: **Kältemittelverdichter, Bauarten, Einsatzgrenzen, Leistungsverhalten**

Einteilung der Kältemittelverdichter. Theorie des Verdichtungsvorganges im p, V-Diagramm (Indikatordiagramm). Wichtige Verdichterkenngößen wie Schadraum, Liefergrad und Gütegrad. Das Förderverhalten eines Verdichters bei unterschiedlichen Saug- und Druckbedingungen. Einsatzgrenzen von Kältemittelverdichtern. Schmierung des Verdichters, Anforderungen an den Schmierstoff. Möglichkeiten der Verdichterleistungsregelung.

Theorie: 100 min

Thema: **Komponenten der Kälteanlage**

Zusätzlich zu den vier Hauptbauteilen erforderliche Komponenten für die störungsfreie, betriebssichere Funktion der Kälteanlage:

- Filtertrockner, Funktion und Eigenschaften, Besonderheiten
- Schaugläser
- Notwendigkeit und Funktion des Ölabscheiders
- Hochdrucksammler und deren Absicherung
- Flüssigkeitsabscheider und deren Funktion, verschiedene Bauarten
- Verflüssigungsdruck- und Leistungsregelung

Theorie: 90 min

Thema: **Kältetechnische Entwicklungstendenzen**

Ein Ausblick auf zukünftige Kältemittel und Anlagentechniken.

Im einzelnen sind dies:

- Kaltlufttechnik
- Kältemittel CO₂
- Kohlenwasserstoffe

Theorie: 80 min

Laborübung: **Fehlersuche**

Methodik der Fehlersuche, korrektes Messen von Druck und Temperatur. Auswirkungen der häufigsten kältemittelseitigen Fehler. Durch Messungen an mehreren Kleinanlagen sind typische kältemittelseitige Fehler zu identifizieren.

Praxis: 180 min

Laborübung: **Inbetriebnahme, Service**

Welche Maßnahmen sind im Zusammenhang mit der Inbetriebnahme einer Kälteanlage zu berücksichtigen. Hygroskopizität des Schmierstoffes, Reinigungswirkung des Schmierstoffes und des Kältemittels. Lecksuche und Dichtheitsprüfung. Begriffe wie Fremdgase, zulässiger Wassergehalt, innere Reinheit, Inertisieren. Reaktionen im Kältemittelkreislauf bei nicht fachgerechter Inbetriebnahme. Kennenlernen und praktischer Umgang mit kältetechnischem Gerät und Werkzeug:

- Absaugstation
- Vakuumpumpe
- Lecksuchgerät
- Manometerbrücke
- Temperaturmessgeräte
- Recyclingbehälter, Kältemittelbehälter

Praxis: 180 min

Thema: **Anforderungen an Bahnklimageräte**

- Anforderungen und Bedingungen
- Geräteausführungen
- Komponentenanzordnung

Praxis: 90 min

Thema: **Auslegungsgesichtspunkte und Gestaltungsregeln**

- Konstruktive Grundregeln
- Lieferbedingungen
- Verbindungstechnik
- Rohrleitungen
- Anforderungen an Komponenten

Praxis: 90 min