

A

A2L-Kältemittel

Brennbare Kältemittel, deren untere Explosionsgrenze oberhalb 3,5 Vol.-Prozent liegt und deren Flammausbreitungsgeschwindigkeit weniger als 10 cm/s beträgt. → *Kältemittel-Klassifikation*.

AB

Abkürzung für → *Abluft* in RLT-Anlagen.

AB

Abkürzung für → *Alkylbenzol*.

Abblaseleitung

Abblaseleitungen, z. B. nach einem Sicherheitsventil, müssen so gestaltet sein, dass eine Gefährdung von Personen oder Sachen durch das freigesetzte Kältemittel ausgeschlossen ist. Abblaseleitungen für Kältemittel, das beim Abblasen unter den Tripelpunkt entspannt wird und Schnee bildet (CO₂), sind so zu gestalten, dass sie nicht verstopfen können.

Abfallflaschen

→ *Rücknahme-Flaschen*.

Abfallkühler

Aus Gründen der Hygiene und zur Vermeidung von Geruchsbelästigung sind Essensreste von Großküchen, Kantinen, Restaurants usw. sowie Abfälle aus Schlacht- und Fleischzerlegbetrieben (Konfiskat) bis zur Abholung durch einen Fachbetrieb in geschlossenen Räumen oder Behältern und gekühlt (unter 5 °C) aufzubewahren. Dies geschieht in Abfallkühlern, großen Kühlbehältern mit eigenem Kühlaggregat, die z. B. eine oder mehrere Mülltonnen aufnehmen können. → *Konfiskatkühler*.

Abkühlung

Kühlung ohne Änderung des Aggregatzustands, z. B. Wasserrückkühlung, Bierkühlung, Milchkühlung, Solerückkühlung, Kühlung von Lebensmitteln usw.

Abkühlung im Kaltluftstrom

Abkühlen von Produkten (bes. Lebensmitteln) durch Beaufschlagung mit Kaltluft aus einem →

Luftkühler. Mit sinkender Lufttemperatur (–20 bis +4 °C) und steigender Luftgeschwindigkeit (2 bis 10 m/s) nimmt die Abkühlzeit ab. Bei der → *Luft-Sprüh-Kühlung* wird die Kaltluft aus Düsen gezielt auf das Kühlgut gelenkt. → *Abkühlverfahren*, → *Gefrieren im Kaltluftstrom*.

Abkühlverfahren

Als Verfahren zur Abkühlung von Produkten (meist Lebensmittel) kommen → *Eiswasserkühlung*, → *Kontaktplattenkühlung*, → *Abkühlung im Kaltluftstrom*, → *kryogene Kühlung*, Kühlen mit Eis (→ *Fischkühlung*), → *Kühlung in Wärmeübertragern* → *Luft-Sprüh-Kühlung*, → *Sprühkühlung*, → *Strahlungskühlung*, → *Tauchkühlung* oder → *Vakuumkühlung* zur Anwendung.

Ablaufheizung

Elektrische Heizung zum Beheizen von Tauwasserabläufen während der → *Abtauung* in Gefrier- und Tiefkühlräumen. Dazu werden z. B. flexible Heizwendeln in Glasseidengeflecht mit Silikonmantel angeboten. Leistungsaufnahme je nach Länge 75 bis 300 Watt (1,5 m bis 6 m Länge).

Abluft

Die den klimatisierten Raum verlassende Luft. → *Luftarten der RLT-Anlage*.

Abluft-Feuchteregelung

→ *Feuchteregelung in der Klimatechnik*, bei der der Regelfühler im Abluftkanal platziert ist. Noch besser als bei der → *Raum-Feuchteregelung* ergibt die große Distanz zwischen Befeuchter und Feuchtefühler eine gute Durchmischung der Luft und ein stabiles Regelverhalten. → *Zuluft-Feuchteregelung*.

Abpump-Schaltung

Bei einer Abpump-Schaltung wird der → *Verdichter* in Verbindung mit einem → *Magnetventil* in der Flüssigkeitsleitung druckabhängig gesteuert und der → *Verdampfer* bis auf einen geringen Restdruck (meist 0,2 bar effektiver Überdruck) abgesaugt, bevor der Verdichter vom → *Niederdruckpressostaten* abgeschaltet wird. Dabei ist zwischen → *Pump-Out*- und → *Pump-Down-Schaltung* zu unterscheiden. Sinn der Schaltungen ist, den Verdampfer vor Stillstandsphasen von Flüssigkeit zu entleeren, damit beim Erwärmen (z. B. bei elektr. Abtau-

ung) kein (unzulässig) hoher Druck entsteht und sich kein flüssiges Kältemittel zum Verdichter hin verlagern kann (Gefahr von → *Flüssigkeitsschlägen*).

Absalzung

→ *Abschlammung*.

Absauggerät

Bei Arbeiten an Kältemaschinen, die ein Öffnen des Kältemittelkreislaufs erfordern (Stilllegung, Umbau, Austausch von Bauteilen), darf kein Kältemittel in die Atmosphäre entweichen. Mit Absauggeräten lässt sich das Kältemittel dampfförmig oder flüssig aus dem Kreislauf saugen und in entsprechende Kältemittelflaschen drücken. → *Anlagenflaschen*, → *Einstechventil*, → *Serviceventil*.



Bild 1: Absauggerät (REFCO).

Abscheider

Behälter mit Einrichtungen zur Trennung von Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte oder von Flüssigkeits- und Gasphase. → *Abscheidesammler*, → *Flüssigkeitsabscheider*.

Abscheidesammler

Der Abscheidesammler dient in Systemen mit Kältemittelzwangsumlauf (Pumpenumlauf) auf der Niederdruckseite der Trennung des von den

Verdampfern zurückkommenden Flüssigkeits-Dampfgemischs und der Bevorratung des flüssigen Kältemittels bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen (Abpufferung). → *Pumpenbetrieb*.

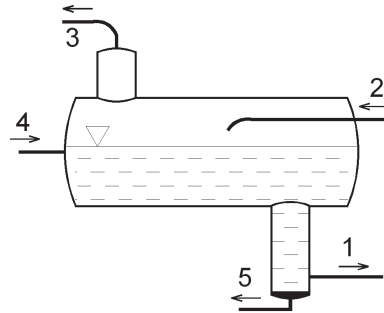


Bild 2: Abscheidesammler für NH_3 mit Dampfdom (Prinzip): 1 Kältemittelflüssigkeit zu den Verdampfern (Pumpenzwangsumlauf), 2 Flüssigkeits-Dampfgemisch von den Verdampfern, 3 Dampf zum Verdichter, 4 Nassdampf vom Hochdruckschwimmer-Regler, 5 Ölumpf mit Ölablass/-rückführung.

Abschlammung

Auch Absalzung. Bei → *Wasserrückkühlwerken* sowie → *Verdunstungs-* und → *Hybridverflüssigern* würde durch die fortwährende Verdunstung eines Teils der umlaufenden Wassermenge eine allmähliche Anreicherung mit Kalk und Salzen erfolgen. Deswegen wird stets ein Teil des Umlaufwassers durch Frischwasser ersetzt (Abschlammung). Ähnliches gilt für → *Dampfluftbefeuchter*.

Absolutdruck

Druck p_{abs} vom absoluten Drucknullpunkt aus gemessen, nicht wie mit → *Manometern* üblich, relativ zum → *Luftdruck*. → *Dampf tabellen* für Kältemittel zeigen den Absolutdruck. → *Überdruck*, *effektiver*.

Absolute Feuchte

→ *Wasserdampfgehalt feuchter Luft*.

Absolute Temperatur

→ *thermodynamische Temperatur*.

Absolut-Vakuummeter

Messgerät zur Bestimmung des → *absoluten Drucks* im → *Vakuum* (d. h. unabhängig vom aktuellen → *Luftdruck*) beim → *Evakuieren*. Anzeige linksdrehend, z. B. 150–0 hPa.



Bild 3: Absolut-Vakuummeter (REFCO).

Absorber 1

Behälter, Apparat auf der Niederdruckseite einer $\rightarrow$ Absorptionskälteanlage/eines $\rightarrow$ Absorptionskälteapparats, in dem der Kältemitteldampf von der kältemittelarmen Lösung unter Wärmeabfuhr aufgenommen wird.

Absorber 2

Bezeichnung für einen Kühltank nach dem $\rightarrow$ Absorptionsprinzip. $\rightarrow$ Absorptionskälteapparat.

Absorption

Aufnahme von Gasen/Dämpfen durch Flüssigkeiten oder feste Körper, z. B. kann 1 Liter Wasser bei 0 °C über 1000 Liter Ammoniak absorbieren, bei höheren Temperaturen weniger. Auf dieser Tatsache beruht das $\rightarrow$ Absorptionsprinzip für die Kälteerzeugung.

Absorptionskälteanlage (AKA)

Kälteerzeugung nach dem $\rightarrow$ Absorptionsprinzip. Als Arbeitsstoffpaare (Kältemittel/Absorptionsmittel) werden Ammoniak/Wasser und Wasser/Lithiumbromidlösung verwendet. Die Abbildung zeigt das Prinzip der Absorptionskälteanlage (AKA) mit Ammoniak/Wasser (Bild 4). Im Verdampfer verdampft Ammoniak bei niedrigem Druck unter Wärmeaufnahme aus der Umgebung ($\dot{Q}_0$). Der entstehende Kältemitteldampf wird fortlaufend im Absorber von wässriger Ammoniaklösung niedriger Konzentration aufgenommen. Die dabei entstehende Absorptionswärme wird abgeführt, d. h., der Absorber wird

geköhlt ($\dot{Q}_{\text{Abs.}}$). Damit die Konzentration der Lösung im Absorber auf niedrigem Niveau bleibt, wird ständig eine Teilmenge dieser NH_3 -reichen Lösung über die Lösungspumpe in den unter Verflüssigungsdruck stehenden Austreiber gefördert. Dort wird beheizt ($\dot{Q}_{\text{Austr.}}$), sodass Ammoniak wieder ausgetrieben wird.

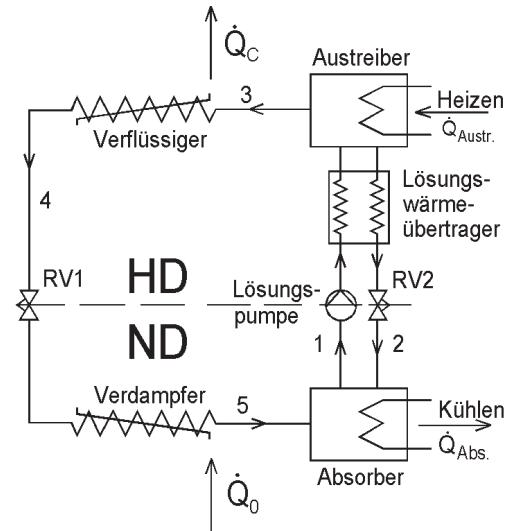


Bild 4: Prinzip der Absorptionskälteanlage mit Ammoniak/Wasser: Kältemittelkreislauf links, Lösungskreislauf rechts, Hochdruckseite oben (HD), Niederdruckseite unten (ND): 1 NH_3 -reiche Lösung, 2 NH_3 -arme Lösung, 3 NH_3 -Dampf, 4 NH_3 -Flüssigkeit, 5 NH_3 -Dampf, RV1 Regelventil NH_3 , RV2 Regelventil reiche Lösung.

Die NH_3 -arme Lösung fließt über ein Regelventil (RV2) zum Absorber zurück und steht zur erneuten Aufnahme von Ammoniak zur Verfügung. Dabei überträgt sie im Gegenstrom ihre Wärme auf die vom Absorber kommende NH_3 -reiche Lösung, sodass im Absorber weniger Wärme ab- und vor allem im Austreiber weniger Wärme zugeführt werden muss. Absorber, Lösungspumpe, Lösungswärmeübertrager, Austreiber und Regelventil 2 bilden den Lösungskreislauf und erfüllen die Aufgabe des mechanischen Verdichters in einer Verdichter-kälteanlage (VKA). Man spricht deswegen auch von einem thermischen Verdichter. Der ausgetriebene Ammoniakdampf enthält noch zu viel Wasserdampf und wird deswegen anschließend

Fortluft

Die das RLT-System verlassende Luft. → *Luftarten der RLT-Anlage.*

Fraktionierung

Änderung der Zusammensetzung eines Kältemittelgemischs, z. B. durch Verdampfen eines flüchtigeren oder Verflüssigen eines weniger flüchtigen Bestandteils. Wegen der Gefahr der Fraktionierung dürfen nicht-azeotrope Kältemittelgemische nicht gasförmig entnommen werden beim → *Befüllen*. Die Zusammensetzung des Gemischs in der Anlage würde von der Originalzusammensetzung abweichen. → *Kältemittel-Gemisch*, → *zeotrope Gemische*.

Free Cooling

→ *Freie Kühlung.*

Freie Konvektion

→ *Konvektion.*

Freie Kühlung

Kühlung durch Wärmeabgabe an die Umgebung. Manche Kühlaufgaben erfordern ganzjährig Wärmeabgabe auf einem Temperaturniveau, das bei hohen Außentemperaturen den Einsatz einer Kälteanlage verlangt, bei niedrigen jedoch nicht.

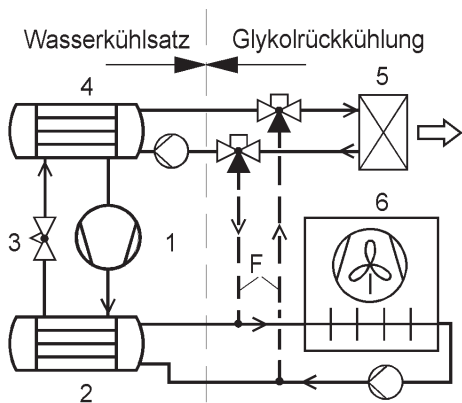


Bild 81: Freie Kühlung (Prinzip): 1 Verdichter, 2 Glykolgekühlter Verflüssiger, 3 Drosselorgan, 4 Wasserkühler, 5 Luftkühler der RLT-Anlage, 6 Luftgekühlter Glykolerückkühler im Freien, F Zusatzleitungen für freie Kühlung (Winterbetrieb).

Dementsprechend werden Anlagen gebaut, die ab einer bestimmten Außentemperatur auf freie Kühlung umschalten. Dadurch sind erhebliche Energieeinsparungen möglich. So kann bei Kli-

maanlagen mit → *indirekter Kühlung* bei tiefen Außentemperaturen der Luftkühler direkt mit Glykol aus dem im Freien aufgestellten Rückkühler gekühlt werden:

Fremdgase

Gase, die im Kältemittelkreislauf keine Funktion erfüllen, also alles außer Kältemittel, gemeint sind vor allem Luft aus der Umgebung und Stickstoff, das als Schutzgas in Verdichtern vorkommt bzw. bei der → *Dichtheitsprüfung* verwendet wird. Diese nicht kondensierbaren Gase würden sich im Verflüssiger ansammeln und durch ihren Partialdruck den Verflüssigungsdruck erhöhen. Unnötige Erhöhung des Bedarfs an Antriebsleistung wäre die Folge.

Fremdwärme

Bezeichnung für Wärme, die vom Kältemittel aufgenommen wird und nicht der Kälteerzeugung dient. Fremdwärme kommt also nicht von der Kühlstelle, sondern dringt an anderer Stelle in den Kreislauf ein. So kann z. B. in eine nicht oder nicht ausreichend wärmegeämmte Saugleitung Wärme aus der im Regelfall wärmeren Umgebung eindringen. Fremdwärme „belastet“ den Kältemittelkreisprozess und verringert seine Effizienz. Sauggasgekühlte Verdichter geben ihre Motorwärme ebenfalls an den die Wicklung des Elektromotors umspülenden Saugdampf ab. Auch diese Motorwärme kommt nicht von der Kühlstelle, dient aber indirekt der Kälteerzeugung. Sie wird deshalb nicht als Fremdwärme bezeichnet.

Freon

Handelsbezeichnung der Firma DuPont für → (H)FCKW.

Frequenzumformer (FU)

Unsachgemäße Bezeichnung für → *Frequenzumrichter (FU)*.

Frequenzumrichter (FU)

Leistungselektronisches Gerät, erzeugt aus einem Drehstromsystem mit fester Frequenz ein neues Drehstromsystem mit variabler Frequenz und variabler Spannung. FU werden zur Drehzahlverstellung der Antriebsmotoren von Verdichtern und damit zur Regelung der Verdichterkälteleistung eingesetzt. Der Wirkungsgrad eines FU liegt bei ca. 95 %. Regelgröße x ist der Saugdruck, bei dessen Absinken die Frequenz

und somit die Drehzahl verringert wird. FU ermöglichen zugleich einen → *Sanftanlauf* und somit → *Anlaufstrombegrenzung*.

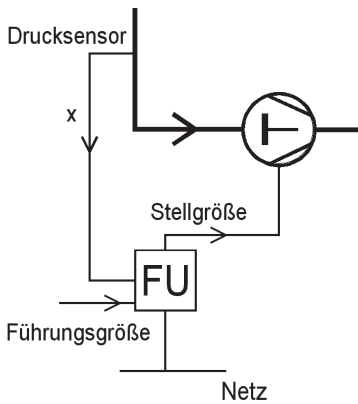


Bild 82: Prinzip der Regelung mit FU: x Regelgröße.

Moderne FU sind mikroprozessorgesteuerte, digitale Geräte und gestatten das Einstellen zahlreicher Parameter über PC oder Laptop, wie z. B. Minimal- und Maximalfrequenz, Hochlaufzeit, Runterlaufzeit, Rampen, → *Ausblenden von Frequenzen* u. v. a. m.

→ *VRF-* und → *VRV-Multisplitsysteme* der namhaften Hersteller sind grundsätzlich mit FU (Inverter) ausgerüstet.

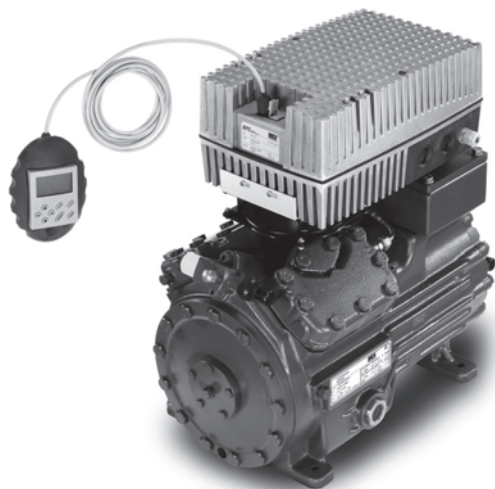


Bild 83: Halbhermetischer Verdichter (Bock) mit werkseitig aufgesetztem Frequenzumrichter. Die Einstellung der Parameter kann außer mit dem gezeigten Handdisplay auch über Laptop erfolgen.

Frigen

Ehemalige Handelsbezeichnung der Firma Hoechst für → *(H)FCKW*.

Frigorist

Bezeichnung für die Kältemonteure aus Handwerksbetrieben in der Zeit, bevor es den Beruf des Kälteanlagenbauers und damit eine definierte Berufsbezeichnung gab. Seinerzeit auch abwertend seitens der Industrie-Kältemonteure für die handwerklichen Kältemonteure, heute sehr selten noch für den kleineren Kältefachbetrieb verwendet.

Frigotheum

Ausstellung des Vereins Historische Kälte- und Klimatechnik (→ *HKK*) im Europäischen Haus der Kälte in Maintal mit historischen Exponaten von Maschinen und Komponenten der Kälte- und Klimatechnik.

Froster

Gerät, in dem Lebensmittel eingefroren werden. → *Gefrierverfahren*.

Frostschutzthermostat

→ *Thermostat* als Schutzeinrichtung bei Verdampfern zur Wasserkühlung (→ *Wasserkühlsatz*). Er wird im Ausgang des Verdampfers angebracht. Bei Unterschreiten einer eingestellten Sollwert-Temperatur wird die Anlage abgeschaltet. Durch die Sprengwirkung des Eises würde der gesamte Kältemittelkreislauf in Mitleidenschaft gezogen.

Fruchtsaftkonzentrat

Fruchtsäfte werden heute nur zum Teil als Direktsaft unmittelbar aus Frischobst hergestellt, sondern zum Ernteausgleich und zum frachtgünstigen Transport über große Entfernungen überwiegend zu Konzentrat von bis zu einem Siebtel des Ausgangsvolumens verarbeitet. Dabei findet die Gefrierkonservierung Anwendung, bei der z. B. in einem Kratzkühler ein pumpfähiges Eis-Konzentrat-Gemisch Ausgangslage für einen Konzentrationsvorgang bildet, in dem die das Wasser enthaltenden Eiskristalle in einer Waschkolonne vom Konzentrat separiert werden.

Tropische Früchte werden nach besonderen Verfahren zu Püree verarbeitet, das dann eingefro-

ren und bei -18 bis -20 °C gelagert wird, um später daraus Frucht-Nektar herzustellen.

FU

→ Frequenzumrichter.

FU-Betrieb

Bezeichnung für die Regelung der Leistung eines E-Motors/der Verdichter-Kälteleistung mit → Frequenzumrichter.

Fühlerfüllung

→ Steuerfüllung.

Fühlerleitung

Die Verbindungsleitung zwischen Temperaturfühler und thermostatischem Steuerelement im Ventilkopf eines → thermostatischen Expansionsventils oder eines → Thermostaten besteht aus dünnem Kapillarrohr. Die Kapillare ist im Anlieferungszustand des TEV am Ventilkopf mit großem Radius aufgewickelt (Bild 40 → Doppelkontaktfühler) und darf beim Verlegen nicht geknickt werden.

Fühlermontage

Ein → thermostatisches Expansionsventil kann nur genau regeln, wenn die → Überhitzung (Regelgröße) richtig erfasst wird. Deswegen ist eine sachgerechte Fühlermontage wichtig.

Dazu sind eine Reihe von Montagerichtlinien zu beachten:

- Montage des TEV-Fühlers am Verdampferausgang durch Fühlerklemme mit gutem metallischem Kontakt und Linienberührung an der Saugleitung innerhalb des Kühlraums.
- Fühler möglichst am waagerechten Rohr anbringen
- Fühler isolieren, damit er nur von der Überhitzungstemperatur in der Saugleitung beeinflusst wird.
- Bei Saugrohren ≥ 22 mm → empfiehlt sich die seitliche Anbringung des Fühlers im Winkel von ca. 45° unterhalb der Waagerechten zur Rohrmitte.
- Bei Saugrohren < 22 mm → ist der Fühler oben auf der Saugleitung anzuordnen.
- Fühler nicht in die Nähe großer Massen setzen.
- Fühler in Strömungsrichtung vor Anschluss des äußeren Druckausgleichs montieren.
- Fühler immer am Ausgang des zugehörigen Verdampfers und nie an einer gemeinsamen

Saugsmelleitung mehrerer Verdampfer montieren.

Füllfaktor

→ Kältemittelflaschen dürfen niemals randvoll gefüllt werden, weil sonst Berstgefahr durch → Flüssigkeitsdruck besteht. Mit dem Füllfaktor gemäß TRG 101, Anlage 3 in kg/dm^3 lässt sich die zulässige Füllmenge in Abhängigkeit vom Kältemittel berechnen, sodass ein ausreichendes Dampfpolster als → Berstschutz bleibt. Die zulässige Füllmenge ist am besten dem Flaschenaufkleber zu entnehmen.

Tabelle 6: Füllfaktoren gängiger Kältemittel.

Kältemittel	Füllfaktor kg/dm^3
R-22	1,03
R-32	0,77
R-134a	1,04
R-404A	0,81
R-407C	0,96
R-410A	0,82
R-507A	0,81
Rücknahmeflaschen	0,75

Füllmenge

Kälteanlagen sind so zu konstruieren, dass die Kältemittelfüllmenge so gering wie vernünftigerweise möglich gehalten wird. Zur Bestimmung der Füllmenge sind die Innenvolumen der Rohrleitungen und Wärmeübertrager zu bestimmen, sodass unter Berücksichtigung des → Füllungsgrades ϕ die Füllmenge berechnet werden kann. Die Füllmenge eines Anlagenteils bestimmt sich zu: $m = \rho' \cdot V \cdot \phi + \rho'' \cdot V \cdot (1 - \phi)$.

Dabei bedeuten:

m: Füllmenge des Anlagenteils in kg

V: Innenvolumen des Anlagenteils in dm^3

ϕ : Füllungsgrad

ρ' : Dichte der Flüssigkeit in kg/dm^3

ρ'' : Dichte des Dampfs in kg/dm^3

Die Gesamtfüllmenge ergibt sich als Summe der einzeln zu berechnenden Füllmengen. Die Dichte ist entsprechend den im jeweiligen Anlagen-

H

h,x-Diagramm

Von R. → *Mollier* entwickeltes schiefwinkliges Diagramm zur übersichtlichen Darstellung der für die Luftbehandlung wesentlichen Zustandsgrößen. Abzisse ist der Wassergehalt x , an der Ordinatenachse sind zwar die → *Trockenkugelmperaturen* (Raumlufttemperaturen) angeschrieben, die Isothermen verlaufen aber fächerförmig auseinander. Parallel zueinander verlaufen die Isenthalpen, jedoch nicht rechtwinklig zu den x -Linien. Die Werte des h,x -Diagramms werden meist für $p = 1013,25 \text{ hPa}$ oder 980 hPa ausgelegt, bei anderen Drücken (abhängig von der Meereshöhe) ist umzurechnen. Heute gestatten PC-Programme die Ermittlung der Werte für beliebige Drücke. Den typischen Verlauf der Iso-Linien zeigt die folgende Abbildung:

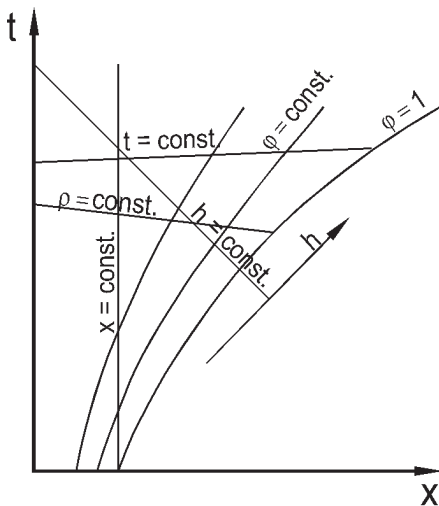


Bild 90: Verlauf der Iso-Linien im h,x -Diagramm.

Haarharfe

Messelement hochwertiger → *Haarhygrometer*, bestehend aus mehreren parallelen Faserbündeln, die abhängig von der → *relativen Luftfeuchte* ihre Länge ändern.

Haarhygrometer

→ *Hygrometer*.

HACCP-Konzept

Hazard Analysis Critical Control Point-Konzept, deutsch: Gefährdungsanalyse und kritische Lenkungspunkte. System zur Vorbeugung von Gesundheitsgefährdungen durch Lebensmittel, das 1959 in den USA für die Herstellung welt-raumgeeigneter Astronautennahrung entwickelt wurde, seit 1993 von der Food and Agriculture Organization der UNO empfohlen wird und seit 1998 im deutschen Lebensmittelrecht verankert ist. Seit dem 1. Januar 2006 dürfen in der EU nur noch Lebensmittel, die die HACCP-Richtlinien erfüllen, gehandelt werden. Das HACCP-Konzept fordert die Analyse der Risiken, die Überwachung der für Hygiene kritischen Punkte, Dokumentation der Maßnahmen usw.

Halbhermetischer Hubkolbenverdichter

Bei dieser heute vorherrschenden Bauform befinden sich → *Verdichter* und Elektromotor in einem gemeinsamen Gehäuse, das jedoch zu Servicezwecken geöffnet werden kann. Die Vorteile gegenüber offenen Hubkolbenverdichtern sind in der einfacheren Montage (Ausrichtung von Motor und Verdichter entfällt), geringeren Leckagemöglichkeit (keine Wellenabdichtung erforderlich) und verminderten Geräuschentwicklung zu sehen.

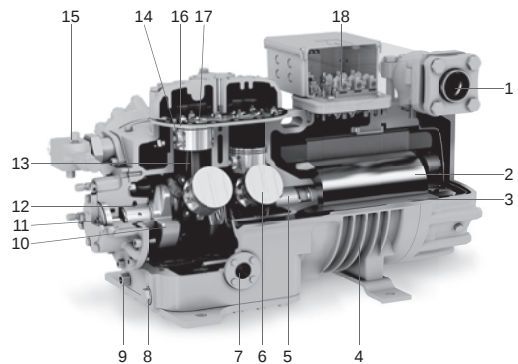


Bild 91: Sauggasgeköhlter halbhermetischer 6 Zylinder-Hubkolbenverdichter (Bitzer): 1 Saugaseintritt mit Absperrventil, 2 Rotor des Elektromotors, 3 Stator des Elektromotors, 4 Kühlrippen, 5 Hauptwellenlager, 6 Kolben, 7 Ölschauglas, 8 Magnetabscheider im Ölsumpf, 9 Ölsumpfeheizung, 10 Kurbelwelle, 11 Ölpumpe, 12 Wellenlager, 13 Pleuel, 14 Kolbenbolzen, 15 Druckgasaustritt mit Absperrventil, 16 Ventilplatte, 17 Druckventil, 18 Anschlussklemmen.

Nachteilig sind die geringere Variabilität im Antrieb und vor allem die Tatsache, dass ein Wicklungsschaden am E-Motor eine Verschmutzung des gesamten Kältemittelkreislaufs nach sich zieht (→ *Wicklungsbrand*).

Die Abwärme des Elektromotors wird entweder durch das über die Wicklung geführte Sauggas aufgenommen (→ *Sauggaskühlung*) oder direkt an die Umgebung abgegeben, unterstützt z. B. durch besondere Ventilatoren (Luftkühlung) oder in Kombination beider Verfahren abgeführt. → *Zusatzkühlung*.

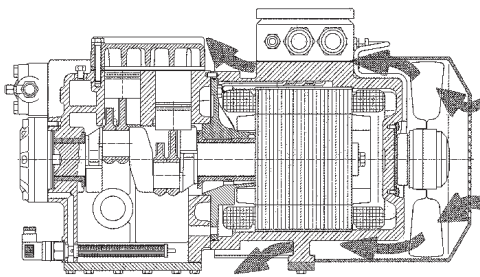


Bild 92: Schnitt durch einen luftgekühlten halbhermetischen 4 Zylinder-Verdichter (Bock): Durch einen außen angebrachten Ventilator wird Luft gezielt über das Verdichtergehäuse geleitet und so die Abwärme des Elektromotors abgeführt.

Halbhermetischer Verdichter

Antriebsmotor und → *Verdichter* haben eine gemeinsame Welle und sind in einem kältemitteldichten Gehäuse ohne äußere Welle oder Wellenabdichtungen untergebracht, das aber geöffnet werden kann (Montagedeckel). Dadurch arbeitet der Motor in einem Gemisch aus Kältemitteldampf und Öl. → *Halbhermetischer Hubkolbenverdichter*.

Halogenierte Kohlenwasserstoffe

Auch Halogenkohlenwasserstoffe, → *Kältemittel* auf Basis von → *Kohlenwasserstoffen*, meist Methan (CH_4) oder Ethan (C_2H_6), bei denen einzelne (teillhalogeniert) oder alle (vollhalogeniert) H-Atome des Basismoleküls durch Fluor, Chlor oder Brom ersetzt wurden, z. B. R-12, CCl_2F_2 – Dichlordifluormethan, R-22 – CHClF_2 , R-13 B1 – CF_3Br – Bromtrifluormethan, R-115 C_2ClF_5 – Chlorpentafluorethan, R-134a Tetrafluorethan $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ usw. → *FCKW*, → *FKW*, → *HFCKW*, → *HFKW*.

Halogen-Prüflampe

Nicht mehr zugelassenes Gerät zur Lecksuche bei chlorhaltigen Kältemitteln (FCKW, HFCKW). Eine Gasflamme, die durch ein Siebplättchen aus Kupferdraht strömt, bekommt einen Teil ihrer Ansaugluft über einen Schlauch zugeführt, der an die potenziellen Leckstellen gehalten wird. Bei Anwesenheit von Chlor (im chlorhaltigen Kältemittel) färbt sich die Flamme grünlich. Die Halogen-Prüflampe ist verboten. In der Flamme bilden halogenierte Kältemittel giftige Zersetzungsprodukte (→ *Chlorwasserstoff*, → *Fluorwasserstoff*, → *Phosgen*).

Halogen-Schnüffeltest

→ *Montagelecksuchgeräte*.

Haltepunkt

Falls sich Wasser in flüssiger Form in den zu evakuierenden Anlagenteilen befindet, kann sich beim → *Evakuieren* ein Haltepunkt ergeben, d. h., der Druck sinkt nicht weiter ab, sondern bleibt, die zum Verdampfen notwendige Wärme vorausgesetzt, so lange konstant, bis das Wasser verdampft ist. Die Lage des Haltepunkts entspricht dem Wasserdampfdruck bei der jeweiligen Temperatur.

Handbetätigte Expansionsventile

Bei Anlagen mit → *überfluteter Verdampfung* kann die Zufuhr von Kältemittel zum Verdampfer über ein Magnetventil, das seine Impulse von einem Niveauregler bekommt, geregelt werden. Die Drosselung auf den niederen Verdampfungsdruck erfolgt dann in einem dem Magnetventil nachgeordneten handbetätigten Drosselventil.

Hauptsatz

Grundlage der Thermodynamik sind fundamentale Erkenntnisse, die in den Hauptsätzen zusammengefasst werden. Dabei sind verschiedene Formulierungen möglich, die sich jeweils auf die gleiche Erfahrungstatsache beziehen.

Der Nullte Hauptsatz der Thermodynamik beschreibt eine Erfahrungstatsache über das thermische Gleichgewicht, die lange Zeit als so selbstverständlich erschien, dass man sie erst ausdrücklich formulierte, als die Bezeichnung Erster Hauptsatz bereits vergeben war: Zwei Systeme, die mit einem dritten im thermischen

Gleichgewicht stehen, stehen auch untereinander im thermischen Gleichgewicht.

Der Erste Hauptsatz überträgt das Prinzip von der Erhaltung der Energie aus der Mechanik auf die Wärmelehre und definiert damit den Begriff → *Wärme* als Energieform. Sowohl durch Wärme als durch Arbeit lässt sich die → *innere Energie* eines Systems verändern: Wärme und Arbeit sind gleichwertig.

Der Zweite Hauptsatz beschreibt das Wesen natürlicher Vorgänge bzw. das Prinzip der Irreversibilität. Formulierung von → *Clausius*: Wärme kann nie von selbst von einem Körper niedriger Temperatur auf einen Körper höherer Temperatur übergehen. Formulierung von *Planck*: Alle Prozesse, bei denen Reibung auftritt, sind irreversibel. Formulierung von *Baehr*: Alle natürlichen Prozesse sind irreversibel. Weitere Formulierung in Abwandlung von *Clausius*: Wärme fließt von selbst stets nur vom Körper höherer Temperatur zum Körper niedriger Temperatur.

Das Nernstsches Wärmetheorem wird auch als Dritter Hauptsatz bezeichnet und ermöglicht die Berechnung absoluter Entropien. Formulierung von → *Planck* in der über Nernst hinausgehenden Fassung: Die Entropie jedes festen Körpers aus lauter gleichartigen Bestandteilen, der sich im ungehemmten Gleichgewichtszustand befindet, nähert sich bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt $T = 0$ unbegrenzt dem Wert Null.

Hauptteile der Kälteanlage

Der Kaldampfkompressionsprozess benötigt prinzipiell vier Bauteile, damit das → *Kältemittel* den Kreisprozess durchlaufen kann: → *Verdampfer*, → *Verdichter*, → *Verflüssiger*, → *Drosselorgan*. Der → *Sammler* ist nicht in jeder Kälteanlage vorhanden und als Vorratsbehälter kein Hauptteil, zumal in ihm keine Zustandsänderung stattfindet. → *Kaldampfkompressionsprozess*, *einstufig*.

HD

Abkürzung für → *Hochdruck*.

Heat Pipe

→ *Wärmerohr*.

Heißgasabtauung

Bei dieser → *Abtauung* für → *Lamellenverdampfer* wird die Wärme des heißen → *Druckgases* genutzt, wodurch gegenüber der → *elek-*

trischen Abtauung erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden. Dem stehen je nach Verfahren höhere Kosten für den schaltungstechnischen Aufwand gegenüber, die sich jedoch je nach Anlagengröße in einem Zeitraum von ½ bis 1,5 Jahre amortisieren. Der Abtauvorgang ist sehr kurz und dauert je nach Verdampfergröße nur wenige Minuten. Dazu gibt es zahlreiche Varianten, z. B.:

1. Das vom Verdichter kommende heiße Druckgas wird durch eine Heißgasrohrleitung mit Magnetventil, zum Verdampfereingang in Strömungsrichtung zwischen Expansionsventil und Verdampfereintritt geführt. Dazu schließt das Magnetventil in der Flüssigkeitsleitung und gleichzeitig öffnet das Magnetventil der Heißgasleitung. Der in den Verdampfer eintretende heiße Kältemitteldampf kühlt sich sehr schnell ab, teilweise bis zur Verflüssigung, und wird als Kaltdampf wieder vom Kältemittelverdichter angesaugt.
2. Umkehrung des Kältemittelkreislaufs mittels Vierwege-Umschaltventil: → *Funktionsumkehr* von Verdampfer und Verflüssiger.
3. Wechselseitige Heißgasabtauung: Bei zwei Verdampfern wird jeweils einer durch Heißgas abgetaut, der andere arbeitet währenddessen weiterhin als Verdampfer (Bäckström-Schaltung).

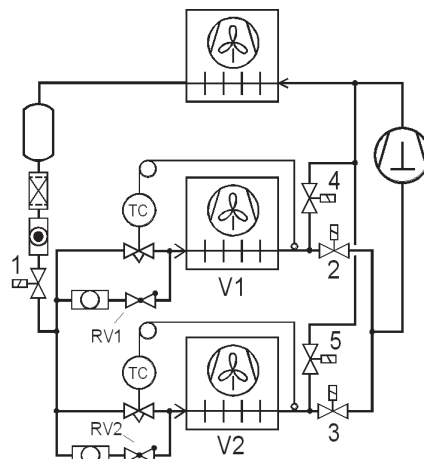


Bild 93: Heißgasabtauung nach Bäckström: Abtauung Verdampfer V1: Magnetventil 1, 2 und 5 geschlossen, Druckgas strömt über MV4 durch V1, umgeht das TEV durch RV1, und kommt durch V2 und MV3 wieder zum Verdichter zurück.