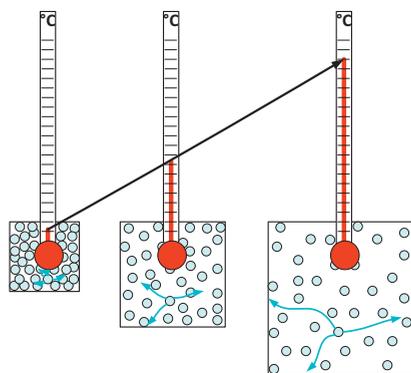


1 Physikalisches Fachwissen

1.1 Temperatur

Die Temperatur ist als Basisgröße des SI-Maßeinheitensystems eine physikalische Zustandsgröße, die für die Kältetechnik eine fundamentale Bedeutung besitzt. Wir Menschen verbinden über die Empfindungen „warm“ und „kalt“ eine unmittelbare, aber stets subjektiv bleibende Vorstellung von der Temperatur. Unsere Wahrnehmung gestattet nur eine relative Einordnung. Ist es für den einen schon kalt, meint ein anderer, ihm sei noch warm. Bringt man einen als warm wahrgenommener Körper mit einem kälteren in Kontakt, wird der wärmere Körper solange kälter und der kältere solange wärmer, bis beide die gleiche Temperatur besitzen. Es kommt zu einem Temperatúrausgleich durch Wärmetransport vom wärmeren zum kälteren System.

Für die Technik benötigt man aber einen Temperaturbegriff, der nicht von subjektiven Empfindungen abhängt, sondern auf objektiven Kriterien beruht, die unter vergleichbaren Randbedingungen immer wieder zu gleichen Temperaturen führen. Die physikalische Definition der Temperatur geht davon aus, dass ein Körper aus kleinsten Teilchen besteht, die – für uns Menschen nicht sichtbar – Bewegungen ausführen. Die mittlere Geschwindigkeit aller im Körper enthaltenen Teilchen ergibt eine bestimmte Bewegungsenergie, die man als innere Energie des Körpers bezeichnet. Die mittlere Teilchengeschwindigkeit in einem Körper erhöht sich, wenn man dem Körper Energie, zum Beispiel in Form von Wärme, zuführt, siehe Abbildung 1.1. So ist man in der Lage, jeder mittleren Geschwindigkeit von Teilchen in einem Körper genau eine Temperatur zuzuordnen und hat einen objektiven Maßstab für die Temperatur gefunden. Bei der Messung der Temperatur kann man aber nun nicht so vorgehen, dass man die mittlere Geschwindigkeit der kleinsten Teilchen in einem Stoff ermittelt. Diese Vorgänge spielen sich auf mikroskopischer Ebene ab, der Techniker betrachtet aber Körper auf makroskopischer Ebene. Die für das menschliche Auge unsichtbare Bewegung von Atomen und Molekülen nimmt er nicht wahr.



In allen Behältern befindet sich die gleiche Anzahl an Atomen oder Molekülen. Deren Bewegungsgeschwindigkeit ist mit Hilfe der Pfeillänge dargestellt.

Abbildung 1.1: Molekularbewegung durch Temperaturanstieg

1.1.1 Temperaturskalen

Üblicherweise wird bei uns die Celsiusskala verwendet. Die Temperatur wird hier mit dem Formelbuchstaben ϑ (theta) und der Einheit $^{\circ}\text{C}$ beschrieben. Die Celsius-Skala ergibt sich aus dem Unterschied zwischen dem Schmelzpunkt und dem Siedepunkt von Wasser (bei Normaldruck). Wird dieser Abstand in hundert gleich große Einheiten geteilt, entsteht die Celsius-Skala.

Die SI-Einheit ist allerdings das K (Kelvin) mit dem Formelbuchstaben T . Diese Skala wird für die absoluten Temperaturen verwendet. Die tiefste denkbare, aber unerreichbare Temperatur liegt bei $\vartheta = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, welches auf der absoluten Temperaturskala einen Wert von $T = 0\text{ K}$ entspricht, siehe Abbildung 1.2. Bei dieser Temperatur, dem absoluten Nullpunkt, gibt es keinerlei Molekularbewegung. In der Wärmelehre wird meist mit den Kelvin-Werten gerechnet, da so rechnerisch immer die richtigen Zahlenverhältnisse entstehen.

Für die kältetechnische Praxis können die Nachkommastellen vernachlässigt werden. Man rechnet dann

$$T = \vartheta + 273$$

$$\vartheta = T - 273$$

mit:

T Temperatur in K

ϑ Temperatur in $^{\circ}\text{C}$

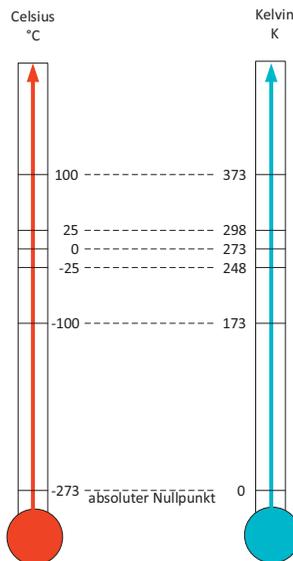


Abbildung 1.2: Vergleich der Celsiusskala und der absoluten Temperaturskala

Bei Temperaturänderungen bzw. bei Größen, die eine Temperaturänderung beinhalten (wie z. B. die spezifische Wärmekapazität eines Stoffs), wird diese in K (Kelvin) angegeben:

- Wasser wird von $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ erwärmt: $35\text{ }^{\circ}\text{C} - 10\text{ }^{\circ}\text{C} = 25\text{ K}$ und nicht $25\text{ }^{\circ}\text{C}$! (wird umgangssprachlich sehr oft falsch verwendet).

- Die Stoffeigenschaft *spezifische Wärmekapazität* enthält einen Bezug zur Temperatur. Sie gibt an, wie viel Wärme benötigt wird, um 1 kg eines Stoffs um 1 K zu erwärmen oder abzukühlen. Zum Beispiel beträgt die spezifische Wärmekapazität von Wasser bei 20 °C · $c = 4,185 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

1.2 Druck

Wirkt eine Kraft F senkrecht auf eine Fläche A , dann wird das Verhältnis dieser beiden Größen als Druck p bezeichnet, siehe Abbildung 1.3. Er wird in der SI-Einheit Pascal (Pa) gemessen.

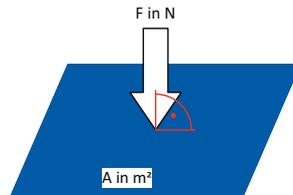


Abbildung 1.3: Schaubild Druckentstehung

$$p = \frac{F}{A}$$

mit:

F Kraft in N

A Fläche in m^2

P Druck in $\text{N}/\text{m}^2 = \text{Pa}$ (Pascal)

Da 1 Pa = 1 N/m^2 einen sehr kleinen Druck beschreibt, wird diese Einheit in der Praxis eher in der Lüftungs- und Klimatechnik verwendet (z. B. beträgt der Druckverlust in einem Luftfilter circa 250 Pa).

Bei großen Werten, wie in der Kältetechnik, wird die um den Faktor 100.000 oder 10^5 erweiterte Einheit Bar (bar) verwendet.

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ Pa} = 100.000 \text{ N}/\text{m}^2 = 1000 \text{ mbar}$$

$$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$$

In der kältetechnischen Praxis sind die in Abbildung 1.4 dargestellten Drücke zu unterscheiden. Der uns umgebende Luftdruck wird als Umgebungsdruck p_{amb} bezeichnet und mit dem Barometer (Luftdruckmessgerät) gemessen. Der Umgebungsdruck p_{amb} ist abhängig von der geodätischen Höhe und den Wetterbedingungen. Den effektiven Überdruck kennzeichnet man mit dem Formelzeichen p_e seine Messung erfolgt immer mit einem Manometer. Der absolute Druck p_{abs} ist der gegenüber dem absoluten Vakuum $p = 0 \text{ Pa}$ gezählte Druck. Rechnerisch ergibt sich $p_e = p_{\text{abs}} - p_{\text{amb}}$ als Zusammenhang der Druckarten, wie Abbildung 1.4 verdeutlicht. In Diagrammen und Dampftafeln bedeutet p auch ohne Index immer den absoluten Druck. Gemessen wird in der Regel der Überdruck (mit dem Manometer), gerechnet wird mit dem Absolutdruck.

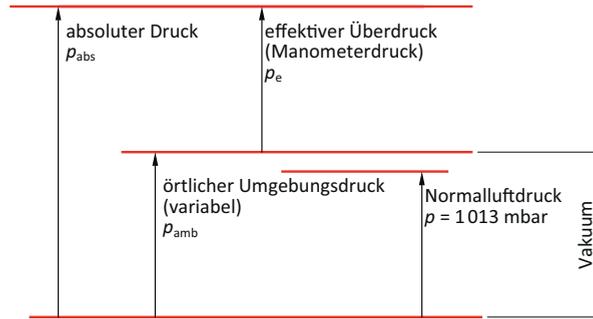


Abbildung 1.4: Druck und Drucklagen

1.2.1 Druck durch feste Körper auf den Untergrund

Stellt man einen Verflüssiger – wie z. B. in Abbildung 1.5 dargestellt – auf das Dach eines Gebäudes, dann verteilt sich der Druck durch die Gesamtmasse auf die vier Montagefüße. Der dabei entstehende Druck auf die Dachkonstruktion darf einen Maximalwert nicht überschreiten, da die Dachhaut sonst beschädigt werden kann.



Abbildung 1.5: Luftgekühlter Verflüssiger (Werkbild: Güntner GmbH & Co KG)

Betrachten wir einen Verflüssiger mit einer Gesamtmasse von 720 kg. Die Füße haben eine rechteckige Fläche von 100 mm × 50 mm. Mit welchem Druck wird die Dachhaut belastet?

$$F = m \cdot g = 720 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7063 \text{ N} \quad \text{also je Fuß : } F = 1766 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{1766 \text{ N}}{0,1 \text{ m} \cdot 0,05 \text{ m}} = 353200 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Üblicherweise wird diese Angabe in der Bautechnik als N/m² beibehalten. Umgerechnet wäre dies ein Wert von $p = 3,53 \text{ bar}$. Die Maximalwerte müssen mit dem Bauplaner abgeglichen werden.

1.5 Kreisprozesse in Kälteanlagen

Zustandsgrößen wie Druck und Temperatur eines Kältemittels können sich durch äußere Einflüsse ändern, womit sich auch die Enthalpie des Kältemittels als Ausdruck für seine Arbeitsfähigkeit ändert.

Wird in einem thermodynamischen Prozess durch das Aufeinanderfolgen mehrerer Zustandsänderungen wieder der Ausgangszustand erreicht, dann ist dies ein (geschlossener) Kreisprozess.

Der Kältemittelkreislauf stellt einen solchen Kreisprozess dar. Ein Kältemittel ist ein Arbeitsmedium, das in einem geschlossenen Kreislauf (Kälteanlage oder Wärmepumpe) zur Wärmeübertragung eingesetzt wird. Es nimmt bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck durch Verdampfen Wärme auf und gibt bei höherer Temperatur und höherem Druck durch Verflüssigen Wärme wieder ab. Verdichter, Verflüssiger, Drosselorgan, Verdampfer sind die Hauptbestandteile in jeder Kälteanlage. Aus dem Prozessablauf ergibt sich zwangsweise eine Reihenfolge, in der das Arbeitsmittel die vier genannten kältetechnischen Baugruppen durchlaufen muss. Die einzelnen Baugruppen sind in der Kälteanlage durch ein Rohrsystem miteinander verbunden:

- Der *Kältemittelverdichter* erzeugt den hohen Druck, die Temperatur des Kältemittelgases steigt an.
- Ein *Verflüssiger* gibt bei hohem Druck und hoher Temperatur Wärme ab.
- Das *Drosselorgan* senkt danach den Druck wieder ab, gleichzeitig fällt die Temperatur des Kältemittels.
- Im *Verdampfer* wird bei niedrigem Druck und tiefer Temperatur Wärme aufgenommen.

In Abbildung 1.62 sehen wir einen Durchlauf des Kältemittels durch den einfachen Kreislauf mit dem zugehörigen Druck- und Temperaturveränderungen. Die eingezeichneten Druck- und Temperaturverläufe gelten so unter den Voraussetzungen, dass das Kältemittel ein Reinstoff und kein Gemisch ist und dass es in Rohrleitungen und Wärmeübertragern zu keinen Druckverlusten kommt. In der Anlage kann man dann zwei Drücke messen: Auf der Niederdruckseite (ND) ermittelt man vor oder nach dem Verdampfer den Verdampfungsdruck p_e (Hinweis: Index e steht für evaporator, nicht zu verwechseln mit dem effektiven Überdruck p_e). Auf der Hochdruckseite (HD), vor oder nach dem Verflüssiger, wird der Verflüssigungsdruck p_c (Index c steht für condenser) gemessen. Bei einem reinen Stoff ist die Verdampfungs- bzw. Kondensationstemperatur (grüner Verlauf) nur abhängig vom Druck (schwarz) und verläuft daher parallel zur Drucklinie (grün/schwarz gestrichelt). Im letzten Teil des Verdampfers steigt die Temperatur bei konstantem Druck an, das Kältemittel wird überhitzt. Das überhitzte und daher sicher dampfförmige Kältemittel wird vom Verdichter angesaugt. Durch die Verdichtung steigen der Druck und auch die Temperatur, sodass zum Verflüssiger stark überhitztes Gas gelangt. Im Verflüssiger gibt das Kältemittel bei konstantem Druck Wärme an die Umgebung ab. Im ersten Teil kühlt dabei das überhitzte Gas auf die zum Druck p_c gehörige Verflüssigungstemperatur ab. Anschließend findet die eigentliche Verflüssigung (grün/schwarz gestrichelt) mit einer leichten Unterkühlung statt, sodass die Temperatur des Mediums unterhalb der Verflüssigungstemperatur liegt. Das unterkühlte Kältemittel (sicher ohne Dampfanteile) strömt durch die Flüssigkeitsleitung zum Drosselorgan. Beim Durchströmen des Drosselorgans sinkt der Druck des Kältemittels sehr schnell ab. Mit dem Absinken auf den Verdampfungsdruck fällt auch die Temperatur auf die zum Druck gehörende Verdampfungstemperatur (grün/schwarz gestrichelt). Dabei bildet sich schon ein kleiner Dampfanteil, das sogenannte *Flashgas*. Der größere Flüssigkeits-

anteil kann im Verdampfer durch Wärmeaufnahme aus der Umgebung beim Druck p_e und der dazugehörigen Temperatur verdampfen. Am Ende des Verdampfers erreicht das Kältemittel wieder den überhitzten Zustand.

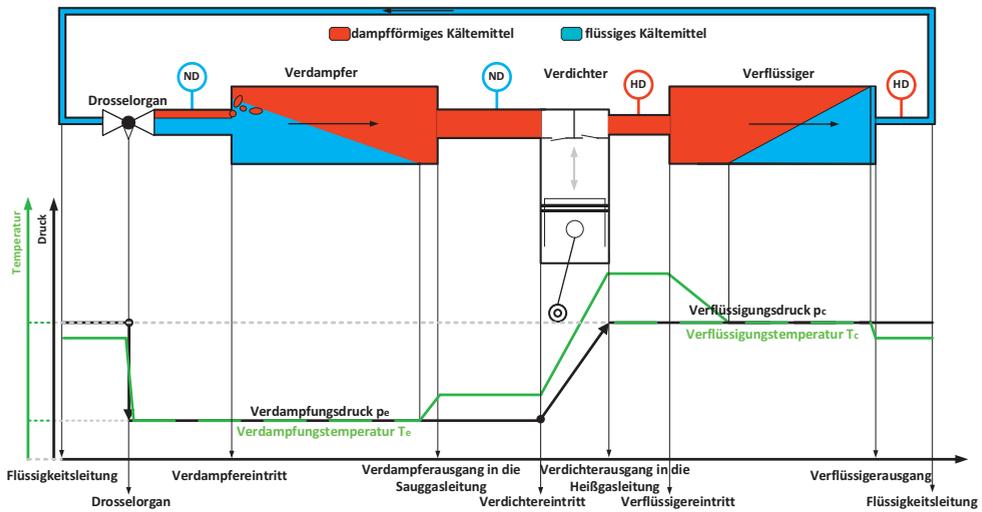


Abbildung 1.62: Druck- und Temperaturverlauf im Kältemittelkreislauf

Die Aufgabe des/der Kältemonteurs/in ist es, die einzelnen Komponenten der Anlage so zusammenzuführen, dass sie unter den jeweils festgelegten Betriebsbedingungen einwandfrei und betriebswirtschaftlich sinnvoll arbeiten. Für die Rohrleitungen zwischen den Hauptkomponenten sind folgende Bezeichnungen üblich:

- Sauggasleitung vom Verdampfer zum Verdichter
- Heißgasleitung vom Verdichter zum Verflüssiger
- Kondensatleitung vom Verflüssiger zum Sammler (wenn vorhanden)
- Flüssigkeitsleitung vom Verflüssiger/Sammler zum Drosselorgan
- Einspritzleitung vom Drosselorgan zum Verdampfer

Da sich innerhalb der vier Hauptkomponenten die Zustandsgrößen des Kältemittels ändern, müssen auch die daran angeschlossenen Rohrleitungen unterschiedlich dimensioniert werden – passend zum jeweiligen Kältemittelzustand. Die eigentliche Berechnung und Auslegung der Einzelkomponenten und auch die Rohrdimensionierung führt der Planer aus. Ein/e Monteur/in muss allerdings beurteilen können, ob die geplante Anlage nach der Inbetriebnahme optimal funktioniert. Zustandsgrößen des Kältemittels müssen gemessen und bewertet werden, sodass Fehler innerhalb des Kältemittelkreisprozesses zu erkennen sind. Dafür ist es im Vorfeld hilfreich, zu wissen, welche Größen zu erwarten sind, und diese dann auch überprüfen zu können. Diese Zustandsgrößen für Kältemittel ändern sich nach thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten und, weil ein Kreisprozess durchlaufen wird, bestehen für alle Änderungen direkte Abhängigkeiten.

Ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, sich die unterschiedlichen Zustandsänderungen und -größen im Kältemittelkreislauf zu verdeutlichen, bietet das log p,h-Diagramm von R. Mollier (Deut-

scher, 1863–1935). Thermodynamische Zusammenhänge lassen sich hierin einfach darstellen, voneinander abhängige Zustandswerte können eingetragen, abgelesen und kontrolliert werden.

1.5.1 Aufbau des log p,h-Diagramms

Im Kapitel 1.4 ist das Erwärmungsdiagramm, speziell für Wasser bei einem Druck von $p = 1013 \text{ mbar}$, vorgestellt worden. Nimmt man jetzt nur den oberen Teil des Diagramms aus Abbildung 1.63, den Übergang flüssig-gasförmig, und verallgemeinert dies für andere Stoffe, wie z. B. für Kältemittel, ergibt sich bei einem vorgegebenen Druck der in Abbildung 1.64 gezeichnete Verlauf.

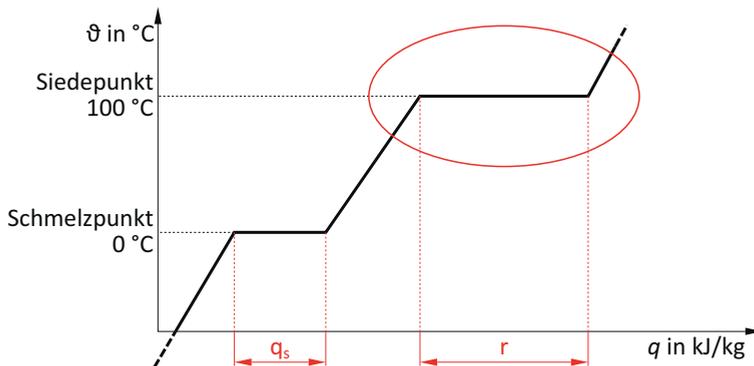


Abbildung 1.63: Erwärmungsdiagramm von Wasser bei Umgebungsdruck von 1,013 bar

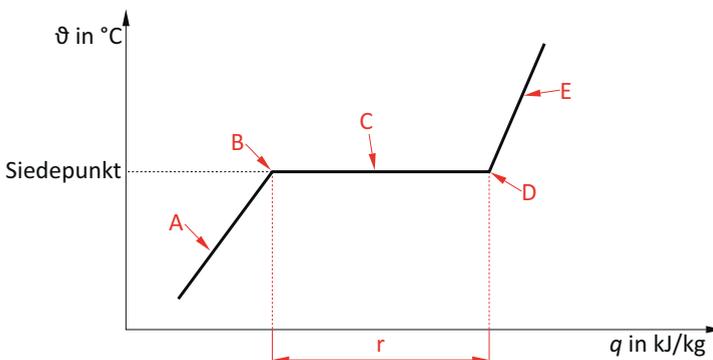


Abbildung 1.64: Ausschnitt Verdampfen/Verflüssigen für ein beliebiges Arbeitsmedium

Die Zustände des Arbeitsstoffs beim Übergang von der Flüssigkeit in den Dampf und umgekehrt sind wie folgt definiert:

- A) unterkühlte Flüssigkeit: Flüssigkeit unterhalb der Siedetemperatur
- B) gesättigte Flüssigkeit: 100 % Flüssigkeit bei Sättigungstemperatur = Siedetemperatur
- C) Nassdampf: ein Gemisch aus Flüssigkeit und Dampf bei Siedetemperatur; der Dampfgehalt x gibt an, wie hoch der Dampfanteil ist, z. B. $x = 0,4$ (= 40 % Dampf)

D) Sattdampf oder gesättigter Dampf: 100 % Dampf bei Siedetemperatur

E) überhitzter Dampf: Dampf oberhalb der Siedetemperatur

Wird der Übergang von unterkühlter Flüssigkeit bis zum überhitzten Dampf (A–C–E in Abbildung 1.64) für unterschiedlich hohe Drücke und damit auch unterschiedlichen Siedetemperaturen gezeichnet, lassen sich die Eckpunkte B und D zu Kurven verbinden.

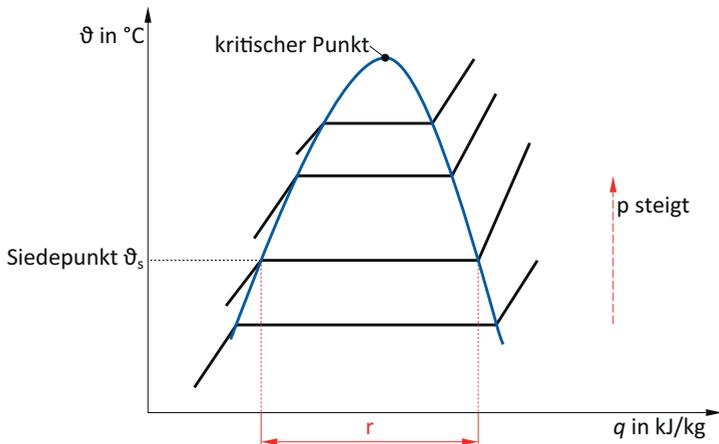


Abbildung 1.65: Erwärmungsdiagramm eines Arbeitsstoffs bei unterschiedlichen Drücken

Die linke Grenzkurve, die Verbindung der Punkte B für gesättigte Flüssigkeit, bildet die sogenannte Siedelinie. Diese Linie erhält als Index ein $'$. Die Verbindungslinie der Punkte D für Sattdampf stellt die Taulinie dar. Diese bekommt den Index $''$. Dazwischen befindet sich das Nassdampfgebiet.

$$q'' - q' = r$$

Die spezifische Verdampfungswärme r in kJ/kg wird zwischen den beiden Eckwerten B und D bei einer konstanten Siedetemperatur berechnet. Der Dampfgehalt x innerhalb des Nassdampfgebiets steigt proportional zur zugeführten (spezifischen) Wärme q .

In der Kältetechnik benutzt man statt des dargestellten Erwärmungsdiagramms aus Abbildung 1.64 vorzugsweise das Druck-Enthalpie-Diagramm eines Kältemittels. In diesem Diagramm ist dann nicht mehr die reine spezifische Wärme q , sondern die spezifische Enthalpie h als Gesamtenergiezufuhr bzw. -abgabe in Form von Wärme und mechanischer Energie abzulesen. Die obige Formel lautet dann:

$$h'' - h' = r$$

Außerdem werden die Temperatur- und Druckachsen getauscht. Damit man große und kleine Druckwerte gleichzeitig in einem Diagramm darstellen kann, ist die Druckachse logarithmisch skaliert. Kältemittelkreisprozesse lassen sich mit diesem Diagramm leicht veranschaulichen und Betriebsdaten einer Kälteanlage gut ablesen, um damit grundlegende Berechnungen durchzuführen. In der Gesamtheit sieht ein solches log p,h-Diagramm wie folgt aus (hier für das Kältemittel R134a):

3 Hauptteile einer Kälteanlage oder Wärmepumpe

3.1 Kältemittelverdichter

Der Kältemittelverdichter wird oft als Herz der Kälteanlage bezeichnet und erfüllt daher im Kältemittelkreislauf zwei Aufgaben:

- Der Verdichter erhöht den Druck in der Anlage vom Verdampfungsdruck p_e auf den Verflüssigungsdruck p_c und
- er sorgt dafür, dass das Kältemittel durch Bauteile und Rohrleitungen zirkulieren kann.

Betrachten wir zwei typische Anwendungen: einen Verdichter, montiert in einem Klimasplitgerät, und einen Verdichter für die Tiefkühlanwendung. Diese Beispiele zeigen, wie unterschiedlich Kältemittelverdichter in ihrem technischen Aufbau sein können, wenn sie ordnungsgemäß für die jeweilige kältetechnische Anwendung ausgewählt werden.

Im ersten Anwendungsbeispiel sehen wir in Abbildung 3.1 das Klimaaußengerät. Der im Bild eingekreiste Verdichter (mit Dämmung) ist ein vollhermetischer Rollkolbenverdichter mit einer Heißgaskühlung für den Verdichtermotor. Dies bedeutet, dass das ankommende Sauggas zunächst direkt in den eigentlichen Verdichtungsteil (hier Rollkolben) gelangt. Erst nach der Verdichtung wird das Heißgas (praxisnahe Werte: 60 °C bis 70 °C) zur „Kühlung“ über den Motor geleitet. Die Drehzahl des Motors kann stufenlos verändert werden.



Abbildung 3.1: Kältemittelverdichter in einer Mono-Split-Außeneinheit

Das zweite Beispiel (siehe Abbildung 3.2) ist ein CO₂-Kältemittelverdichter für die Tiefkühlanwendung. Wir sehen hier einen halbhermetischen Hubkolbenverdichter mit einer Sauggaskühlung für den Motor. Hier strömt das vom Verdampfer kommende sehr kalte Sauggas zur effektiven Kühlung direkt über den Motor. Das Verdichtergehäuse ist für den sehr hohen Druck einer CO₂-Anlage ausgelegt. Ein Elektromotor (elektrischer Anschluss 3 ~/N/PE230-400 V/50 Hz) sorgt bei diesem Modell für den Antrieb.



Abbildung 3.2: CO₂-Verdichter (Werkbild: Bock GmbH)

Dies sind nur zwei Beispiele für unterschiedliche in der Praxis eingesetzte Kältemittelverdichter. Die vielfältigen technischen Zusammenhänge, einen Verdichter passend zur jeweiligen Anwendung zu finden, ist gut mit einer Mindmap darzustellen. Auf die einzelnen Aspekte Bauform, Bauart, Einsatzbereiche, Kältemittel- und Öltransport und die elektrischen Anschlüsse wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels eingegangen.

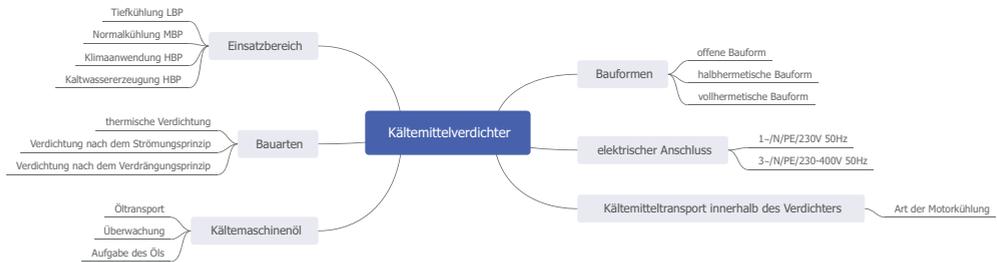


Abbildung 3.3: Mindmap Kältemittelverdichter

3.1.1 Bauformen von Kältemittelverdichtern

In der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik kommen mit den offenen, halbhermetischen und vollhermetischen Kältemittelverdichtern drei unterschiedliche Bauformen zur Anwendung. Grundsätzlich sind bei diesen Verdichtern immer zwei technische Baugruppen zu verbinden:

- der eigentliche Verdichtungsteil und
- der Antriebsmotor.

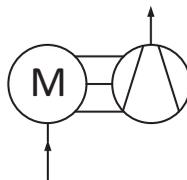


Abbildung 3.4: Verdichter (allgemein, halb- oder vollhermetisch) mit Antriebsmotor (Flussrichtung) nach DIN EN 1861

Für die drei genannten Bauformen gibt es spezifische kältetechnische Anwendungen mit entsprechenden Vor- und Nachteilen für den Kältemittelkreislauf und natürlich auch für diejenigen, die Montagen und Reparaturen durchzuführen haben. So sind z. B. die Anschlüsse der Sauggasleitung und der Heißgasleitung bei den Verdichterbauformen unterschiedlich angeordnet.

3.1.1.1 Offene Bauform

Offene Kältemittelverdichter sind Verdichter, deren Antriebsmotor getrennt vom eigentlichen Verdichtungsteil installiert wird. So kommt der Antriebsmotor mit dem Kältemittel nicht in Kontakt. Als Antriebsmotoren können Standard-Elektromotoren eingesetzt werden oder Verbrennungsmotoren, wie zum Beispiel in Kraftfahrzeugen. Der Antrieb für den Verdichterteil erfolgt über eine Keilriemenscheibe oder über eine direkte Kupplung zwischen dem Motor und der anzutreibenden Welle des Kältemittelverdichters.

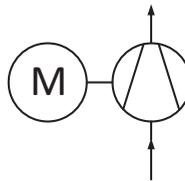


Abbildung 3.5: Darstellung offener Kältemittelverdichter nach DIN EN 1861

Der Motor wird völlig fremdgekühlt, d. h., die Motorwärme gelangt nicht in den Kältemittelkreislauf. Der Motor kann ohne Rücksicht auf Anforderungen des Kältemittels und des Öls ausgewählt werden. Da der Motor außerhalb des Kältemittelkreislaufs liegt, wird die Sauggasleitung direkt am Verdichter angeschlossen. Für Ammoniak-Anlagen ist die offene Bauform wegen der korrosiven Wirkung des NH_3 auf Kupfer zwingend erforderlich. Reparaturen bzw. ein Austausch, speziell des Elektromotors, sind relativ einfach und können von einer Elektrofachkraft ausgeführt werden, da kein Eingriff in den Kältemittelkreislauf erfolgt.

In stationären Kälteanlagen (außer NH_3) ist die offene Bauform wegen der potenziellen Undichtigkeit an der Antriebswelle und der damit verbundenen Umweltproblematik durch austretendes Kältemittel nicht für eine Installation zu empfehlen.

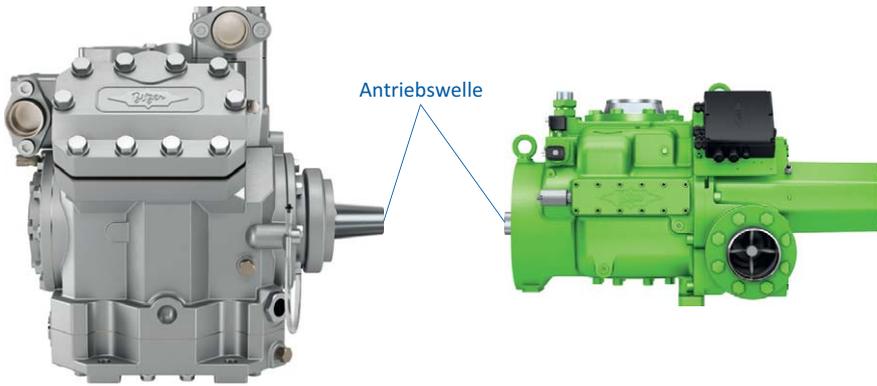
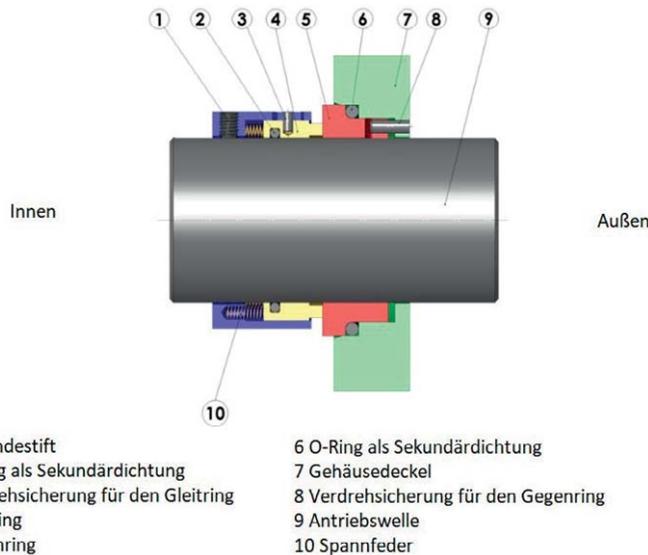


Abbildung 3.6: Offene Kältemittelverdichter ohne Antriebsmotor (Werkbilder: Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH)

Um ein Austreten von Kältemittel an der sich drehenden Welle des Verdichters zu verhindern, wird zwischen Welle und Verdichtergehäuse eine sog. Gleitringdichtung angebracht. Eine solche dynamisch belastete Dichtung, insbesondere bei hohen Drehzahlen, ist eine Quelle von Undichtigkeiten und bedarf daher besonderer Aufmerksamkeit bei der Installation und bei der vorbeugenden Instandhaltung.



- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 Gewindestift | 6 O-Ring als Sekundärdichtung |
| 2 O-Ring als Sekundärdichtung | 7 Gehäusedeckel |
| 3 Verdrehsicherung für den Gleitring | 8 Verdrehsicherung für den Gegenring |
| 4 Gleitring | 9 Antriebswelle |
| 5 Gegenring | 10 Spannfeder |

Abbildung 3.7: Aufbau der Gleitringdichtung

Die Versorgung der Gleitringdichtung von innen mit dem Kältemaschinenöl ist für die Abdichtung von besonderer Bedeutung. Nur ein dauerhafter Ölfilm zwischen Welle und Gleitring und ein weiterer zwischen dem Gleit- und dem Gegenring sorgen für eine sichere Funktion des gesamten Dichtungselements. Häufig wird der innere O-Ring durch einen Profildichtring ersetzt, welcher sich dann durch den Öldruck im Profil besser an die Welle anlegt. Eine geringe Ölleckage

ge an der Gleitringdichtung ist normal, die austretenden Ölmengen werden meist durch einen kleinen Ölschlauch aufgefangen, welcher bei der nächsten vorbeugenden Instandhaltung entleert werden kann.

Bei der Erstinstallation eines offenen Verdichters mit Keilriemenantrieb ist es wichtig, Verdichter und Antriebsmotor exakt zueinander auszurichten und die Keilriemenspannung zu prüfen. Sind die Riemenscheiben nicht genau parallel zueinander ausgerichtet, nutzt sich nicht nur der Keilriemen verstärkt ab, sondern die Antriebswelle des Verdichters läuft auch exzentrisch, sodass die Gleitringdichtung in Mitleidenschaft gezogen und undicht wird. Dasselbe passiert bei zu großer Keilriemenspannung.

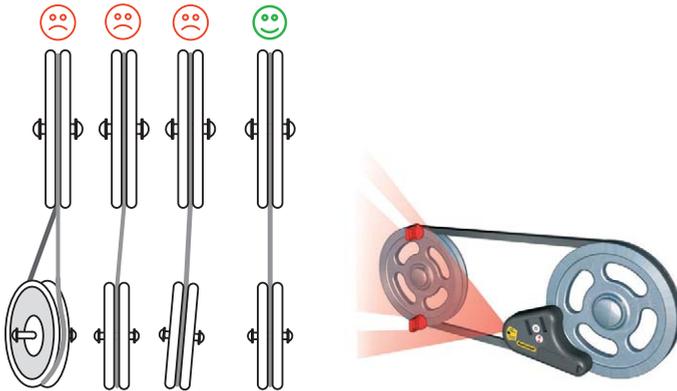


Abbildung 3.8: Keilriemenscheiben ausrichten (rechts: Werkbild: Easy-Laser AB)

Ein Wechsel der Gleitringdichtung erfordert grundsätzlich ein sehr sauberes Arbeiten. Man wechselt Gleitringdichtungen immer nur komplett, ohne dabei Einzel- oder gebrauchte Teile zu verwenden. Der Verdichter muss zunächst drucklos gemacht werden, um danach die Riemenscheibe zu demontieren. Von außen nach innen arbeitend, entfernt man nun den Gehäusedeckel und danach die Einzelteile der alten Gleitringdichtung.

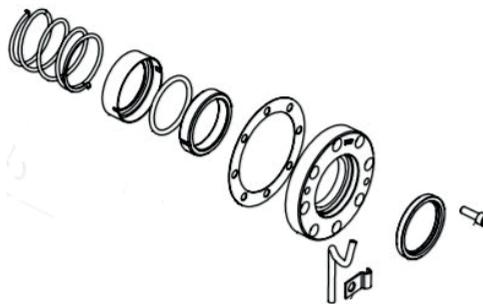


Abbildung 3.9: Demontage Gleitringdichtung (Werkbild: Bock GmbH)

Achtung: Beim Ausbau darf die Welle oder der äußere Sitz der Dichtung nicht beschädigt werden. Beim Einbau müssen alle Gleit- und Dichtflächen sauber und staubfrei sein. Zur einfachen Montage erhalten alle einzubauenden Teile einen dünnen Ölfilm mit dem passenden Öl des Verdichters. Der Zusammenbau erfolgt unter Beachtung von Einbaurichtung und Einbaulage.