

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*.

Abkühlung

Kühlung ohne Änderung des Aggregatzustands, z. B. Wasserrückkühlung, Bierkühlung, Milchkühlung, Solerrückkühlung, 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. Abtauung) 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-Dampfgemisches und der Bevorratung des flüssigen Kältemittels bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen (Abpufferung). → *Pumpenbetrieb*.

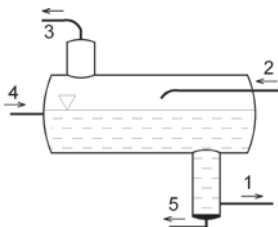


Bild 2: Abscheidesammler für NH_3 mit Dampfdom (Prinzip): 1 Kältemittelflüssigkeit zu den Verdampfern (Pumpenzwangsumlauf), 2 Flüssigkeits-Dampfgemisch von den Verdampfern, 3 Dampf zum Verdichter, 4 Nassdampf vom Hochdruckschwimmer-Regler, 5 Ölumpf mit Ölabblass-/rückführung.

Abschlämmung

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 (Abschlämmung). 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 → *Absorptionskälteanlage*/eines → *Absorptionskälteapparats*, in dem der Kältemit-

teldampf von der kältemittellarmen Lösung unter Wärmeabfuhr aufgenommen wird.

Absorber 2

Bezeichnung für einen Kühlschrank nach dem → *Absorptionsprinzip*. → *Absorptionskälteapparat*.

Absorption

Aufnahme von Gasen/Dämpfen durch Flüssigkeiten oder feste Körper, z. B. kann 1 Liter Wasser bei 0 °C über 1 000 Liter Ammoniak absorbieren, bei höheren Temperaturen weniger. Auf dieser Tatsache beruht das → *Absorptionsprinzip* für die Kälteerzeugung.

Absorptionskälteanlage (AKA)

Kälteerzeugung nach dem → *Absorptionsprinzip*. Als Arbeitsstoffpaare (Kältemittel/Absorptionsmittel) werden Ammoniak/Wasser und Wasser/Lithiumbromidlösung verwendet. Die Abbildung zeigt das Prinzip der Absorptionskälteanlage (AKA) mit Ammoniak/Wasser:

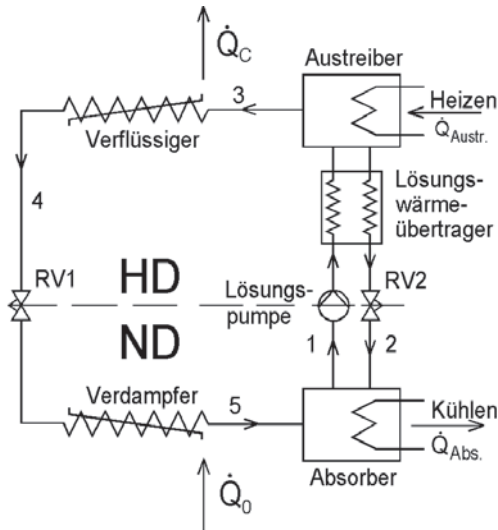


Bild 4: Prinzip der Absorptionskälteanlage mit Ammoniak/Wasser: Kältemittelkreislauf links, Lösungskreislauf rechts, Hochdruckseite oben (HD), Niederdruckseite unten (ND): 1 NH₃-reiche Lösung, 2 NH₃-arme Lösung, 3 NH₃-Dampf, 4 NH₃-Flüssigkeit, 5 NH₃-Dampf, RV1 Regelventil NH₃, RV2 Regelventil reiche Lösung.

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 gekühlt (\dot{Q}_{Abs}). Damit die Konzentration der Lösung im Absorber auf niedrigem Niveau bleibt, wird ständig eine Teilmenge dieser NH₃-reichen Lösung über die Lösungspumpe in den unter Verflüssigungsdruck stehenden Austreiber gefördert. Dort wird beheizt (\dot{Q}_{Austr}), sodass Ammoniak wieder ausgetrieben wird. Die NH₃-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 NH₃-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 Verdichterkälteanlage (VKA). Man spricht deswegen auch von einem thermischen Verdichter. Der ausgetriebene Ammoniakdampf enthält noch zu viel Wasserdampf und wird deswegen anschließend rektifiziert (Dephlegmator, Rektifikator, nicht eingezeichnet). Danach strömt er zum Verflüssiger, wo wie bei der VKA der Phasenwechsel eintritt, sodass die Flüssigkeit nach dem Drosselorgan (RV1) wieder zur Verdampfung zur Verfügung steht.

Unter Vernachlässigung des relativ kleinen Wärmeäquivalents der Lösungspumpe lautet die Wärmebilanz der Absorptionskälteanlage:

$$\dot{Q}_0 + \dot{Q}_{\text{Austr}} = \dot{Q}_c + \dot{Q}_{\text{Abs}}$$

Dabei ist $\dot{Q}_0 \approx \dot{Q}_H$.

Zur Bewertung der Effektivität ist das Wärmeverhältnis $\xi \approx \dot{Q}_0 / \dot{Q}_H$ interessant, d. h. die Frage, wie viel Kälteleistung im Verhältnis zur Heizleistung erbracht wird. Für tiefe Verdampfungstemperaturen ($t_0 = -50$ °C) liegt ξ bei etwa 0,3 für $t_0 > 0$ °C bei etwa 0,6 bis 0,7, d. h., man benötigt im Verhältnis zur VKA mehr Energie zur Kälteerzeugung. Jedoch handelt es sich nicht um hochwertige Elektroenergie (Kraftwerks-

verluste), wie sie zum Antrieb der Verdichter erforderlich ist, sondern um Wärmeenergie. AKA rechnen sich deshalb vor allem dort, wo preiswerte Wärmeenergie zur Verfügung steht, z. B. Abwärme aus industriellen Prozessen in der Chemieindustrie, in Betrieben mit Kraft/Wärme/Kältekopplung (Brauereien, Zuckerfabriken) usw.

Ammoniak-AKA können einstufig Kälte bis $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ bereitstellen und werden individuell nach Anwendung in Größen bis zu mehreren MW hergestellt.

Bei LiBr-AKA ist Wasser das Kältemittel. Sie arbeiten deshalb im Vakuum und oberhalb $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ihr Einsatzgebiet ist die Kaltwassererzeugung (Klimatechnik), hauptsächlich im Bereich großer Leistungen bis mehrere MW.

AKA erfordern höhere Investitionskosten als VKA. Demgegenüber stehen ihre generellen Vorteile: geringer Verbrauch an elektrischer Energie, hohe Betriebssicherheit, geringer Wartungsaufwand und Verschleiß, ölfreier Betrieb, preiswertes Kältemittel, praktisch geräuschfreie Arbeitsweise u. a.

Absorptionskälteapparat

Die Anwendung des \rightarrow *Absorptionsprinzips* bei kleinsten Leistungen (Haushaltskühlschränke usw.) erfolgt mit dem Absorptionskälteapparat nach v. Platen/Munters mit dem Stoffpaar Ammoniak/Wasser und Wasserstoff als Hilfsgas. Dieser Apparat erfordert keine Lösungspumpe zwischen Absorber und Austreiber. Der Transport erfolgt durch die Dichteunterschiede zwischen dem NH_3 -reichen und dem NH_3 -armen Gas:

Vom Verflüssiger (3) strömt flüssiges Ammoniak zum Verdampfer (4), wo es auf NH_3 -armen Wasserstoff mit geringem NH_3 -Partialdruck trifft, sodass es bei tiefer Temperatur verdampft. Dadurch reichert sich das Hilfsgas mit Kältemitteldampf an, und das Gasgemisch sinkt aufgrund seiner höheren Dichte zum Absorber (6) ab. Im Gaswärmeübertrager (5) kühlt es dabei das wärmere, vom Absorber kommende NH_3 -arme Hilfsgas. Die im Gegenstrom durch den Absorber rieselnde NH_3 -arme Lösung nimmt das Kältemittel auf und reichert sich dabei an. Das NH_3 -

arme Hilfsgas strömt wieder zum Verdampfer zurück (Ltg. D). Die reiche Lösung fließt über einen Wärmeübertrager (7), wobei sie von der vom Austreiber zurückfließenden, wärmeren NH_3 -armen Lösung Wärme aufnimmt, zum Austreiber (1). Schon vor dem eigentlichen Austreiber wird die Lösung aufgeheizt (9), sodass sich Gasblasen bilden, die die Lösung nach oben reißen (Thermosiphonwirkung). Dadurch ist die NH_3 -reiche Lösung in der Lage, den Höhenunterschied Δh zum Austreiber zu überwinden (Ltg. E). Im Austreiber wird das Kältemittel durch Beheizen ausgetrieben und strömt nach oben in den Flüssigkeitsabscheider, wo mitverdampfte Wasseranteile kondensieren und zurückfließen. Reiner Ammoniakdampf strömt nun zum Verflüssiger, um dort bei hohem Druck zu verflüssigen.

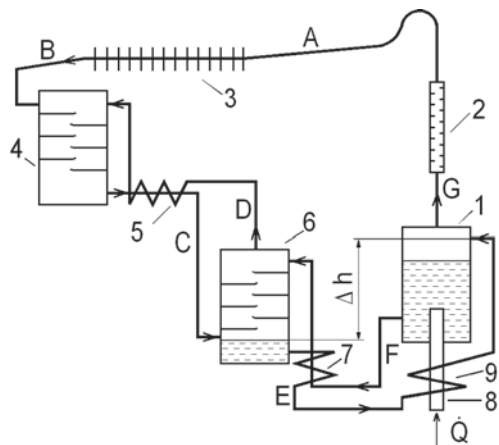


Bild 5: Prinzip des Absorptionskälteapparates nach v. Platen/Munters: 1 Austreiber (Kocher), 2 Wasserabscheider, 3 Verflüssiger, 4 Verdampfer, 5 Gaswärmeübertrager, 6 Absorber, 7 Flüssigkeitswärmeübertrager, 8 Heizung, 9 Thermosiphonpumpe, A: NH_3 -Dampf, B: NH_3 flüssig, C: NH_3 -reiches Gas, D: NH_3 -armes Gas, E: NH_3 -reiche Lösung, F: NH_3 -arme Lösung, G: NH_3 -Dampf mit Wasserdampfanteilen.

Der Wasserstoff wirkt dabei druckausgleichend. Durch seine Anwesenheit ist der Gesamtdruck überall gleich hoch, und dennoch ist der Ammoniak-Partialdruck im Verflüssiger hoch und im Verdampfer niedrig. Für einen Gesamtdruck von z. B. 12 bar ergeben sich etwa folgende Partialdrücke:

Druck in bar bei:	Ammoniak	Wasserstoff	Wasserdampf	Summe
A	12	0	0	12
B	12	0	0	12
C	3	9	0	12
D	1	11	0	12
G	10,5	0	1,5	12

Kleinkühlgeräte nach diesem Prinzip werden benutzt für Wohnwagen und Boote (Austreiber kann elektrisch oder mit Gas beheizt werden) für Camping, in Hotels (geräuschloser Betrieb) und zum Transport von Blutkonserven. Absorber-Kühlschränke mit Tiefkühlfach kühlen auf zwei Temperaturniveaus (gestufte Anreicherung des Hilfgases = unterschiedliche Verdampfungsdrücke) und benötigen ca. 30 % mehr elektrische Energie als Verdichterkühlschränke mit Tiefkühlfach. Dafür arbeiten sie geräuschlos und verschleißfrei. Ihr Marktanteil liegt bei etwa 5 Prozent.

Absorptionskältemaschine

Dampfkältemaschine, bei der der Kältemitteldampf von einer Flüssigkeit absorbiert und aus dieser bei höherem Druck durch Wärmezufuhr wieder ausgetrieben wird. → *Absorptionsprinzip*.

Absorptionsprinzip

Absorptionskältemaschinen verwenden Zweistoffgemische (Arbeitsstoffpaare, bestehend aus Kältemittel und Absorptionsmittel) zur Kälteerzeugung und nutzen das temperaturabhängige Absorptionsvermögen, das mit steigender Temperatur sinkt. Das Kältemittel wird bei niedriger Temperatur (und niedrigerem Druck) von einem Absorptionsmittel aufgenommen und bei höherer Temperatur (und höherem Druck) wieder abgegeben. Auf der Verdampferseite wird der zur Verdampfung erforderliche niedrige Druck dadurch gewährleistet, dass der entstehende Kältemitteldampf ständig vom Absorptionsmittel aufgenommen wird, auf der Verflüssigerseite der hohe Druck dadurch, dass ständig Kältemitteldampf aus dem Absorptionsmittel durch Beheizen ausgetrieben wird. Für die Druckdiffe-

renz im Absorptionsmittelkreislauf sorgen eine Lösungspumpe und ein Drosselventil. → *Absorptionskälteanlage*, → *Absorptionskälteapparat*.

Absorptionsstrecke

Auch weniger treffend Befeuchterstrecke genannt; bei Geräten zur → *Luftbefeuchtung* die Strecke nach der Befeuchtungsstelle, die zur vollständigen Absorption des Wasseraerosols durch die Luft bzw. Vermischung des Wasserdampfes mit der Luft nötig ist. Die Absorptionsstrecke ist gemäß Herstellerangaben zu ermitteln. Bei Nichtbeachtung kommt es zur Bildung nasser Flächen mit entsprechenden Hygieneproblemen.

Absorptionswärmepumpe

→ *Wärmepumpe* nach dem → *Absorptionsprinzip*. Größere Anlagen arbeiten mit Ammoniak/Wasser wie eine → *Absorptionskälteanlage*, solche für kleinere Leistungen (Wohngebäudebeheizung) mit Ammoniak/Wasser sowie Wasserstoff als Hilfgas wie ein → *Absorptionskälteapparat*. Sie werden mit Gas beheizt und bringen gegenüber dem Gasheizkessel aufgrund der Nutzung einer → *Wärmequelle* 40–50 % höhere Heizleistung bei gleichem Gaseinsatz.

Absperrventile

Absperrventile befinden sich im Kältemittelkreislauf kleiner und mittlerer Anlagen üblicherweise beidseitig am Verdichter und am Sammlerausgang. Sie werden im Servicefall benötigt. Bei weit verzweigten Rohrleitungssystemen und langen Rohrleitungen sollten in angemessenen Abständen in allen Leitungen Absperrventile angeordnet werden, um für die Wartung, den Service sowie den Störfall nur den Leitungsteil außer Betrieb nehmen zu können, in dem die entsprechenden Arbeiten ausgeführt werden müssen. Der → *Druckabfall* ist stets zu berücksichtigen und von Schrägsitzventilen (s. Bild 6) geringer als der von solchen mit senkrecht zur Strömungsrichtung angeordnetem Sitz. Im Gegensatz zum → *Kugelabsperrhahn* ist bei Absperrventilen auf die Durchflussrichtung zu achten.

Ventile, die betriebsmäßig nicht betätigt werden sollen, sind vor Betätigung durch Unbefugte zu

sichern, z. B. durch Kappen, Muffen oder Schlösser, die von Befugten nur mittels Werkzeug betätigt werden können. → *Serviceventil*.

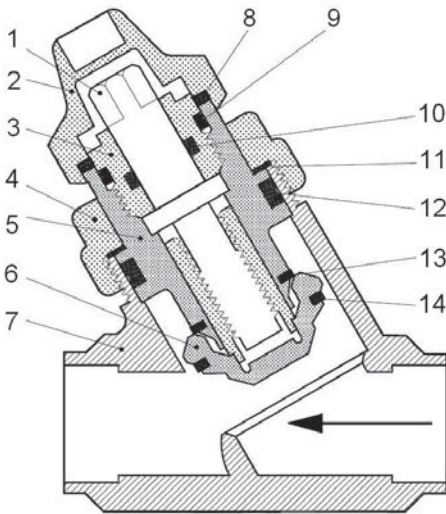


Bild 6: Absperrentil mit schrägem Ventil Sitz (Danfoss): 1 Spindel, 2 Kopfmutter, 3 Dichtungsschraube, 4 Deckel, 5 Stopfbuchse, 6 Kegel, 7 Ventilgehäuse, 8, 11 Dichtung, 9, 10, 12 O-Ring, 13 Teflon Gegendichtung, 14 Teflon-Ventilplatte.

Abtauen mit Sole

Auch Abtauen mit Thermobank. Bei dieser → *Abtauung* wird während des Kühlbetriebs mittels heißem → *Druckgas* erwärmte → *Sole* aus einem wärmedämmtem Behälter (Thermobank) durch ein separates Rohrsystem in den Luftkühler und wieder in die Thermobank zurückgeleitet. → *Thermobank-System*.

Abtauen mit Umluft

Auch Abtauen mit → *Ventilatornachlauf*; einfaches und besonders wirtschaftliches Verfahren der → *Abtauung*, bei dem die Ventilatoren der Luftkühler während des Verdichterstillstands weiterlaufen; kann nur angewendet werden, wenn die Kühlraumtemperatur nicht unter ca. +3 °C liegt. Ist die Kühlraumtemperatur erreicht, wird die Kältemaschine abgeschaltet und der Ventilator des Luftkühlers läuft so lange weiter, bis eine vorher gewählte höhere Temperatur im Lamellenpaket erreicht ist, bei der der Luftkühler abgetaut ist. Bei Erreichen dieser Temperatur wird der Ventilator durch einen Nach-

laufthermostaten (→ *Verdampferlüfternachlauf-Thermostat*) abgeschaltet. Bei steigender Kühlraumtemperatur schaltet die Kältemaschine wieder ein, wobei der Ventilator noch außer Betrieb ist. Damit kann Restfeuchtigkeit an den Luftkühlerrohren anfrieren, sodass kein Wasser in den Kühlraum gefördert wird. Danach wird der Ventilator in Betrieb genommen (→ *Verdampferlüfterverzögerungs-Thermostat*).

Abtauen mit Wasser

Bei dieser selten und nur bei großen Kälteleistungen angewandten → *Abtauung* rieselt erwärmtes Wasser über den Luftkühler, das nach dem Abtauvorgang gründlich entfernt werden muss.

Abtauheizung

→ *elektrische Abtauung*.

Abtauklappe

Schwenkbare Klappe vor dem Lufteintritt saugend arbeitender Luftkühler, die bei der → *Abtauung* geschlossen wird, sodass diese ohne Wärmeeintrag in den Kühlraum besonders effizient verläuft. Im Kühlbetrieb liegt das Kühlerpaket völlig offen, sodass kein zusätzlicher, den Energiebedarf der Ventilatoren erhöhender Druckabfall entsteht. → *Shut-Up*.



Bild 7: Abtauklappe (Güntner)

Abtauschaltuhr

Elektrische Synchronuhr mit Schaltkontakten, zur Steuerung der → *Abtauung*. Während der Abtauung wird der Verdichter aus- und die elektrische Abtauheizung eingeschaltet. Dies erfolgt in der Regel nicht direkt, sondern über entsprechende Schütze.



Bild 8: Abtauschaltuhr PolarRex KKT (Legrand).

Abtauthermostat

→ *Thermostat* zur Beendigung der → *Abtauung*, dessen Fühler im Verdampfer platziert wird. Abtauende meist bei +10 °C.

Abtauung

Die Reifschicht von → *Luftkühlern* muss immer wieder entfernt werden, damit es nicht zu Leistungsverlusten kommt (→ *Bereifung*). Der Kälteerzeugungsprozess wird unterbrochen, dann durch Wärmezufuhr die Bereifung angeschmolzen. Sie fällt auf die beheizte Tropfschale, schmilzt und fließt über den bei Tiefkühlung ebenfalls beheizten Tauwasserabfluss ab (→ *Ablaufheizung*). Der Abtauvorgang wird in der Regel über Temperatur beendet (→ *Abtauthermostat*). Ein Temperaturfühler wird im Verdampferpaket an der Stelle platziert, die zuletzt abtau. Wenn dort eine Oberflächentemperatur von 5 bis 10 °C erreicht ist, kann man annehmen, dass sämtlicher Reif abgeschmolzen ist. Die sorgfältige Platzierung des Abtaufühlers ist wichtig, weil unvollständige Abtauvorgänge zur → *Vergletscherung* des Luftkühlers führen können. Eine zu hohe Abtauendtemperatur bedeutet dagegen unnötige Wärmezufuhr, die anschließend von der Kältemaschine wieder abgefahren werden muss. Nach Art der Wärmezufuhr unterscheidet man verschiedene → *Abtauverfahren*. → *Zwangsabtauung*, → *Bedarfsabtauung*.

Abtauverfahren

Je nach Raumtemperatur und Betriebsart der Kälteanlage sind folgende Verfahren der → *Abtauung* möglich: → *Abtauen mit Umluft*, → *Abtauen mit Sole*, → *Abtauen mit Wasser*, → *elektrische Abtauung*, → *Kaltdampfabtauung*, → *Heißgasabtauung*.

Abtauwärme

Die bei der → *Abtauung* in den Kühl- oder Gefrierraum eingebrachte Wärme muss als zeitabhängiger Lastanteil bei der Berechnung des → *Kältebedarfs* berücksichtigt werden. Der Abtauwärmestrom berechnet sich zu: $\dot{Q}_{\text{Abt}} = P \cdot \tau$.

Dabei bedeuten:

\dot{Q}_{Abt} : Wärmestrom durch Abtauung in kWh/d

P: Elektrische Leistung der Abtauheizung in kW

τ : Abtauzeit in h/d.

Abwärmenutzung

→ *Wärmerückgewinnung bei Kälteanlagen*.

AC

Auch im Deutschen gelegentlich verwendete Abkürzung für „Air-Conditioning“ bei Angabe der Temperaturbereiche von Kälteanlagen, gemeint ist also der Bereich → *Klimakälte*.

Aceton

$\text{H}_3\text{C-CO-CH}_3$, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, farblose, aromatisch riechende, feuergefährliche und narkotisch wirkende Flüssigkeit (Schmelzpunkt -95 °C, Siedepunkt 56 °C, AGW-Wert 1 000 ppm, WGK 1), die als → *Kälteträger* bis -80 °C eingesetzt wird.

Additiv für Binäreis

Als Zusatzstoffe für Wasser zur Erzeugung von → *Binäreis* sind sowohl anorganische Salze wie Kochsalz (NaCl), → *Kalziumchlorid* (CaCl_2), → *Kaliumcarbonat* (K_2CO_3) und Magnesiumchlorid (MgCl_2) als auch organische Verbindungen wie → *Ethanol* ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), → *Methanol* (CH_3OH) und → *Glykol* möglich. Gebräuchlich ist für geschlossene Kreisläufe vor allem Ethanol, das als „TALIN“ im Handel ist, für offene Kochsalz bzw. Meerwasser (→ *Fischkühlung*).

adiabat

Wärmedicht, bei einer adiabaten Zustandsänderung eines Gases wird keine Wärme an die Umgebung abgegeben oder von ihr aufgenommen.

Adiabate Kühlung

Abkühlung aufgrund innerer Zustandsänderungen ohne Wärmeabgabe an die Umgebung. Ungesättigte Luft, die mit Wasser befeuchtet wird, kühlt sich aufgrund der zum Verdunsten des Wassers benötigten Energie selbst ab. Diese Zustandsänderung verläuft im h,x -Diagramm bei konstanter Enthalpie (Darstellung → *Zerstäuber*). → *Wasserluftbefeuchter*.

Adiabate Luftbefeuchtung

→ *Luftbefeuchtung* mit Wasser, wobei durch Verdunstung eine Abkühlung der Luft entsteht. → *Isotherme Luftbefeuchtung*, → *Wasserluftbefeuchtung*.

ADR

Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße). → *Kältemittel-Transport*.

Adsorption

Anlagern von Gas- oder Flüssigkeitsmolekülen (oder in Flüssigkeiten gelöste Molekülen fester Stoffe) an der Oberfläche eines festen Stoffes. Auf dem temperaturabhängigen Adsorptionsvermögen beruht das → *Adsorptionsprinzip* für die Kälteerzeugung.

Adsorptionsfilter

Filter, die durch → *Adsorption* im Gegensatz zu mechanischen → *Faserfiltern* oder → *Elektro-Luftfiltern* auch gasförmige Verunreinigungen aus der Luft entfernen können. In RLT-Anlagen wird zur Abscheidung gasförmiger organischer oder anorganischer Luftverunreinigungen, die geruchsbelästigend oder gesundheitsschädlich sein können, meist Aktivkohle benutzt. Filter mit Aktivkohle müssen bei Sättigung ausgetauscht werden.

Adsorptionsfüllung

→ *Steuerfüllung*, bei der das Steuerdruck ausübende Kältemittel von einem Adsorbens im Fühler (Silikagel, Aktivkohle) beherbergt und je nach Temperatur des Fühlers freigegeben oder wieder aufgenommen wird. Hohe Herstellungskosten, aber sehr große Zuverlässigkeit, da eine Füllungsverlagerung nicht möglich ist. Eine dem Verdampfverhalten angepasste An-

sprechzeit ermöglicht sehr konstante Überhitzungsregelung, MOP-ähnliches Verhalten möglich (→ *MOP-Ventil*), anwendbar bei → *Heißgasabtauung*.

Adsorptionsprinzip

Adsorptionskältemaschinen verwenden Zweistoffgemische (Arbeitsstoffpaare, bestehend aus Kältemittel und festem Adsorptionsmittel) zur Kälteerzeugung und nutzen das temperaturabhängige Adsorptionsvermögen, das mit steigender Temperatur sinkt. Das Kältemittel wird bei niedrigerer Temperatur (und niedrigerem Druck) von einem Adsorptionsmittel (Adsorbens) aufgenommen und bei höherer Temperatur (und höherem Druck) wieder abgegeben. Dieser Kälteerzeugungsprozess erfolgt periodisch, weil das Adsorbens als Feststoff nicht in einem Kreislauf bewegt werden kann.

Im ersten Schritt, der Adsorption, verdampft das Kältemittel unter Aufnahme der Verdampfungswärme Q_0 in einem Verdampfer (Kälteerzeugung). Der entstehende Dampf wird vom Adsorbens aufgenommen, das sich dabei erwärmt und die Adsorptionswärme Q_A an die Umgebung abgibt.

Im zweiten Schritt, der Desorption, wird durch Zufuhr von Desorptionswärme Q_D das Kältemittel wieder aus dem Adsorbens ausgetrieben. Der Kältemitteldampf wird im Verflüssiger unter Abgabe seiner Verflüssigungswärme Q_c verflüssigt und steht bei Bedarf wieder zum Verdampfen zur Verfügung. Mit Ventilen kann der Prozess jederzeit unterbrochen werden. Somit ist Energie über einen längeren Zeitraum speicherbar und kann durch Öffnen des Ventils bei Bedarf als Wärme oder Kälte abgerufen werden kann. Die Thermische Kopplung zweier Adsorptionskältemaschinen, die in Gegenphase arbeiten, ermöglicht eine nahezu kontinuierliche Kälteerzeugung. Anwendung findet das Adsorptionsprinzip vor allem mit Wasser als Kältemittel und → *Zeolithen* als Adsorbens, z. B. für selbst kühlende Bierfässer und transportable Behälter für Zug-Bordrestaurants. → *CoolKeg*.

Aerosol

Fein verteilte feste (Rauch) oder flüssige (Nebel) → *Schwebstoffe* in Luft.

AEV

Abkürzung für → *Automatisches Expansionsventil*.

AGW

Arbeitsplatzgrenzwert, Begriff, der mit der Neufassung der Gefahrstoffverordnung zum 01.01.2005 den der „Maximalen Arbeitsplatzkonzentration“ (MAK) abgelöst hat; inhaltlich gleiche Bedeutung. → *MAK-Wert*.

Aktivitätsgrad

Da der → *Wärmehaushalt des Menschen* stets ausgeglichen sein muss, kann man bestimmten Aktivitätsgraden jeweils eine bestimmte durchschnittliche Wärmeabgabe des Menschen an die Umgebung zuordnen. DIN 1946 gibt die in der Tabelle dargestellten Werte unabhängig vom Umgebungszustand an:

Aktivitätsgrad	Tätigkeit	Wärmeproduktion je Person (sensibel und latent) in W	spezifische Wärmeproduktion in W/m^2
-	Grundumsatz	79	44
I	Sitzende Tätigkeit wie Lesen o. Schreiben	100	56
II	Leichte Arbeit im Stehen, Labortätigkeit, Maschinenschreiben	150	83
III	Mäßig schwere körperliche Tätigkeit	200	111
IV	Schwerere körperliche Tätigkeit	>250	> 140

Die VDI-Richtlinie 2078 differenziert nach Tätigkeit und Raumlufttemperatur, schlüsselt die Gesamtwärmeabgabe nach sensiblem (Wärme-

abgabe trocken) und latentem (Wärmeabgabe feucht) Anteil auf und gibt die jeweilige Wasserdampfabgabe dazu an. Bei 22 °C und Aktivitätsgrad I bis II wird je Person eine Gesamtwärmeabgabe von 120 W bei 90 W trocken und 30 W feucht sowie 40 g/h Wasserdampfabgabe angegeben. Mit zunehmender Aktivität und Raumlufttemperatur verschiebt sich der Anteil in Richtung latente Wärmeabgabe. → *latente Kühllast*, → *sensible Kühllast*.

Alkylbenzol

Traditionelles, vollsynthetisches Kältemaschinenöl für → *(H)FCKW* (R-22) und → *Service-Kältemittel*.

Allelopathie

Gegenseitige Beeinflussung pflanzlicher Produkte durch beim Reifeprozess entstehende Gase, die auf den Stoffwechsel wirken. Beim Atmen scheiden viele Obst- und Gemüsesorten Ethen (Ethylen, C_2H_4) aus, das, über die Luft zu unreifen Früchten getragen, diese zu intensiver Atmung anregt. Tiefe Lagertemperaturen vermeidet Allelopathie nicht. Zur Vermeidung der Folgen von Allelopathie werden die meisten Obst- und Gemüsesorten stets allein gelagert. → *CA-Lagerung*.

Alternativ-Kältemittel

Kältemittel, die als Ersatz für verbotene ozon-schädliche HFCKW-Kältemittel eingesetzt werden können, z. B. → *Propan* für → *R-22*.

Aluminium

Al, Leichtmetall, das sich durch gute Wärmeleitfähigkeit, geringe Dichte ($2,7 \text{ kg/dm}^3$) und gute Umformbarkeit auszeichnet. Aluminium ist durch eine fest haftende Oxidschicht aus → *Aluminiumoxid* (Al_2O_3) an Luft recht korrosionsbeständig.

Wegen dieser Eigenschaften wird Aluminium bevorzugt für Lamellen in Wärmeübertragern verwendet. Aluminium ist unter Schutzgas schweißbar und lässt sich mit speziellen Loten und Flussmitteln auch hartlöten.

Aluminiumoxid

Tonerde, Al_2O_3 , wird aus Bauxit gewonnen und überwiegend zur Produktion von → *Aluminium* verwendet. Durch spezielle Verfahren hergestelltes, so genanntes aktives Aluminiumoxid

zeichnet sich durch große spezifische Oberfläche ($300 \text{ m}^2/\text{g}$) und hohes Adsorptionsvermögen aus und wird in \rightarrow *Filtertrocknern* wegen seines guten Säurebindungsvermögens eingesetzt.

Ammoniak

Das natürliche Kältemittel (R-717, NH_3 , Normsiedepunkt bei $-33,35 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{ODP} = 0$, $\text{GWP}_{100} = 0$, Normdichte mit $0,771 \text{ kg/m}^3$ geringer als die von Luft ($1,293 \text{ kg/m}^3$), AGW-Wert 20 ppm) hat einen scharfen, stechenden Geruch und wird wegen seiner guten thermodynamischen Eigenschaften (hohe \rightarrow *volumetrische Kälteleistung*, sehr hohe \rightarrow *Verdampfungsenthalpie*) und seines geringen Preises besonders in Groß-Kälteanlagen eingesetzt, kommt aber andererseits wegen des geringen umlaufenden Massenstroms für kleine Kälteanlagen nicht in Frage. Das \rightarrow *Druckverhältnis* und der \rightarrow *Isentrope-Exponent* κ sind relativ hoch. Ammoniak entwickelt dementsprechend hohe \rightarrow *Verdichtungsendtemperaturen* t_{v2} und \rightarrow *Hubkolbenverdichter* für Ammoniak-Kälteanlagen haben deswegen wassergekühlte Zylinderköpfe, auch die Verflüssigung erfolgt wassergekühlt. Ammoniak ist giftig, brennbar und im Bereich von 15,3 bis 27 Vol.-% in Luft explosiv, hat aber eine hohe Warnwirkung, schon 5 ppm sind durch den Geruchssinn feststellbar und bereits 0,03 Vol.-%, das ist 1/100stel der gefährlichen Konzentration (0,2 ...0,3 Vol.-% wirken nach einiger Zeit tödlich) ist unerträglich und zwingt Personen, den verseuchten Raum zu verlassen. Ammoniak löst sich begierig in Wasser. Da das Absorptionsvermögen mit steigender Temperatur sinkt, lässt sich mit dem Stoffpaar Ammoniak/Wasser eine \rightarrow *Absorptionskälteanlage* betreiben. Ammoniak greift (in Gegenwart von Wasser, und das ist nie auszuschließen) Kupfer an, weswegen Ammoniak-Anlagen mit Stahlrohren gebaut werden und normale \rightarrow *(halb)hermetische Verdichter* nicht für Ammoniak geeignet sind (Kupfer-Wicklungen). Luftkühler für Ammoniak haben deswegen Rohre aus Edelstahl. Mit Ammoniak kontaminierte Lebensmittel sind ungenießbar. Kälteanlagen mit einer Füllmenge von mehr als 3000 kg Ammoniak sind gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungspflichtig.

Anaconda

Handelsbezeichnung der Firma ANAMET Inc. (USA) für \rightarrow *Schwingungsdämpfer*, die im Fachjargon für sämtliche Schwingungsdämpfer in Wellrohrbauart verwendet wird.

Anemometer

Messgerät zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit. \rightarrow *Flügelrad-Anemometer*, \rightarrow *Hitzdraht-Anemometer*.

Anlagenflaschen

Gereinigte und evakuierte Kältemittelflaschen, die der vorübergehenden Aufnahme von Kältemitteln dienen, z. B. bei Anlagen-Reparaturen. Bei ihrer Befüllung ist auf Sortenreinheit und Dampfpolster als Berstschutz zu achten. Weil abgesaugtes Kältemittel auch Öl enthält, aus dem noch weiteres Kältemittel ausgasen kann, sollten sie mit \rightarrow *Füllfaktor* 0,75 nur auf einer Waage gefüllt werden.

Anlagenprotokoll

\rightarrow *Betriebshandbuch*.

Anlagenverflüssiger

Auch Normalverflüssiger; bei Kälteanlagen mit \rightarrow *Wärmerückgewinnung* der normale Verflüssiger, in dem nicht die Wärmerückgewinnung stattfindet. Er muss ausreichend dimensioniert sein, um ggf. bei Ausbleiben der Wärmeanforderung durch die Rückgewinnung (Speicher aufgeladen) die gesamte Verflüssigungswärme des Kälteerzeugungsprozesses abführen zu können.

Anlaufentlastung

Notwendige Voraussetzung für \rightarrow *Anlaufstrombegrenzung* des Verdichtermotors, da das Drehmoment quadratisch mit dem reduzierten Motorstrom absinkt: Während der Startphase wird über ein Magnetventil ein Bypass von der Druck- zur Saugseite geöffnet (Zeitrelais). Zugleich verhindert ein Rückschlagventil in der Druckleitung ein Zurückströmen von Kältemitteldampf aus dem Verflüssiger. Durch den zeitweiligen Bypass sinkt das Lastmoment und der Motor kann hochlaufen, bis er seine Nenndrehzahl erreicht hat.

Anlaufstrombegrenzung

Während des Einschaltmomentes eines Motors treten Anlaufströme auf, die bis zum 8-Fachen

des Nennstroms betragen können, da die Wicklungen in diesem Moment wie ein Kurzschluss wirken. Nach Erreichen der Nenndrehzahl fließt der auf dem Leistungsschild angegebene Nennstrom. Durch diese hohen Anlaufströme entstehen im öffentlichen Stromnetz unerwünschte Spannungsabsenkungen. Um diese zu vermeiden, werden im Kälteanlagenbau hauptsächlich folgende Verfahren zur Anlaufstrombegrenzung in Kombination mit einer → *Anlaufentlastung* eingesetzt:

- → *Drehzahlverstellung*
- → *Frequenzumrichter*
- → *Sanftanlauf*
- → *Stern-Dreieck-Anlauf*
- → *Teilwicklungsanlauf (Partwinding)*
- → *Widerstandsanlauf*.

Anorganische Dämmstoffe

→ *Dämmstoffe* aus anorganischem Material. Zu nennen sind künstlich erzeugte Fasern (→ *Mineralfasern* wie Glaswolle, Steinwolle) sowie → *Schaumglas* bzw. → *Schaumkies*.

Anorganische Kältemittel

In der Natur vorkommende anorganische Stoffe, die als → *Kältemittel* geeignet sind und verwendet werden bzw. wurden. Nomenklatur R-7... wobei die letzten zwei Ziffern die relative Molekülmasse angeben: R-717 – Ammoniak – NH_3 , R-718 – Wasser – H_2O , R-723 – Gemisch aus 60 % R-717 und 40 % Dimethylether, R-729 – Luft, R-744 – Kohlenstoffdioxid – CO_2 , R-764 – Schwefeldioxid – SO_2 .

Anstauregelung

Regelung des Verflüssigungsdrucks durch Anstauen von Kältemittelflüssigkeit. → *Verflüssigungsdruckregler*.

Antifrogen

Handelsbezeichnung für → *Solen* der Firma Clariant auf Basis von → *Ethylenglykol* (Antifrogen N), → *Propylenglykol* (Antifrogen L), → *Kaliumacetat* (Antifrogen KA) oder → *Kaliumformiat* (Antifrogen KF).

Aqua Turbo

Von der Aqua Turbo Kältetechnik GmbH hergestellter vollhermetischer Turbo → *Wasserkühlsatz* mit → *Axialverdichter* und Wasser als → *Kältemittel*.

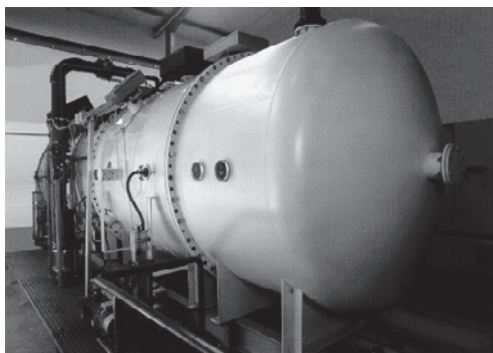


Bild 9: Aqua Turbo zur Erzeugung von Kaltwasser (Aqua Turbo Kältetechnik GmbH).

Äquivalente Rohrlänge

→ *gleichwertige Rohrlänge*.

Arbeiten in Kühlräumen

Gemäß → *BGR 500*, Kapitel 2.35 sind Personen, die in Räumen mit Temperaturen unter -5 °C arbeiten, vom Arbeitgeber mit spezieller Kälteschutzkleidung inkl. Kälteschutz für Gesicht, Hände, Füße, auszustatten. → *Aufenthalt in Kühlräumen*.

Arbeitsüberhitzung

Summe aus → *statischer Überhitzung* und → *Öffnungsüberhitzung* am → *thermostatischen Expansionsventil*, üblicherweise 7 K bei Vollast.

AREA

Air Conditioning and Refrigeration European Association, 1988 gegründeter europäischer Dachverband nationaler Kälte- und Klima-Verbände.

ARI

Air-Conditioning and Refrigeration Institute, Vereinigung nordamerikanischer Hersteller von kälte- und klimatechnischen Erzeugnissen, vergleichbar → *EUROVENT*.

Armaflex

Markenname der Firma Armacell für einen in den 50er Jahren in den USA als Dämmstoff entwickelten geschlossenzelligen, flexiblen Schaumkunststoff auf Basis synthetischen Kautschuks (Elastomer). Der Name ist aufgrund der weiten Verbreitung des Produkts zum Synonym für jegliche Dämmstoffe in Platten- oder