



INITIATIVE
EnergieEffizienz +
Industrie & Gewerbe

Infoblätter Kältetechnik: Anwendungen.

Wo und wie werden Kälteanlagen eingesetzt? + Abkühlen
und Gefrieren + Kühlhalten + Weitere Anwendungen.



Wo und wie werden Kälteanlagen eingesetzt?

Kältetechnische Anlagen gibt es in vielen industriellen und gewerblichen Bereichen. Die Ausführungen und Größen sind so vielfältig wie die Anwendungen selbst. Gemein haben diese Anlagen, dass an einer Stelle Kälte erzeugt wird, die an einer anderen Stelle in das Produkt oder den Prozess eingebracht werden muss. In Richtung des tatsächlichen Wärmeflusses betrachtet: Wärme wird an einer Stelle dem Prozess entzogen und an einer anderen Stelle in die Umgebung abgegeben.

Kälte kann zentral oder dezentral erzeugt werden.

Dezentrale Anlagen am Ort des Kältebedarfs geben die Wärme oft an die Raumluft ab. Bei zentralen Anlagen wird die Wärme zunächst an einen zentralen Ort transportiert und dort an die äußere Umgebung abgegeben. Der Transport der abzuführenden Wärme kann durch verschiedene Medien geschehen. Kühlwasser oder Luft können ebenso eingesetzt werden wie spezielle chemische Kühlflüssigkeiten. Bei der Verwendung von Kühlwasser und Luft muss eine Temperaturdifferenz zwischen Kühlgut und Kühlmedium bestehen. Chemische Kühlflüssigkeiten entwickeln diese Temperaturdifferenz erst lokal. Die Temperaturabsenkung geschieht dann erst bei der Expansion des Kältemittels an den Kühlflächen des Verdampfers. In einem solchen Fall spricht man von einer direkten Kühlung. Verfahren, bei denen die Kälte am Verdampfer erst auf einen Kälte Träger übertragen wird und von diesem auf das zu kühlende Produkt oder die Kontaktfläche mit demselben, bezeichnet man als indirekt.

Weitere Informationen zur Kälteerzeugung finden sich im gleichnamigen Infoblatt. Informationen zu Kältemitteln und zum Kälte transport finden sich im Infoblatt „Kältenetze“ (Download im Internet unter www.industrie-energieeffizienz.de >Service/ Publikationen).

Anlagen gibt es in (fast) jeder Größe.

Bei Kälteanlagen unterscheidet man manchmal zwischen „Kleinkälte“ und „Großkälte“. Erstere sind kompakte Kühlmöbel und letztere größere Anlagen. Zur Großkälte werden oft alle Ammoniak-Anlagen gezählt, egal welcher Größe. Oftmals werden Anlagen auch je nachdem ob sie unterhalb oder oberhalb von 0°C arbeiten, in Kälte- und Kühlanlagen unterteilt. In dieser Serie wird der Begriff Kälteanlage jedoch als Oberbegriff für beide Bereiche genutzt. Eine andere Unterscheidung ist: **Haushaltskälte, Gewerbekälte, Industriekälte**. Während der Haushaltskunde seine Kühlmöbel meistens im Einzelhandel kauft und selber aufstellt, wird die Planung und Montage gewerblicher Kälteanlagen oft von kleinen und mittleren Fachbetrieben vorgenommen. Industriekälte ist zum großen Teil noch eine Domäne der Anlagenbauer. In der Industriekälte ist der Anteil individuell angepasster Anlagenteile am größten. In allen Bereichen werden inzwischen die wesentlichen Komponenten in Masse gefertigt. Einen Sonderstatus nimmt die **Klimakälte** ein, deren Komponenten oft von Betrieben des Lüftungs- und Heizungsbaus installiert werden.

Besonders wichtige Anwendungen der Kältetechnik sind das Kühlen, Gefrieren und Kaltlagern. Gerade im industriellen Maßstab gibt es hier eine Vielzahl von Lösungen für verschiedene Anforderungen. Diese unterscheiden sich durch die Art, wie dem Kühlgut Wärme entzogen wird. Ihr Einsatz richtet sich nach Typ, Beschaffenheit und Größe des Kühlguts, den optimalen Abkühlgeschwindigkeiten aus Qualitätsgründen oder unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Ein wichtiger Maßstab für die Wirtschaftlichkeit einer Anlage sind die Lebenszykluskosten, die eingehender im Infoblatt „Planung und Optimierung von Kälteanlagen“ behandelt werden (Download im Internet unter www.industrie-energieeffizienz.de >Service/Publikationen).

Abkühlen und Gefrieren.

Aus dem „Was...?“ ergibt sich das „Wie...?“.

Die gängigste, universell anwendbare Form der Kühlung ist die **Konvektionskühlung** mit Kaltluft. Ein Kaltluftstrom mit einer Geschwindigkeit von 2-10 m/s kühlt das Gut bis auf eine Temperatur zwischen -20 und +4°C. Die Luftfeuchtigkeit sollte dabei relativ hoch sein, um ein Austrocknen zu verhindern und den Wärmeübergang zu verbessern. Übliche Umsetzungsformen sind Kühlräume mit Ventilatorluftkühlern, Abkühltunnel mit Hordenwagen oder Transporteinrichtungen und kontinuierliche Bandsysteme.

Der bessere Wärmeübergang in Wasser als in Luft wird bei der **Tauchkühlung**, also dem Eintauchen des Produkts in Wasser, ausgenutzt. Dies ermöglicht höhere Abkühlgeschwindigkeiten. Ein weiterer Vorteil ist, dass keine Schwundverluste auftreten, sondern sich das (Verkaufs-)Gewicht teilweise durch aufgenommenes Wasser sogar noch erhöht. Das kalte Wasser wird entweder

durch maschinelle Kühlung oder durch Zugabe von Scherben-eis erzeugt. Der Eisbedarf liegt dabei zwischen 0,5 und 1 kg pro Kilogramm Produkt. Dadurch, dass Eis auf der Produktoberfläche schmilzt, wird der Wärmeübergang gegenüber der reinen Kaltwasserkühlung sogar noch erhöht.

Ein reines **Beeisen**, also eine Kühlung auf Eis ohne Wasser, wird bei Fisch und einzelnen Gemüsearten durchgeführt. Bei einigen technologischen Prozessen, wie der Brät- und Teigherstellung, wird die Temperatur durch Zugabe von zerkleinertem Wassereis abgesenkt.

Die **Sprühkühlung** wird z. B. eingesetzt, um die Gefahr einer Salmonellenübertragung von Tier zu Tier beim Abkühlen von Geflügel zu vermeiden. Anstelle eines vollständigen Eintauchens in Wasser wird das Produkt mit einem Wasserebel besprüht. Auch heiße Gasströme können durch das Einsprühen kalter Flüssigkeit schnell abgekühlt werden. Diese Technik wird als „Quenchen“ bezeichnet.



Foto: www.pixelio.de



Bei der **Vakuump Kühlung** wird zunächst das zu kühlende Gut mit Wasser besprüht und dann der Umgebungsdruck abgesenkt. Durch die Verdunstung des Wassers wird dem Produkt Wärme entzogen. Dieses Verfahren wird bei Produkten mit großen Oberflächen eingesetzt. Bei richtiger Ausführung kann dies ein sehr wirtschaftliches Kühlverfahren sein. Neuere Versuche zeigen, dass auch gekochte Produkte damit abgekühlt werden können. Voraussetzung für die Erhaltung der Textur ist jedoch eine sorgfältig geregelte Drucksenkung in der Vakuumkammer.

Eine **Kontakt kühlung** zwischen zwei Platten erlaubt eine fast doppelt so schnelle Abkühlung wie eine Konvektionskühlung. Sie ist für Schüttgüter und quaderförmige Produkte geeignet. Bei der Schokoladen- und Süßwarenherstellung werden die Produkte in Formen oder auf einem Transportband durch Kontakt gekühlt. Die Kontaktfläche wird von unten mit Kaltluft angeblasen oder mit einem flüssigen Kälte­träger besprüht. Pastöse Substanzen können zwischen flexiblen Stahlbändern oder rotierenden Zylindern gekühlt werden.

Die **Kühlung in Wärmetauschern** ist das am häufigsten angewandte Verfahren bei der Kühlung von Flüssigkeiten wie z.B. von Milch, Fruchtsäften, Bier, Suppen, Soßen. Die Wärme kann entweder durch direkte Kühlung an ein Kältemittel oder indirekt an einen Wärmeträger wie Leitungswasser, Eiswasser, Sole, Glycol oder Binäreis abgegeben werden. Bei der Pasteurisierung kann beispielsweise ein dem eigentlichen Prozess nachgeschalteter Plattenwärmetauscher eingesetzt werden. Das den Pasteur

verlassende Produkt durchfließt den Wärmetauscher dabei im Gegenstrom zum zugeführten Produkt. Dabei kommt es zu einer Temperaturangleichung auf Zu- und Ablaufseite. Rund 94 Prozent der Wärme können hierbei zurück gewonnen werden.

Ein weiteres Kühlverfahren ist die **kryogene Kühlung** mit Flüssigstickstoff, flüssigem Helium oder flüssigem Kohlendioxid, welches häufig in wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen anzutreffen ist. Sie wird auch zur Notkühlung in Kühlhäusern eingesetzt.

Unter **Strahlungskühlung** versteht man den reinen Strahlungswärmeaustausch mit kälteren Umgebungsflächen. Sie ist für industrielle Prozesse aber meist zu langsam.

Gefrieren ist wie kühlen, nur tiefer.

Das Gefrieren von Lebensmitteln dient in den meisten Fällen der Konservierung. In manchen Fällen ist es auch ein Verarbeitungsschritt, beispielsweise bei der Gefriertrocknung. Wie beim Abkühlen gibt es auch hier verschiedene Verfahren, die sich vor allem durch die Geschwindigkeit des Wärmeübergangs unterscheiden. Unter **kryogenem Gefrieren** versteht man die Vereisung mit Flüssigstickstoff oder Kohlendioxid. Beim **konventionellen Gefrieren** kommt die Kälte meist aus einer Kompressionskälteanlage. Üblich sind das **Gefrieren im Luftstrom**, entweder im Gefriertunnel oder im Wirbelbett, das **Kontaktgefrieren** zwischen Platten, flexiblen Stahlbändern oder rotierenden Zylinderflächen und das **Tauchgefrieren** in Sole oder einem anderen Kälte­träger.

Kühlhalten.

Lagerung.

Eine Vielzahl von Produkten muss konstant auf einer niedrigen Temperatur gelagert werden, um keine Qualitätseinbußen zu erleiden. Solche Produkte können Lebensmittel sein, aber auch Medizinprodukte, Schnittblumen oder Ähnliches. Zur Kaltlagerung dienen wärme­gedämmte Kühlhäuser, Kühlräume oder Kühlzellen.

Aus Gründen der Betriebssicherheit werden die Kälteanlagen in diesen Lagerstätten meistens mit zwei oder drei parallel schaltbaren Verdichtern gebaut. Im Leistungsbereich bis 500 kW ist der Einsatz von Hubkolbenverdichtern aus energetischen Gesichtspunkten am günstigsten. Im Bereich über 500 kW kommen überwiegend Schraubenverdichter zum Einsatz. Sie haben den Vorteil, dass sich ihre Leistung sehr einfach stufenlos regeln lässt. Bei Neuanlagen wird heutzutage fast ausschließlich Ammoniak als Kältemittel eingesetzt. Die Kälteverteilung findet über Kaltluftkanäle oder gezielte Luftströmungen unter der Kühlhausdecke statt.

Weitere Anwendungen.

Klimakälte.

Ein Teilgebiet der Kältetechnik mit wachsender Bedeutung ist die Bereitstellung von Kälte für Klimaanlage. Hier gibt es kleine, dezentrale Geräte und große Klimazentralen. In den meisten Fällen kommen Kompressionskältemaschinen zum Einsatz, seltener auch Adsorptionssysteme. Wie bei anderen Kälteanwendungen unterscheidet man zwischen direkter Kühlung, bei der der Verdampfer im zu kühlenden Luftstrom liegt und indirekten Systemen, bei denen ein Kälteüberträger, in der Regel Kaltwasser, zwischengeschaltet ist. Kaltwassersätze für Klimaanlage werden in Größen von 100 kW bis 10 MW gebaut.

Prozesskühlung.

Chemische Prozesse laufen bei unterschiedlichen Temperaturen ab. Abweichungen von den idealen Temperaturen können Änderungen in den Reaktionsprodukten zur Folge haben. Je nach dem, ob die Reaktionen mit einer Energieaufnahme („endotherme Reaktion“) oder einer Energieabgabe („exotherme Reaktion“) verbunden sind, muss Wärme zu- oder abgeführt werden. Liegt die ideale Reaktionstemperatur einer exothermen Reaktion unterhalb der Umgebungstemperatur, muss zur Aufrechterhaltung des Temperaturniveaus Kälte erzeugt werden. Bei Reaktionstemperaturen oberhalb der Umgebungstemperatur reicht in der Regel eine Wärmeabführung über Abluft oder Kühlwasser, welches in einem Kühlturm ohne Kältemaschine rückgekühlt wird.

Die chemische Industrie fordert hoch spezialisierte und zuverlässige Kälteanlagen. Da die meisten Prozesse kontinuierlich, rund um die Uhr laufen, stehen im Jahr nur 2-3 Wochen Revisionszeit für die Instandhaltung zur Verfügung.

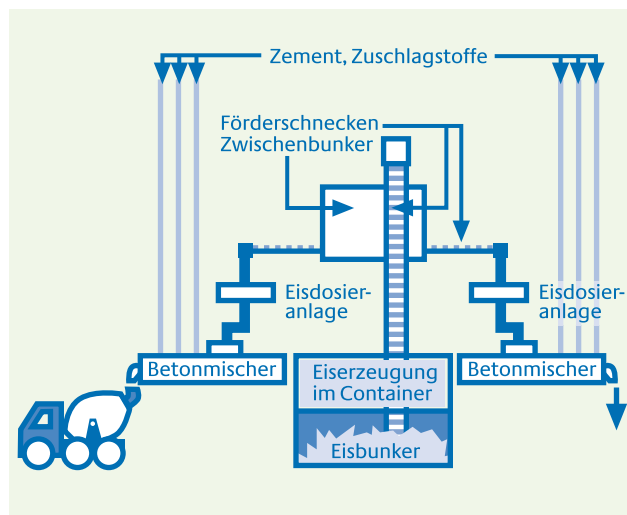
Die Wärmeabfuhr bei chemischen Prozessen kann über Kühlschlangen in Reaktoren, Kälteüberträger in doppelwandigen Tanks oder mit Hilfe von Luft oder Inertgasen geschehen, die je nach Temperatur und Leistung über Kaltwassersätze von großen Kälteanlagen oder mit Verdunstungskühlern rückgekühlt werden.

Bauindustrie und Bergbau.

Gefrorene Erde hat eine hohe Festigkeit. Beim „Gefrierabteufen“ von Schächten oder zum Sichern großer Baugruben wird der Boden durch Gefrieren verfestigt. Dafür werden rund um den Schacht oder die Baugrube Gefrierrohre in den Boden gerammt. Gekühlt wird meist indirekt, über eine Kühlsole. Die direkte Kühlung wäre effizienter (siehe auch Infoblätter „Kälteerzeugung“ und „Kälteverteilung“, Download im Internet unter www.industrie-energieeffizienz.de >Service/Publicationen). Aus Sicherheitsgründen wird im rauen Betrieb auf der Baustelle jedoch meist auf den direkten Einsatz von Kältemitteln verzichtet.

Eine weitere Anwendung in der Bauindustrie ist die Kühlung von Beton. Dies ist insbesondere in heißen Ländern eine sinnvolle Methode, die Betonqualität zu sichern. Zur Anwendung kommen Wasserkühlanlagen mit Wasserrückkühltürmen und Scherben-eisanlagen. Kaltwasser wird zum Anmischen von Beton und zur Berieselung verwendet. Das Eis kann dem flüssigen Beton zugesetzt werden. In extrem heißen Umgebungen werden Kühltunnels gebaut, um die Betonzuschlagstoffe kühl zu halten.

Abb. 1: Betonherstellung mit Scherbeneis



Medizinische Behandlungen.

In der Medizin gibt es einige Behandlungsmethoden, die sich die Effekte tiefer Temperaturen auf den menschlichen Körper und andere biologische Organismen zunutze machen. Einige Begriffe in diesem Zusammenhang sind Kryotherapie, Kryochirurgie und Kryokonservierung. Auch für physiotherapeutische Anwendungen wird Kälte genutzt. Kälte kann sowohl direkt auf den Körper appliziert werden, z. B. zur Tumorerstörung, als auch über Kältekammern einwirken, z. B. bei der Rheumabehandlung.

Freizeit- und Sportstätten.

Bekannte und beliebte Anwendungen der Kältetechnik mit zum Teil großen Anlagenleistungen sind Kunsteisbahnen und Sommerskihallen.

Tieftemperaturtechnik.

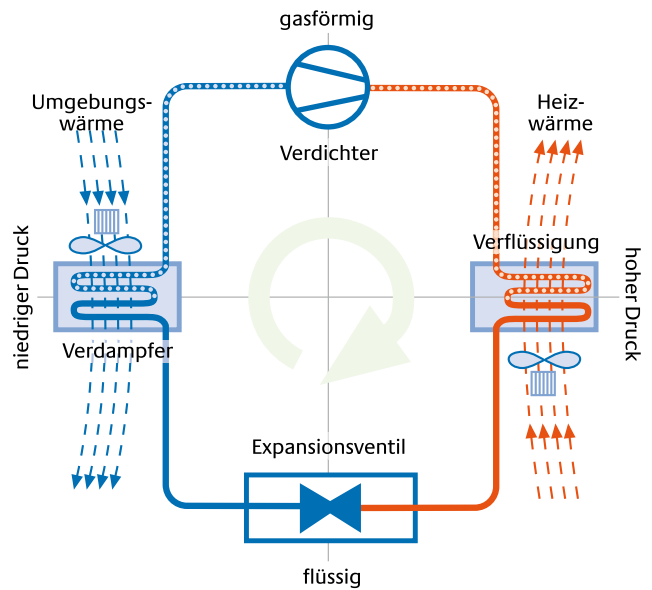
Unter Tieftemperaturtechnik (Kryotechnik) versteht man den Bereich der Kälteerzeugung und -anwendung unterhalb von ca. $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$. In diesem Bereich arbeiten beispielsweise Luft- und Gaszerlegungsanlagen, sowie Anlagen und Maschinen mit Supraleitungstechnik. Eine besondere Bedeutung hat dieser Temperaturbereich auch für wissenschaftliche Untersuchungen, insbesondere die Festkörperforschung.

Die Tieftemperatur-Anlagentechnik arbeitet zum Teil mit ähnlichen Prinzipien wie die konventionelle Kältetechnik. Es werden hier jedoch ganz andere Anforderungen an die Ausführung der Anlagen gestellt. Dies liegt unter anderem an den veränderten Eigenschaften der Konstruktionswerkstoffe bei diesen tiefen Temperaturen sowie den extremen Anforderungen an die notwendige Isolierung. Das Arbeiten im Hochvakuumbereich und besondere thermische, elektrische, optische und magnetische Festkörpereigenschaften, die durch Phasenumwandlungen verursacht werden, kommen hinzu. Die Tieftemperaturtechnik wird in diesen Infoblättern nicht weiter behandelt.

Wärmepumpen.

Wärmepumpen basieren auf dem konventionellen Kompressionskälteprozess. Allerdings ist hier in den meisten Fällen die warme, also die Verdichterseite prozessrelevant. Mithilfe einer Wärmepumpe wird Energie aus der Umgebung entnommen und auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Diese Wärme kann dann z. B. zum Heizen benutzt werden. Die Energie, die diesem Prozess in Form mechanischer Arbeit zugeführt werden muss, z. B. über elektrische Motoren, ist geringer als die Energie die benötigt würde, um die Wärme über einen Verbrennungsprozess zu erzeugen. Interessant sind Anwendungen, bei denen sowohl der Kühleffekt als auch die Wärme genutzt werden können. Es gibt auch Anwendungen, bei denen die Energieflussrichtung umgedreht werden kann, um z. B. sommerliche Überschusswärme für den Winter zu speichern und dann wieder „hoch zu pumpen“.

Abb. 3: Wärmepumpe



Fazit:

Die Ausführung einer Kälteanlage hängt stark von der jeweiligen Anwendung ab. In Frage kommen zentrale und dezentrale Lösungen, direkte und indirekte Kühlung und verschiedene Formen des Wärmeaustauschs. Bei Lebensmitteln sind spezifische Anforderungen an Temperaturen und Kühlgeschwindigkeiten zu erfüllen. Bei Klimaanlage Komfort- und Arbeitsplatzanforderungen und in der chemischen Industrie mitunter ganz bestimmte zeitliche Verläufe mit hohen Leistungsschwankungen und hohen Anforderungen an die Sicherheitstechnik. Zur Lösung der Anforderungen kommen oft verschiedene Anlagenkonfigurationen mit spezifischen Vor- und Nachteilen in Frage. In Zusammenarbeit mit Fachleuten der Anwender- und der Anlagenbauerseite können vorhandene Aufgaben und Fragestellungen am besten beurteilt werden.

Tipps:

- Machen Sie sich vor der Auswahl eines Verfahrens ausreichend Gedanken über Temperatur- und Leistungsanforderungen und deren zeitlichen Verlauf.
- Spezifizieren Sie die Anforderungen so gut wie möglich bei der Ausschreibung einer Anlage.
- Fragen Sie verschiedene Anbieter nach Alternativvorschlägen.
- Teilen Sie dem Lieferanten mit, dass Sie die Anlage mit den geringsten Lebenszykluskosten bevorzugen.
- Lassen Sie dem Anbieter ausreichend Freiheit in der Frage, wie eine technische Lösung für Ihren Anwendungsfall aussehen könnte.

Die Angebote der Initiative EnergieEffizienz.

Die Kältetechnik ist eine in Industrie und Gewerbe weit verbreitete Technologie. Dabei bestehen in diesem Bereich erhebliche Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz: meist können in den Betrieben der Stromverbrauch – und damit die Kosten – um 5 bis 50 Prozent gesenkt werden. Die meisten Effizienzmaßnahmen sind mit Amortisationszeiten von weniger als zwei Jahren und hohen Kapitalrenditen von über 20 Prozent wirtschaftlich sehr attraktiv für die Unternehmen. Die *Initiative EnergieEffizienz* will mit diesen Faktenblättern einen Beitrag zur Erschließung dieser Potenziale leisten.

Neben der Kältetechnik bestehen auch in weiteren Bereichen oft große Effizienzpotenziale in Industrie- und Gewerbebetrieben aller Branchen. Daher bietet die *Initiative EnergieEffizienz* über das Thema Kältetechnik hinaus auch in weiteren Bereichen umfassende Informationen und praxisnahe Unterstützung für Unternehmen, die Strom effizienter nutzen und Kosten einsparen möchten. Näheres zu diesen Angeboten finden Sie im Internetportal www.industrie-energieeffizienz.de.

Die *Initiative EnergieEffizienz* steht für effiziente Stromnutzung in allen Verbrauchssektoren und ist eine in dieser Form einmalige Public-Private-Partnership: Mit zielgruppenspezifischen Kampagnen und Projekten werden Endverbraucher in privaten Haushalten, in Industrie und Gewerbe sowie im Dienstleistungssektor über die Möglichkeiten des effizienten Stromeinsatzes informiert und zum energieeffizienten Handeln motiviert.

Näheres zu den Angeboten in diesen Sektoren finden Sie unter www.initiative-energieeffizienz.de.

Die *Initiative EnergieEffizienz* wird getragen von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) sowie den Unternehmen der Energiewirtschaft – EnBW Energie Baden-Württemberg AG, E.ON AG, RWE AG und Vattenfall Europe AG und wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

Eine Initiative von



Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Impressum:
Informationsblätter
Kältetechnik

Herausgeber:
Deutsche Energie-Agentur
GmbH (dena)
Energieeffizienz im
Elektrizitätsbereich
Chausseestraße 128a, 10115 Berlin

Kontakt:
Tel.: +49 (0) 30 - 72 61 65 - 600
Tel.: +49 (0) 30 - 72 61 65 - 699
E-Mail: info@dena.de

Internet:
www.industrie-energieeffizienz.de
www.dena.de