



INITIATIVE
EnergieEffizienz +
Industrie & Gewerbe

Infoblätter Kältetechnik: Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit.

Anforderungen an kältetechnische Anlagen + Verpflichtungen des Anlagenbetreibers + Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Kälteanlagen.

Anforderungen an kältetechnische Anlagen.

An Kälteanlagen werden hohe Anforderungen in Bezug auf ihre Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit gestellt. Dies liegt zum einen daran, dass von ihnen bei nicht-sachgemäßer Behandlung eine Reihe von Gefahren ausgeht und zum anderen daran, dass ihr Ausfall in vielen Fällen erhebliche Folgeschäden nach sich zieht. Kälteanlagen dürfen aus gutem Grunde nur von Fachbetrieben gebaut und in Betrieb genommen werden. Die Ausführung von Kälteanlagen unterliegt einer Reihe von Vorschriften, technischen Normen und Regeln. Es würde den Rahmen dieses Infoblattes sprengen, diese - auch nur unkommentiert - aufzulisten. Im Folgenden sollen vorrangig Aspekte beleuchtet werden, die für den Betreiber der Kälteanlage wichtig und interessant sind. Vollständige Übersichten finden sich in der einschlägigen Fachliteratur. Die kompletten Werke sind über die entsprechenden Institutionen bzw. die für sie publizierenden Verlage zu beziehen. Wichtige Quellen sind:

- Richtlinien und Verordnungen der Europäischen Union
- Gesetze und Verordnungen der Bundesrepublik Deutschland
- Regeln und Bauordnungen der Länder
- Berufsgenossenschaftliche Vorschriften
- DIN-Normen
- Arbeitsgruppen des Normenausschusses Kältetechnik im DIN (FNKä)
- Europäische Normen (CEN; CENELEC/CLC)
- ISO- / IEC-Normen
- Einheitsblätter des VDMA
- VDE-Bestimmungen
- Regeln des DVGW
- Richtlinien des VDI
- Prüfgrundsätze der Prüfinstitute (VDE, TÜV, DLG, BGZ)
- AD-Merkblätter („Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ der Überwachungsorganisationen und Wirtschaftsverbände)

Die verschiedenen Regeln und Normen haben für Anlagenbauer und Betreiber eine bindende Wirkung, die sich für die Lieferanten vor allem aus dem Gerätesicherheitsgesetz ableitet. Dieses besagt, dass nur dann Geräte in den Verkehr bzw. den Handel gebracht

werden dürfen, wenn sie gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik so beschaffen sind, dass Benutzer oder Dritte bei ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung gegen Gefahren für Leben oder Gesundheit in dem Maße geschützt sind, wie es die Art der bestimmungsgemäßen Verwendung gestattet. Der Betreiber der Anlage haftet direkt für die durch den Betrieb verursachten Schäden. Um sich gegen die Kosten von behördlichen Auflagen und Regressansprüchen nach Unfällen abzusichern, empfiehlt es sich, auch unabhängig von den gesetzlichen Verpflichtungen des Lieferanten bei der Bestellung zu vereinbaren, dass die Unfallverhütungsvorschriften und die umweltrelevanten Anforderungen einzuhalten sind.

Gefährdungen, die von Kälteanlagen ausgehen.

Neben den generellen Gefährdungen durch elektrische Anlagen und rotierende Maschinen ist bei Kälteanlagen besonders zu beachten, dass diese unter Druck stehen und in einigen Fällen mit gesundheits- oder umweltgefährdenden Kältemitteln gefüllt sind. Mögliche Gefährdungen durch Kälteanlagen sind:

- Vergiftungen und Verätzungen durch gefährliche Kältemittel
- Ersticken und Erfrieren in Kühlräumen
- Bersten von Druckbehältern
- Entweichen und Entzündung brennbaren Kältemittels
- Umweltgefährdung durch entweichendes Kältemittel

Durch die Missachtung von Sicherheitsvorschriften können schwere Unfälle verursacht werden. Mögliche Unfallursachen sind:

- Falsche Planung und Montage
- Unsachgemäßer Umgang
- Unzureichende Schulung von Mitarbeitern
- Anwesenheit von ungeschulten Personen in Gefahrenbereichen
- Unzureichende Gefahrenkennzeichnung
- Kollisionen von Transportmitteln mit Anlagenteilen
- Mangelhafte Wartung von Sicherheitseinrichtungen



Gefahrenklassen von Kältemitteln.

Kältemittel werden zum Zwecke der Unfallverhütung international in drei Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: Nicht brennbare Kältemittel ohne erhebliche gesundheitsschädigende Wirkung auf den Menschen
- Gruppe 2: Giftige oder ätzende Kältemittel oder solche, deren Gemisch eine untere Explosionsgrenze von mindestens 3,5 Volumenprozent hat
- Gruppe 3: Kältemittel, deren Gemisch mit Luft eine untere Explosionsgrenze von weniger als 3,5 Volumenprozent hat

Kältemittel müssen entsprechend gekennzeichnet werden. Die Kältemittel der Gruppen 2 und 3 sind in der Regel auch nach der Gefahrstoffverordnung gekennzeichnet. Hinweise auf die Umweltgefährdung geben die Wassergefährdungsklasse (WGK), das Ozonzerstörungspotenzial (ODP) und das Treibhausgas-Potenzial (GWP).

Einige der Kältemittel der Gruppe 1 sind zwar an sich ungiftig, können aber beim Zusammentreffen mit anderen Substanzen zu schädlichen Wechselwirkungen führen. Auch können durch die Einwirkung von Flammen, heißen Oberflächen, Lichtbögen etc. giftige Zerfallsprodukte entstehen, wie das Giftgas Phosgen bei FKW-Kältemitteln.

Verpflichtungen des Anlagenbetreibers.

Der Anlagenbetreiber ist für die Vermeidung von schädlichen Auswirkungen durch den Betrieb seiner Kälteanlage verantwortlich. Die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik und der Druckgeräteverordnung durch den Lieferanten reduziert die Gefahren bereits stark. Für den Anlagenbetreiber ergeben sich insbesondere aus der Unfallverhütungsvorschrift BGV D4 der Berufsgenossenschaften und der Betriebssicherheitsverordnung weitere Verpflichtungen. Einige Aspekte werden im Folgenden angesprochen. Die gegebenen Hinweise dürfen jedoch keinesfalls als vollständig oder ausschließlich betrachtet werden und sind kein Ersatz für die zugrunde liegenden Regelwerke. Einige der Bestimmungen sind erst für Kälteanlagen ab einer gewissen Größenordnung und abhängig vom verwendeten Kältemittel verbindlich. Bei der Planung der Anlage sollten unbedingt die aktuell gültigen Bestimmungen berücksichtigt werden, da sich unterschiedliche Anlagenvarianten an diesem Punkt erheblich in ihren Folgekosten unterscheiden können.

Unterweisung der Mitarbeiter.

Der Unternehmer hat die Mitarbeiter vor der erstmaligen Aufnahme ihrer Tätigkeit und in angemessenen Zeitabständen, jedoch mindestens einmal jährlich über

1. die Gefahren beim Umgang mit Kälteanlagen und Kühleinrichtungen,
2. die Sicherheitsbestimmungen und
3. das Verhalten bei Unfällen oder Störungen und die dabei zu treffenden Maßnahmen zu unterweisen.

Es sind auch Personen zu unterweisen, die nur vorübergehend beschäftigt werden, z. B. Montagehandwerker.

Die Unterweisung sollte ernst genommen und nicht nur als „reine Formsache“ betrieben werden. Sicherheitsmaßnahmen und das Verhalten bei Störfällen sollten geübt werden. Die wichtigsten Anweisungen sind schriftlich an geeigneter Stelle und in geeigneter Form anzubringen.

Der Unternehmer ist verpflichtet für Kälteanlagen und Kühleinrichtungen unter Berücksichtigung der Betriebsanleitung des Herstellers eine Betriebsanweisung zu erstellen und den Mitarbeitern bekannt zu geben. Eine Kurzfassung dieser Betriebsanweisung ist in der Nähe der Anlage anzubringen. Sie sollte eingängig und leicht verständlich formuliert sein. Weitere Hinweise dazu sind in der Unfallverhütungsvorschrift BGV D4 der Berufsgenossenschaften nachzulesen.

Instandhaltung.

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass vor Beginn von Instandhaltungsarbeiten an Kältemittel führenden Teilen das Kältemittel so weit entfernt wird, wie dies für die gefahrlose Durchführung der Arbeiten notwendig ist. Bei Feuerarbeiten ist Vorsorge gegen Brandgefahr zu treffen. Werden Kältemittel in flüssigem Zustand in abspernbare Behälter umgefüllt, so dürfen diese nur soweit gefüllt werden, dass bei der höchstmöglichen Temperatur ein Gasraum von 5 Prozent des abgesperrten Behältervolumens verbleibt. Der Unternehmer ist dafür verantwortlich, dass die Umstellung einer Kälteanlage oder Kühleinrichtung auf ein anderes Kältemittel nur von Sachkundigen ausgeführt wird.

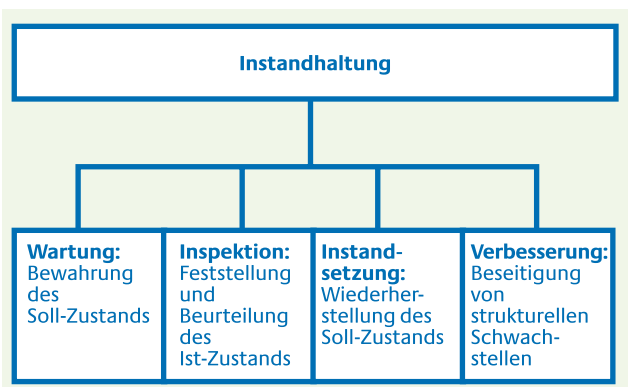


Eine gute Wartung erhält auch die Effizienz der Kälteanlage.

Wärmetauscherflächen sollten regelmäßig gereinigt und Schleimbildner im Kühlwasser vermieden werden. Lamellenverdampfer in Tiefkühlräumen müssen von Zeit zu Zeit abgetaut werden. Auch Verdichter und Antrieb bedürfen einer ausreichenden Instandhaltung. Lose Keilriemen sollten nachgespannt und verschlissene ausgetauscht werden. In alten Anlagen kann durch das Entfernen von Luft und Inertgasen aus dem Kältemittelkreis die Verflüssigungstemperatur gesenkt und damit die Energieeffizienz gesteigert werden.

Hinweise zu verschiedenen Instandhaltungsstrategien und die Minimierung von Produktionsausfall- und Instandhaltungskosten finden Sie auch im Infoblatt „Wartung und Instandhaltung von Pumpen und Pumpensystemen“ der *Initiative EnergieEffizienz*, im Internet unter www.industrie-energieeffizienz.de > **Service/Publikationen**.

Abb. 1: Maßnahmen der Instandhaltung



Lager-, Betriebs- und Kühlräume.

Geschlossene Räume und Bereiche im Freien, in denen Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln aufgestellt sind, müssen als explosionsgefährdete Bereiche festgelegt und entsprechend gekennzeichnet werden. Geeignete Feuerlöscheinrichtungen müssen in ausreichender Zahl bereitstehen und gebrauchsfertig sein. Es dürfen nur Löschmittel verwendet werden, die mit dem Kältemittel nicht gefährlich reagieren.

Kältemittelvorräte müssen in hierfür bestimmten Räumen oder im Freien gesondert aufbewahrt werden und in Maschinenräumen dürfen nur die zum Nachfüllen erforderlichen Kältemittelmengen gelagert sein.

Der Unternehmer darf in Räumen, in denen Apparate mit aktiv bewegten, flexiblen Kältemittelleitungen mit Kältemitteln der Gruppe 2 aufgestellt sind, nur die zum Betrieb der Apparate erforderlichen Mitarbeiter beschäftigen.

Kühlräume und Behälter, die mit Kühlmitteln direkt offen gekühlt werden, sind vor dem Begehen ausreichend zu durchlüften. Ist dies betrieblich nicht möglich, müssen die dort eingesetzten Mitarbeiter geeigneten Atemschutz tragen.

Kühlräume dürfen erst dann abgeschlossen oder verriegelt werden, wenn festgestellt worden ist, dass sich niemand in den Räumen befindet. Mitarbeiter, die in den Kühlräumen beschäftigt sind, müssen eine Kleidung tragen, die einen ausreichenden Kälteschutz bietet. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Mitarbeiter, die der Gefahr der Unterkühlung ausgesetzt sind, in regelmäßigen Zeitabständen überwacht werden. Mitarbeiter dürfen sich in Räumen mit Temperaturen unter -25°C nicht länger als zwei Stunden ununterbrochen aufhalten. Danach müssen sich die Mitarbeiter mindestens 15 Minuten außerhalb des Kühlraums aufwärmen können.

Prüfungen durch Sachkundige.

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Kälteanlagen und Kühleinrichtungen vor ihrer ersten Inbetriebnahme durch einen Sachkundigen einer Dichtheitsprüfung unterzogen und auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden und das Ergebnis dieser Prüfungen vom Sachkundigen bescheinigt wird. Die Bescheinigung ist aufzubewahren. Diese Prüfungen sind auch dann erforderlich, wenn Kälteanlagen oder Kühleinrichtungen geändert worden sind, oder wenn sie länger als zwei Jahre außer Betrieb waren. Flexible Kältemittelleitungen, die aktiv bewegt werden, sind mindestens alle sechs Monate von einem Sachkundigen auf Dichtheit zu prüfen. Dies gilt jedoch nicht für Kältemittelleitungen der Gruppe 1 mit einem Füllgewicht der Anlage bis zu 10 kg.

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Kälteanlagen.

Unter Verfügbarkeit versteht man nach DIN EN 13306 die „Fähigkeit einer Einheit, zu einem gegebenen Zeitpunkt oder während eines gegebenen Zeitintervalls eine geforderte Funktion erfüllen zu können, sofern die erforderlichen äußeren Hilfsmittel bereitgestellt sind.“

Von Kälteanlagen wird eine hohe Verfügbarkeit erwartet. Der Ausfall einer Kälteanlage verursacht in den meisten Fällen erhebliche Kosten. Fällt in einem Hotel die Klimaanlage über längere Zeit aus, verursacht dies Unzufriedenheit bei den Kunden und möglicherweise zukünftige Umsatzeinbußen. Bei der Lebensmittelproduktion führt das Fehlen von Kälte oft nicht nur zu einer Produktionsunterbrechung, sondern auch dazu, dass die gerade im Verarbeitungsprozess befindliche Ware erheblich im Wert gemindert, wenn nicht sogar unbrauchbar wird. Wenn in einem Rechenzentrum durch einen Ausfall der Kälteanlage Server geschädigt werden, kann der Schaden sogar unkalkulierbar groß werden.

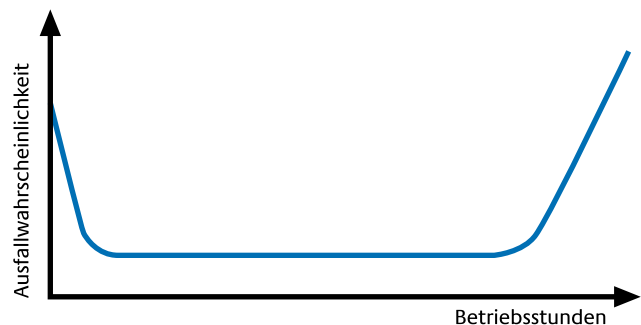
Abb. 2: Einflussgrößen auf die Verfügbarkeit



Die Verfügbarkeit hängt sowohl von der Zuverlässigkeit und Instandhaltbarkeit der Systemkomponenten ab, als auch vom Instandhaltungsvermögen des Anlagenbetreibers bzw. des verantwortlichen Wartungsservices und der gewählten Überwachungs- und Instandhaltungsstrategie. Die Verfügbarkeit einer Kälteanlage kann durch eingebaute Redundanzen und Speicher erhöht werden. Diese Möglichkeit wird weiter unten erörtert.

Die Zuverlässigkeit einer Komponente kann durch die Ausfallwahrscheinlichkeit beschrieben werden. Diese verhält sich bei den meisten Bauteilen entsprechend der charakteristischen „Wannenfunktion“, wie in Abb. 3 dargestellt. Während und kurz nach der Inbetriebnahme ist die Ausfallwahrscheinlichkeit vergleichsweise hoch. Danach hält sie sich relativ konstant auf einem niedrigen Wert bis Verschleiß eintritt. Die Ausfallwahrscheinlichkeit steigt zum gegen Ende der durchschnittlichen Lebensdauer wieder stark an. In der Praxis wird es kaum möglich sein, genaue Angaben über den zeitlichen Verlauf der Ausfallwahrscheinlichkeit einer Komponente zu erhalten. Eine Orientierungsgröße, die einige Hersteller angeben können, ist der durchschnittliche Abstand zwischen zwei Ausfällen MTBF (Mean Time between Failures). Eine gute Basis für die Vereinbarung von Verfügbarkeiten einer Kälteanlage mit dem Anlagenbauer ist die VDI-Richtlinie 3423 „Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen“.


Abb. 3: Ausfallwahrscheinlichkeit über die Lebensdauer



Das Schadensrisiko kann gesenkt werden.

Ausfälle kurz nach der Inbetriebnahme einer Komponente sind meistens durch die Gewährleistung des Herstellers abgedeckt. In manchen Fällen kann es sinnvoll sein, eine längere Gewährleistungszeit zu vereinbaren. Allerdings sorgt die Gewährleistung nur für einen Ersatz des defekten Bauteils. Folgeschäden, insbesondere Betriebsausfall, sind in der Regel ausgeschlossen.

Zur Absicherung von Folgeschäden und Betriebsausfällen kann eine Maschinenversicherung oder eine Betriebsausfallversicherung abgeschlossen werden. Die Prämien dafür sind normalerweise verhältnismäßig hoch. Sie können aber in der Regel nach unten korrigiert werden, wenn der Anlagenbetreiber dem Versicherer glaubhaft darstellen kann, dass das Schadensrisiko nicht so hoch ist. Dafür sollten eine Risikoanalyse vorgenommen und Maßnahmen zur Begrenzung des Risikos getroffen werden. Dies ist auch ohne den Abschluss einer Versicherung zu empfehlen.



Die mögliche Schadenshöhe sinkt z. B., wenn für kritische Systemkomponenten, wie beispielsweise die Verdichter, Ersatz bereit steht und bereits fest in die Anlage integriert ist (Redundanz). Auch Pufferkapazitäten, wie Eisspeicher oder Speichermasse in den Kühlräumen können das Schadensrisiko erheblich senken. Falls im Betrieb entsprechende Wartungskapazitäten verfügbar sind oder der Wartungsservice schnell erreichbar ist, müssen jedoch bei ausreichender Kältepuffer-Kapazität keine redundanten Komponenten eingebaut sein. Es reicht dann aus, wenn diese in einem eigenen Ersatzteillager oder einem Kommissionslager des Lieferanten vorgehalten werden.

In Kühlhäusern ist eine „kryogene“ Notfallkühlung durch Einspritzen von flüssigem Stickstoff preiswerter als das Vorhalten einer redundanten Kältemaschine und kann darüber hinaus auch unabhängig von der Stromversorgung gestaltet werden. Beim Einbau einer solchen Kühlmöglichkeit müssen allerdings Sicherungsmaßnahmen getroffen werden, um das im Kühlhaus arbeitende Personal zu schützen.

Fazit:

An die Zuverlässigkeit von Kälteanlagen werden hohe Anforderungen gestellt. Zum einen, weil diese aufgrund des Drucks und teilweise auch aufgrund der verwendeten Kältemittel Gefahrenquellen für Mensch und Umwelt sind. Zum anderen, weil ihre Verfügbarkeit sehr oft notwendig für die mit ihnen verbundenen Prozesse ist. Kälteanlagen dürfen nur durch Sachkundige gebaut, in Betrieb genommen und verändert werden. Während die Fachfirmen von sich aus verpflichtet sind, bei der Ausführung der Anlage alle sicherheitsrelevanten Mindeststandards einzuhalten, liegt es in der Verantwortung des Betreibers im Planungsprozess die Anforderungen an die Verfügbarkeit zu kommunizieren und während der Betriebsphase für die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und eine sachgemäße Instandhaltung sowie turnusmäßige Prüfungen zu sorgen.

Tipps:

- Schätzen Sie die Kosten eines Betriebsausfalls Ihrer Kälteanlage möglichst genau ab.
- Lassen Sie in Angeboten die Verfügbarkeit gemäß VDI-Richtlinie 3423 spezifizieren und vergleichen Sie die Lebenszykluskosten für Anlagen mit unterschiedlichen Verfügbarkeiten.
- Informieren Sie sich genau über Ihre Verpflichtungen als Betreiber und sorgen Sie für eine eindeutige und umfassende Zuteilung von Verantwortlichkeiten in Ihrem Betrieb.
- Erstellen Sie rechtzeitig die notwendigen betriebsinternen Verfahrens- und Arbeitsanweisungen.

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