

Sanierung von Wasserkühlanlagen

Erwin Ochsner, Wald (bei Zürich)

In den nächsten Jahren müssen wegen Erreichung der Lebensdauer oder wegen verbotener Kältemittel kleinere und größere Wasserkühlanlagen ersetzt werden. In den letzten 15 Jahren meiner beruflichen Tätigkeit befasste ich mich ausschließlich mit der Sanierung solcher Anlagen. War es ursprünglich nur die Grobplanung zum Ersatz der Kaltwassereinheiten, erweiterte sich das Aufgabengebiet immer mehr. Mit der Zeit übernahm ich die Aufgabe zur Planung für Projekt und Ausführung inklusive Bauleitung und Abnahmen. Die dabei gesammelten Erfahrungen sind im nachfolgenden Artikel zusammengefasst, um jungen Berufsleuten eine Richtschnur für ihre Aufgaben zu geben.

Grundlagen

Als Erstes ist die Frage zu stellen, ob die vorhandene Kälteanlage bezüglich Leistung und Wassertemperaturen den heutigen Anforderungen noch genügt. Basis für eine richtige Dimensionierung bilden die Energieverbrauchswerte. Beste Voraussetzung dazu gibt eine einwandfrei geführte Energiebuchhaltung, die über die Belastung der Anlage Aufschluss gibt.

Sind keine Dokumente vorhanden, müssen unbedingt Messungen durchgeführt werden, die repräsentative Werte zur Dimensionierung der neuen Anlage ergeben. Messungen erweisen sich aber auch als sinnvoll zur Erhärtung der Daten aus der Energiebuchhaltung. Messungen von Betriebszeiten und Temperaturen bei definierten Außenzuständen vervollständigen die notwendigen Unterlagen.

Neben all diesen betriebsrelevanten Größen sind aber auch Planunterlagen der bestehenden Anlagen sehr wichtig, um sich ein Bild über die Bau- und Anlageverhältnisse zu schaffen.

Im Weiteren ist abzuklären, ob z. B. in absehbarer Zukunft im Einzugsbereich der Kälteversorgung Gebäudeerweiterungen geplant sind, deren Anlagen in die Kälteversorgung einzubinden sind.

Anlagebauarten

Kaltwassererzeugungsanlagen bestehen generell aus Verdichter, Verdampfer, Verflüssiger, Kältemittelverbindungsleitungen sowie Schaltschrank und interner elektrischer Verdrahtung. Bei vielen Einheiten sind die Wasseranschlüsse und Pumpen und je nach Fabrikat ein technischer Speicher eingebaut. Die hydraulische Einbindung der Kalt- und Kühlwassernetze ist bei allen Bauarten ähnlich.

Im Betrieb unterscheiden sich die verschiedenen Anlagebauarten in ihren Bauelementen folgendermaßen:

Verdichter

- Kolbenverdichter
- Schraubverdichter
- Turboverdichter

Wärmetauscher

- Röhrenkesselbauart
- Plattenbauart
- Koaxialbauart

Absorptionsanlage

Eine Besonderheit stellt die Funktion der Absorptionsanlage. Diese Anlagen werden am wirtschaftlichsten mit „Abfallwärme“ betrieben. Da solche Anlagen meistens nur

zum Autor

Dipl. Masch.-Ing.
FH Erwin Ochsner,
Fachjournalist
Kälte Klima Lüftung
Heizung
Wald (bei Zürich)



im Sommer in Betrieb sind, bietet sich die Nutzung von Abwärme an, die im Winter zum Heizen verwendet wird.

Die meisten Serienmaschinen benötigen eine Heiztemperatur von 105 °C. Je nach Fabrikat liegen die Einsatzgrenzen zwischen 85 und 170 °C. Der Nutzungsgrad einer solchen Anlage ist abhängig von der Heizwassertemperatur, je höher, desto besser. Die normalerweise verwendete Stoffpaarung Wasser/Lithiumbromid als Kälteüberträger begrenzt die Kaltwassertemperatur auf +4 °C. Der Absorptionsprozess hat außer zwei Pumpen keine bewegten Teile, deshalb ist der Wartungsaufwand sehr klein.

Die stufenlose Leistungsregelung garantiert auch bei Teillast einen wirtschaftlichen Betrieb. Weil die Leistungsanpassung jedoch sehr träge ist, empfiehlt sich die Beistellung einer Wasserkühlanlage mit Verdichtern für die Grundlast und zum Ausgleich der Trägheit des Absorbers.

Wahl des Kältemittels

Die meisten Wasserkühleinheiten werden heute mit dem Kältemittel R134a geliefert. Viele Hersteller bieten auch Anlagen mit R407C und einige wenige mit R410A an. Wegen der Umweltschutzvorschriften in Ländern wie z. B. der Schweiz werden auch immer mehr Einheiten mit dem Kältemittel Ammoniak installiert, werden jedoch be-



Eiswasserkühlanlage vor der Sanierung, Totalkälteleistung 3-mal 300 kW, Kältemittel R22



Sanierte Kaltwasseranlage mit Schraubenverdichter und luftgekühlten Verflüssigern, Kälteleistung 2-mal 450 kW, Kältemittel R404A

reits die ersten Wasserkühleinheiten mit dem Kältemittel Propan gebaut. Beim Einsatz dieser natürlichen Kältemittel gilt es, die einschlägigen Installationsvorschriften genauestens zu beachten.

Aufteilung der Kälteleistung

Je nach Situation (Objekt bezogen) empfiehlt sich die Aufteilung der Leistung bei größeren Anlagen auf zwei oder mehr Einheiten. Damit lässt sich im Teillastbetrieb eine bessere Wirtschaftlichkeit erzielen. Aber auch aus Sicherheitsgründen ist es ratsam, die Kälteleistung auf zwei oder mehr Einheiten aufzuteilen. Bei Ausfall einer Einheit lässt sich immer noch ein Notbetrieb aufrechterhalten. Spitäler, Rechenzentren, Labor- und Fabrikationsanlagen usw. werden aufgrund von Notbetriebsszenarien mit zusätzlichen Reserve-Wasserkühleinheiten ausgerüstet.

Die Leistungsgröße bei Einsatz mehrerer Einheiten ist vielfach verschieden, weil sie dem Lastprofil angepasst wird. Wegen des Unterhalts und der Ersatzbeschaffung besteht jedoch die Tendenz zur Aufteilung auf gleich große Wasserkühleinheiten. Auf wie viele Einheiten die Leistung verteilt wird, ist abhängig von der Verdichterbauart. Bei Kolbenverdichtern ist man wegen der Leistungsbegrenzung nach oben eher geneigt, auf mehrere kleinere Einheiten aufzuteilen. Schrauben-, Turbo- und Absorptionsanlagen werden eher für größere Leistungen eingesetzt, und die Unterteilung erfolgt in größeren Leistungssprüngen.

Leistungsregulierung

Wasserkühleinheiten werden ab Werk betriebsfertig geliefert. Das schließt auch die

interne Temperatur- und Druckregelanlage ein. Die Anlage arbeitet immer auf die am Regler eingestellte Kaltwasseraustrittstemperatur, die der Anforderung entsprechend gewählt werden kann.

Die heutigen Mikroprozessoren der Regler lassen jedoch noch viele zusätzliche Funktionen zu. So lassen sich z. B. mehrere Einheiten in das Regelprogramm der ersten im Betrieb stehenden Einheit einbinden. Diese übernimmt dann die Führung und schaltet die nächsten Einheiten und deren Regelstufen dem Leistungsbedarf der Verbraucher zu und weg. Verschiedene Hersteller haben in diese Regelanlagen Optimierungsprogramme eingebaut, welche die Kälteerzeugung immer mit dem besten COP-Wert der Verdichter betreiben. Neben dem optimalen Takten der einzelnen Regelstufen erfolgt auch ein optimaler Einsatz der Rückkühlung. Der Verflüssigungsdruck wird gleitend der Rückkühlwassertemperatur angepasst.

Normalerweise sind die Verdichter je nach Bauweise zur Leistungsregelung mit Zylinderabhebung, Schiebersteuerung oder Leitschaufelregelung ausgerüstet. Neuerdings werden Verdichter mit Drehzahlregelung angeboten, die ebenfalls ein optimales Regeln der Kaltwasservorlauf-temperatur zulassen.

Die Wasserkühleinheit arbeitet mit einer konstanten Wassermenge durch den Verdampfer, was bei Vollast einer bestimmten Wassertemperaturdifferenz entspricht. Ist die Kaltwasserrücklauf-temperatur höher, als die für die Wasserkühleinheit geplante, erhöht sich auch die Vorlauf-temperatur, weil wegen der konstanten Wassermenge die Temperaturdifferenz eingehalten wird. Dieser Zustand tritt vermehrt auf, wenn die Verbraucher mit Durchgangsventilen ausgerüstet sind. Es

empfiehlt sich deshalb, im Wasserkreislauf des Verdampfers im Rücklauf ein Dreiwegventil einzubauen, damit die Rücklauf-temperatur zum Verdampfer einen bestimmten Wert nicht übersteigt. Dasselbe gilt auch für den Rückkühlwasserkreislauf, dessen Dreiwegventil vom Verflüssigungsdruck geregelt wird.

Bereits jetzt gibt es auch Wasserkühleinheiten am Markt, die variable Wassermengen über Verdampfer und Verflüssiger erlauben. Das bedingt eine besondere interne Regelung, die mit elektronischen Kältemittlexpansionsventilen arbeitet und darüber wacht, dass eine minimale Differenz zwischen Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur nicht unterschritten wird.

Normalerweise lassen sich Wasserkühleinheiten in Gebäudeleitsysteme einbinden. Erfahrungsgemäß werden dabei nur Betriebs- und Störungsparameter aufgeschaltet. Von der externen Beeinflussung des Kältekreislaufs ist jedoch abzuraten, weil der Eingriff in das Kältesystem den Fachleuten vorbehalten sein soll; auch wenn kein Eingriff in den Kältemittelkreislauf erfolgt.

Rückkühlung

Die dem Kaltwassersystem im Verdampfer entzogene Energie, vermehrt um die Leistung des Antriebsmotors, muss im Verflüssiger der Kaltwassereinheit abgeführt werden. Dies kann auf verschiedene Arten erfolgen.

Netz- oder Industrierwasser

Bei verschiedenen zu sanierenden Anlagen erfolgt die Rückkühlung noch mit Netz-wasser. In den meisten Fällen wird die



Teil einer Kühlturmanlage zu einer Klimakälteanlage, Ventilatoren umgebaut auf Drehzahlregelung



Luftgekühlte Verflüssiger zu den Wasserkühlmaschinen

Bewilligung zur Nutzung von Netzwasser nicht mehr erneuert und man muss ein anderes Verfahren anwenden. Nicht so bei Industrierwasser, das in großen Industriebetrieben, aber auch in größeren Städten zur Verfügung steht. Diese Bewilligungen werden meist erneuert, jedoch mit Auflagen bezüglich Menge und Abflusstemperatur.

Luftgekühlter Verflüssiger

Diese Art Rückkühlung, bei dem das Kältemittel direkt gekühlt wird, wählt man, wenn kein Wasser zur Verfügung steht oder die Betriebskosten günstiger sind als bei anderen Rückkühlmöglichkeiten. Luftgekühlte Verflüssiger sind im Normalfall mit Axialventilatoren ausgerüstet, dabei ist besonders auf die Lärmvorschriften der Umgebung zu achten.

Kühltürme

Das ist die meist verbreitete Art der Rückkühlung. Die Anwendung ist sehr einfach, dafür ergeben sich nicht zu vernachlässigende Betriebskosten. Circa 5% der umgewälzten Wassermenge geht durch Verdunstung, Spritzverluste und Abschlämmung verloren. Das Ersatzwasser muss teilentsalzt und teilenthärtet sein, dabei ist die Empfehlung des Kühlturmlieferanten unbedingt einzuhalten. Der Kühlturm ist auch ein Luftwäscher, das bedeutet, dass ein Teil der Luftverschmutzung im Kühlturm ausgewaschen wird und sich im Sammelbecken niederschlägt. Das Becken und allfällig vorgeschaltete Luftfilter sind deshalb periodisch zu reinigen. Ein Nachteil des Kühlturms ist seine Dampffahne bei

tiefen Außentemperaturen. Das kann mit ein Grund sein, wenn eine Aufstellungsbeurteilung verweigert wird. Abhilfe kann ein im Luftstrom nachgeschalteter Wärmetauscher bringen, durch den zuerst das zu kühlende Wasser gefördert wird. Kühltürme weisen im Normalfall Radialventilatoren auf, jedoch ist auch bei solchen Anlagen der Geräuschpegel zu beachten, vor allem bei Teillast, weil das Plätschern des Wassers störend wirken kann.

Trockenkühlwerk

Der wassergekühlte Verflüssiger einer Wasserkühlmaschine und das Trockenkühlwerk sind durch ein geschlossenes Rohrsystem miteinander verbunden. Als Energieträger dient ein Wasser-Glykol-Gemisch, damit das System im Winter nicht entleert werden muss.

Industriekühler

Die Funktion ist ähnlich der des Kühlturms. Das Rückkühlwasser zirkuliert durch ein im Rückkühler eingebautes Rohrregister. Das mit Außenluft durchblase Register wird mit Umwälzwasser besprüht, was den erwünschten Kühleffekt hervorruft. Bezüglich Betriebskosten, Geräusche und Dampffahne gilt das Gleiche wie bei Kühltürmen.

Evaporativverflüssiger

Das ist die gleiche Bauart wie beim Industriekühler. Statt des Wasser-Glykol-Gemisches zirkuliert im Rohrbündel Kältemittel.

Hybridkühler

Die Funktion ist ähnlich dem Industriekühler. Das Umwälzwasser wird jedoch genau dosiert als Wasserfilm auf die Austauschfläche verteilt. Da das Wasser verdunstet, entsteht keine Dampffahne. Die Betriebskosten sind geringer als beim Kühlturm und dem Industriekühler.

Leistungsregulierung

Auch Rückkühlwerke lassen sich energieeffizient betreiben. Mit drehzahlregulierten Ventilatoren spart man elektrische Energie. Im Teillastbetrieb lässt sich die freie Kühlung nutzen, indem man auf die Wasserbesprühung der Wärmetauscher verzichtet oder bei Kühltürmen die Luftumwälzung ausschaltet. Solche Betriebsarten lassen die Optimierungsprogramme von Mikroprozessoren zu und können in die Regelung der Wasserkühlheiten eingebunden werden. Zur Ermittlung des optimalen Betriebs stellen die Lieferanten Rechnerprogramme zur Verfügung.

Hydraulische Schaltungen

Bei allen von mir geplanten und ausgeführten Anlagen sind die Kaltwassererzeuger und Verbraucherkreise hydraulisch getrennt. Das wird mit einem Speicher oder einem Bypass zwischen Vor- und Rücklauf bewerkstelligt. Jeder Verdampfer und der Verbraucherkreis weisen deshalb eigene Pumpen auf. Die meistens verschiedenen Wassermengen in beiden Systemen beeinflussen so die Kälteerzeugung nicht negativ. Dem Einsatz drehzahlregulierter Pumpen im Verbraucherkreis sind so keine Grenzen gesetzt. Auch bei der Anwendung



Trockenluftkühler für Sole im Kühlkreislauf



Abnahme eines Turbowasserkühlsatzes auf dem Prüfstand von McQuay



Solekühlanlagen mit Kältemittel R134a

variabler Wassermengen über die Verdampfer empfiehlt sich die hydraulische Trennung, weil die minimale Wassermenge durch den Verdampfer meistens größer ist, als die über die Verbraucher gefahrene.

Speichersysteme

Kaltwasserspeicher im Bypass zwischen Vor- und Rücklauf dienen zwei Anforderungen. Beim Ein/Ausschaltbetrieb bei minimaler Teillast empfiehlt sich eine Stillstandzeit von mindestens 20 Minuten bis zum nächsten Start, und diese Zeit lässt sich mit einem technischen Speicher überbrücken. Vielfach lässt sich mit einem günstigeren Tarif Kaltwasser erzeugen und speichern. Das Speichervolumen ist entsprechend den Leistungsanforderungen über eine definierte Zeit zu berechnen. Vielfach dient ein Speicher auch zur Abdeckung von kurzfristigen Spitzenlasten.

In ganz speziellen Fällen eignet sich der Einbau von Eisspeichern. Statt Kaltwasser wird Sole für den Kreislauf verwendet. Die Einbindung des Speichers hat entsprechend den Vorschriften des Lieferanten zu erfolgen.

Abwärmenutzung

Die Abwärmeenergie aus dem Verflüssiger weist meistens eine zu niedrige Temperatur auf, um genutzt zu werden. Verschiedene Hersteller bieten den zusätzlichen Einbau von Enthitzern an zur Nutzung eines Teils der Verflüssigerabwärme bei höherer Temperatur.

Wasserkühleinheiten, speziell für Klimaanlagen, sind meistens nur im Sommer in Betrieb. Sie bieten sich deshalb zum Be-

trieb als Wärmepumpen im Winter an. Abwärme steht meistens in Form von Fortluft aus den Klimaanlagen zur Verfügung; das jedoch nur, wenn keine andere Wärmerückgewinnung vorhanden ist. Um sich über die Möglichkeit der Abwärmenutzung Klarheit zu verschaffen, empfiehlt sich die Erstellung einer Energieanalyse des Gebäudes und eventuell von Nebengebäuden.

Vorschriften, Verordnungen, Gesetze

Bei der Planung und Ausführung der Anlage gibt es verschiedene Bedingungen zu erfüllen. Betreffend der Kältemittel wurde bereits in diesem Abschnitt hierauf aufmerksam gemacht. Weiter ist auch darauf zu achten, ob Energiegesetze die maximale Kälteleistung beschränken und allenfalls eine Abwärmenutzung vorschreiben. Sind für Klimaanlagen Bewilligungen notwendig, sind meistens auch Kälteanlagen dieser Pflicht unterworfen.

Für Bau und Betrieb kommen verschiedene Normen und Richtlinien zur Anwendung, die zu berücksichtigen sind. Eine sehr wichtige, vor allem für Geräte, die im Freien aufgestellt werden, ist der Einfluss der Schallausbreitung. Aber auch im Gebäude ist darauf zu achten, dass keine Geräusche übertragen werden.

Nebendarbeiten

Der Name stimmt eigentlich nicht. Nebendarbeiten sind es nur für den Kälteanlagenbauer. Aber sie sind ebenso wichtig, denn ohne sie ist der Betrieb nicht möglich. Folgende Gewerke gehören deshalb ebenfalls zum Bau einer Kälteanlage:

Lüftungsanlagen

Kälteerzeugungsanlagen befinden sich meistens in fensterlosen Untergeschossen, die mechanisch zu belüften sind. Die Außen- und Fortluftmengen richten sich nach der Art des verwendeten Kältemittels. Sie beeinflusst auch, ob die Fortluft am Boden oder an der Decke abgesaugt werden muss.

Sanitäranschlüsse

Je nach Mediumtemperatur können Teile der Anlage schwitzen. Das Tropfwasser ist zu sammeln und über einen Ablauf wegzuführen. Weiterhin gehören in eine Kältezentrale ein Wasseranschluss zum Füllen des Leitungssystems sowie Abläufe zum Entleeren. Die Unterhaltsleute sind dankbar, wenn auch ein Spülbecken eingebaut wird. Bei Kühlturmanlagen braucht es eine Wasseraufbereitung mit den notwendigen Anschlüssen und Installationen zur Aufbereitung des Ersatzwassers und zur Wegführung des Abschlammwassers.

Elektrische Installationen, Schaltschrank

Wasserkühlmaschinen werden betriebsbereit geliefert mit interner Verdrahtung, Schützen, Relais, Schalter, Regler und Sicherungen. Bauseitig sind lediglich die Zuleitung, der Hauptschalter und die Absicherung vorzusehen. Diese werden meistens im Anlagenschaltschrank eingesetzt, in dem auch die übrigen elektrischen Apparate für Pumpen, Regelungen für externe Ventilatoren usw. untergebracht sind. Vielfach sind aber auch noch zusätzliche Verdrahtungen zwischen den Wasserkühleinheiten und dem



Wasserkühleinheit für R134a, Schraubverdichter zur Geräuschminderung in ein Gehäuse eingebaut



Einer von drei Turboverdichtern mit einer Kälteleistung von 1400 kW für Kältemittel R134a

Schaltschrank notwendig, um Abhängigkeiten und Verriegelungen unter den Systemen zu verwirklichen. Meistens ist auch die Unterstation zum Leitsystem eingebaut.

Bauarbeiten

Die Verdichter stehen meistens schon auf Schwingungsdämpfern. Es ist aber abzuklären, wie der Sockel für die ganze Einheit bezüglich Schwingungsübertragung auf das Gebäude zu gestalten ist. Das gleiche gilt auch für Rohrtragkonstruktionen.

Von Vorteil ist es, um die Kälteanlagen einen Betonkragen zu ziehen. Abtropfendes Schwitzwasser kann so zurückgehalten und dem Ablauf zugeführt werden. Damit lässt sich die Verschmutzung des Maschinenraumbodens weitgehend verhindern.

Es ist auch abzuklären, ob zusätzliche Aussparungen gebohrt oder gefräst werden müssen. Beim Schließen der Aussparungen sind diese Arbeiten entsprechend den Brandschutzvorschriften auszuführen.

Bei der Sanierung ist mit dem Bauherr oder Betreiber abzuklären, ob der Maschinenraum einen neuen Anstrich nötig hat. Auch die Zugangstür ist zu überprüfen, ob sie den gesetzlichen Anforderungen noch entspricht.

Transporte

Bei Neuanlagen sind Transporte überwiegend einfach, Sanierungen stellen meistens wesentlich größere Anforderungen. Die bei der Erstellung der Anlage vorhandenen Transportwege sind vielfach durch bauliche Änderungen nicht mehr ohne weiteres passierbar. Auch der Transport zum Gebäude kann problematisch sein. Vielfach sind Hebezeuge, Krananlagen oder in speziellen Fällen Helikopter zur Einbringung notwendig. Für den reibungslosen Ablauf empfiehlt sich die Erstellung eines Ablaufplanes mit Einbindung aller Teilnehmer zur Festlegung der Termine. Abzuklären gilt es auch, wer über das Transportvorhaben wegen zeitweiser Be-

hinderungen zu orientieren ist. Sollte ein Kran auf der Straße oder sonstigem öffentlichen Grund platziert werden, ist die Polizei zu informieren und eventuell eine Bewilligung einzuholen. In Betriebsarealen ist zusätzlich abzuklären, ob allenfalls eine Feuerwehrezufahrt oder für die Produktion wichtige Transportwege tangiert werden.

Abnahmen

Nebst Zwischenabnahmen auf der Baustelle für Komponenten, die aus baulichen Gründen später nicht mehr zugänglich sind, oder Leitungsrohren vor dem Anbringen der Dämmung, empfiehlt sich in vielen Fällen die Werksabnahme der Wasserkühleinheit. Die meisten Hersteller besitzen Prüfstände zum Test nach ARI-Grundlagen. Mit diesen zertifizierten Anlagen lässt sich die Leistung bei Voll- und Teillast überprüfen inklusive der garantierten COP-Werte. Diese vertraglich garantierten Werte lassen sich auf der Anlage nicht mehr überprüfen. Zugleich lassen sich die elektrischen Instal-

lationen und ganz allgemein der Zustand der Anlage kontrollieren. Treten beim Test Mängel auf, lassen sich diese ohne große Umstände beheben. Werden diese erst bei der Inbetriebsetzung der Gesamtanlage entdeckt, ist mit größeren Umtrieben zu rechnen, die wesentlich teurer zu stehen kommen als eine Werksabnahme.

Nach der Inbetriebsetzung der Gesamtanlage erfolgt die Abnahme der gesamten Anlage sowie der Anlageteile. Dazu ist vorgängig ein Abnahmeformular zu erstellen, das alle einschlägigen Daten der Anlage und die zu prüfenden Parameter festhält. Als Beilagen sind auch die Werksabnahme und allfällige Vorabnahmen sowie das Protokoll der Druckprobe beizufügen. Dazu gehören auch die Betriebsunterlagen gemäß separatem Abschnitt.

Planung und Ausführung

Wie aus den vorangehenden Erläuterungen zu entnehmen ist, sind bei der Ausführung verschiedene Berufsgattungen betroffen. Im Weiteren ist aber auch der neueste Stand der Gesetzgebung zu berücksichtigen. Um all diesen Bedingungen Rechnung zu tragen, empfiehlt es sich, einen Planer zu beauftragen, der fähig ist, die Gesamtplanung zu übernehmen inklusive der notwendigen Verantwortung. Dieser Fachmann soll von der ersten Idee bis zur Abnahme das Vorhaben fachlich begleiten.

Als erster Schritt ist ein erweiterter Kostenvoranschlag zu erstellen, der auch mögliche Varianten mit einschließt. Dazu sind auch die notwendigen Platz- und Transportverhältnisse abzuklären und ein Grobterminplan zu erstellen. Diese Arbeit bildet die Grundlage zum Entscheid, wie und in welchem Umfang die Sanierung ausgeführt werden soll.

Liegt ein positiver Entscheid vor, müssen als Nächstes die Submissionen für die einzelnen Fachgebiete erstellt und zum Wettbewerb ausgeschrieben werden. Mit der Vergabe der Arbeiten ist erst zu beginnen, wenn alle Angebote mit den Budgetzahlen verglichen sind. Nur so kann der Kostenplan eingehalten respektive Kostenüberschreitungen frühzeitig erkannt werden.

Der letzte Handwerker auf der Baustelle ist meistens der Elektriker und seine Kosten sind im Voraus vielfach ungenau zu bestimmen und bilden einen großen Unsicherheitsfaktor bei der Kostenplanung. Es empfiehlt sich deshalb, das Fabrikat der Regelanlage frühzeitig zu bestimmen, um das Schema zu erstellen. Damit können vom Elektriker und Schaltschrankbauer zuverlässige Angebote eingeholt werden.

Aufgrund der Angebote lassen sich nun die Vergabeanträge und Verträge mit den Ausführungsterminen erstellen. Mit diesen Grundlagen lässt sich ein Gesamtterminplan anfertigen als Richtlinie für die Montagearbeiten.

Wie bereits erwähnt, ist es vorteilhaft, einen Gesamtplaner zu beauftragen, der sämtliche Gewerke überwacht. Das spart dem Bauherrn Kosten und vor allem Zeit, da er nur einen Verhandlungspartner hat.

Betriebsunterlagen

Nach einer einwandfreien Planung und Montage der Anlage ist auch ein zuverlässiger Betrieb anzustreben. Vom Ersteller der Kälteerzeugung sind bei der Abnahme folgende Unterlagen abzuliefern, die für Betrieb und Wartung wichtig sind:

- R+I-Schema
 - Anlagepläne
 - Koordinationspläne
 - Elektroschema
 - Betriebs- und Wartungsanleitung der Anlagekomponenten
 - Abnahmeprotokolle
 - Unterlagen für die Energiebuchhaltung
- Sämtliche Pläne und Unterlagen müssen dem neuesten Stand entsprechen, d.h. alle Änderungen, die während der Bauphase und der Inbetriebsetzung vorgenommen wurden, sind nachgetragen.

Schlussfolgerung

Diese Ausführungen zeigen, dass die Sanierung einer Kälteanlage in verschiedenen Stufen erfolgen soll. Weiterhin geht klar hervor, dass eine Gesamtplanung unter Berücksichtigung aller wichtigen Bedingungen hohe Ansprüche an die Projektarbeit stellt. Es lohnt sich also, bestens ausgewiesene Fachleute zu beauftragen.

Wichtig ist auch eine eingehende Analyse der bestehenden Anlage. Hat der Unterhalt regelmäßig stattgefunden, sind bestehende Mängel bereits bekannt, so lassen sie sich in die Planung miteinbeziehen. Dieses Vorgehen schützt vor unrentablen Notlösungen, wenn bereits vor der Sanierung ein Schadenfall eintritt.

Auch ein tadelloser Unterhalt der Neuanlage ist ein Garant für die Betriebssicherheit. Das heißt, Wartung und Unterhalt ist bereits während der Garantiezeit wichtig. ■

Terminplan für die Sanierung einer Wasserkühlanlage, Rückkühlung mit Industrierwasser

