



„Neuer“ Maschinenraum für die Flo-Ice-Kältezentrale. Die linke Abbildung zeigt den am Boden befindlichen Sensor für die Propan-Warnanlage, die in der ersten Alarmstufe (Grenzwert ca. 50 ppm) die EX-geschützte extern befindliche Maschinenraumentlüftung einschaltet. Auf der mittleren Abbildung sind die Generatoren mit aufgesetzten Getriebemotoren für die Flo-Ice-Erzeugung zu sehen, auf der rechten Abbildung der luftgekühlte Kanalverflüssiger.

Beschreibung der Kältesysteme und Anlagen

Erneuerung der bestehenden Gewerbekühlanlagen mit einer zentralen Flo-Ice-Technologie. Hierzu im einzelnen:

Beschreibung der Flo-Ice-Anlage

Auf einem gemeinsamen Grundrahmen sind die Sicherheits-, Schalt- und

Regelgeräte und alle kältetechnischen Hauptkomponenten der Normal- und Tiefkälteanlage montiert. Ebenso sind die Flo-Ice-Primär- und Sekundärpumpen installiert.

Die Flo-Ice-Normalkälteanlage besteht aus zwei Flo-Ice-Erzeugern in stehender Betriebsweise mit je einem Getriebemotor. Jeder Eiserzeuger ist mit

einem Expansionsventil ausgestattet. Die halbhermetischen Verdichter eignen sich für das Kältemittel R 290 (Propan). Die Verflüssigerwärme des Normalkältekreislaufs wird in einem luftgekühlten Kanalverflüssiger an die Fortluft abgegeben. Der Kälte Träger zu den Kühlstellen ist ein 10 %iges Talin-Corin-Wassergemisch. Die Tempera-



Pumpenbetriebener Flo-Ice-Kreislauf. Die rechte Abbildung zeigt ausschnittsweise den Flo-Ice-Speicher, der ein Volumen von 1,50 m³ besitzt. Die linke Abbildung außen zeigt die Schaugläser, die im Vor- und Rücklauf der Flo-Ice-Ringleitung eingebaut sind.



Die gesamte SPS-Steuerung ist in einem zentralen Schaltschrank untergebracht, der weitergehend an die bereits vorhandene Gebäudeleittechnik angeschlossen ist und somit eine Prozeßvisualisierung und Datenerfassung ermöglicht. Die linke Abbildung zeigt die Flo-Ice-Kälteanlage mit Speicher und Pumpenstation, die rechte Abbildung das Flo-Ice-Rohrsystem, die Kühlstellen und die Tiefkühl-Kälteanlage.

tur, bei welcher sich die Eiskristalle bilden, beträgt ca. $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Korngröße der Eiskristalle ist kleiner als $0,1\text{ mm}^2$. Diese werden direkt beim Entstehen an der Verdampferoberfläche abgewischt. Mit der primärseitigen Flüssigkeit gelangen diese dann in den Flo-Ice-Speicher. Hier werden sie bis auf eine Konzentration von 50 % angesammelt. In einem hochwertig isolierten Flo-Ice-Eisspeicher kann bei einem Volumen von $1,50\text{ m}^3$ max. eine Kältearbeit von 42 kWh eingelagert werden. Der Ladezustand des Flo-Ice-Eisspeichers wird von dem Eiskonzentrationsregler geregelt. Die Sonden sind im Speicher und der Regler ist im Schaltschrank montiert. Der Einbau des Eiskonzentrationsreglers erfolgt im zentralen Schaltschrank. Im Eisspeicher sind zwei Sonden für die Eiskonzentrationsmessung und ein Sensor für die Füllstandüberwachung montiert. Im Eisspeicher können maximal 42 kWh gespeichert werden. Im Speicher ist ein Rührwerk installiert. Mit diesem werden die im Sekundärkreis benötigten Eisanteile relativ gleichmäßig vorgehalten.

Im Maschinenraum und im Tiefkühlraum ist eine Überwachung der Atmosphäre eingebaut. Bei einem eventuellen Gasaustritt wird die externe Entlüftungsanlage eingeschaltet. Beim Ansprechen eines Sensors wird die elektrische Zuleitung zum Hauptschaltschrank stromlos unterbrochen. Entsprechend den EU-Vorschriften erfolgt die Regelung und Überwachung der Kühlstellentemperatur automatisch. Zur Überwachung und zum Aufzeichnen der einzelnen Raumtemperaturen gehen die Meldungen an die zentrale

Gebäudeleitanlage. Jede Kühlstelle (Kühlraum) hat anstelle eines Expansions- und Magnetventils eine Kühlstellenladepumpe. Diese wird vom Kühlstellenregler, je nach Kältebedarf, zu- und abgeschaltet. Alle Kühlräume – bis auf den Tiefkühlraum – haben keine elektrische Abtauheizung.

Ablauf der Baumaßnahmen

Das Umstellen der vorhandenen kältetechnischen Einrichtung auf die neue Flo-Ice-Technologie erfolgte in mehreren Bauabschnitten.

Zunächst wurde die neu zu installierende Flo-Ice-Anlage mit einem luftgekühlten Verflüssiger und Radialventilator, dem Flo-Ice-Speicher und dem gemeinsamen Schaltschrank im neuen Maschinenraum eingebaut. Zusätzlich zum Verflüssigerventilator ist ein explosionsgeschützter Sicherheitsventilator installiert. Weiterhin sind die Vor- und Rücklaufverteiler im gleichen Maschinenraum montiert.

An den einzelnen Abgängen des Vorlaufverteilers sind pro Kühlstelle eine Kühlstellenladepumpe, ein Flo-Ice-Bypass, zwei Strangabgleichsventile und zwei Kugelabsperrventile montiert. Das Rohr-Verteilernetz zu den Kühlstellen wurde in Kupferrohr ausgeführt. Die Rohrleitungen sind bis zu den vorhandenen Kühlstellenaustauschern (Ventilatorluftkühler) verlegt und mit Kugelabsperrventilen versehen. Nach erfolgreich abgeschlossenem Dichtigkeits-test wurden alle Rohrleitungen mit einer 19 mm starken Isolierung ummantelt. Bei der Rohrleitungsverlegung wurde besonders beachtet:

- Alle Rohrleitungen sind mit horizontalen 45° Abgangsbögen (in Strö-

mungsrichtung) ausgeführt worden.

- Die Bögen wurden mit einem Radius größer als $3 \times$ Durchmesser installiert.
- Die Strömungsgeschwindigkeit in den Rohren ist immer größer als 0,5 m/s.

Nach dem Dichtigkeitstest erfolgte die erste Inbetriebnahme und Einregulierung. Hierzu wurde die Anlage mit dem Flo-Ice-Gemisch befüllt. Der erfolgreiche Test aller Schalt- und Regelfunktionen fand während des Probelaufs statt.

Nach diesem Test wurden die einzelnen Kühlstellen schrittweise auf die Flo-Ice-Technologie umgestellt. Hierzu mußte das FCKW-Kältemittel aus den alten Anlagen abgesaugt und einer ordentlichen Entsorgung zugeführt werden. Nach dem Abschluß der Umstellungsarbeiten sind die alten Anlagenteile elektro- und kältetechnisch aus dem alten Maschinenraum ausgebaut und ebenfalls einer vorschriftsmäßigen Entsorgung zugeführt worden.

Funktionsbeschreibung der Flo-Ice-Kältekreisläufe

Normalkältekreislauf

Das Einschalten der Kälteanlage für den Normalkältekreislauf erfolgt vom Konzentrationsregler aus. Zuerst wird die Primärpumpe, dann der Getriebemotor des Eiserzeugers und anschließend der Verdichter zugeschaltet. Der Verdichter saugt überhitztes und unter niedrigem Druck stehendes Kältemittelgas aus dem Eiserzeuger. Das unter niedrigem Druck stehende Gas wird in den Verdichter auf ein unter hohem Druck stehendes Gas verdichtet. Im luftgekühlten Kanalverflüssiger wird

das unter hohem Druck und hoher Temperatur stehende Gas abgekühlt und verflüssigt. Die ebenfalls unter hohem Druck stehende Kältemittelflüssigkeit gelangt über einen Filtertrockner und ein Magnetventil zum Expansionsventil. Je nach Kältebedarf verdampft das Kältemittel im Ringspalt des Eiserzeugers. Das jetzt unter niedrigem Druck stehende Kältegas wird vom Verdichter angesaugt und der Kältekreis ist geschlossen. Beim Abschalten des Eiserzeugers werden die Antriebe in umgekehrter Reihenfolge abgeschaltet. Die jeweiligen Kältemitteldrücke werden auf einer Hoch- und Niederdruck-Manometerstation angezeigt. Die Sicherheitskette des Kältekreislaufs besteht aus Nieder- und Hochdruckwächter, einem Sicherheitsbegrenzer und einer Kurbelgehäuseheizung.

Tiefkühlkältekreislauf

Die Kälteanforderung für den Tiefkühlraum erfolgt von der Kühlraumtemperatur her. Beim Unterschreiten der Raumtemperatur wird der Verdichter eingeschaltet. Parallel dazu erfolgt ein Einschaltbefehl an die Flo-Ice-Sekundärpumpe, falls diese noch nicht von einer anderen Kühlstelle angefordert wurde. Vom Verdichter wird das im Verdampfer befindliche und unter niedrigem Druck stehende Gas – Kältemittel R 290 (Propan) – angesaugt. Im Verdichter wird dieses unter niedrigem Druck stehende Gas auf ein unter hohem Druck stehendes Gas verdichtet. Im Flo-Ice-gekühlten Verflüssiger wird das Gas abgekühlt und verflüssigt. Die unter hohem Druck stehende Kältemittelflüssigkeit gelangt über einen Filtertrockner und ein Magnetventil zum Expansionsventil. Je nach Kältebedarf verdampft das Kältemittel im Kühlraumverdampfer. Das jetzt unter niedrigem Druck stehende Kältegas wird wieder vom Verdichter angesaugt und der Kältekreislauf ist geschlossen. Die jeweiligen Kältemitteldrücke werden auf einer Hoch- und Niederdruck-Manometerstation angezeigt. Die Sicherheitskette des Kältekreislaufs besteht aus einem Nieder- und Hochdruckwächter, einem Sicherheitsbegrenzer und einer Kurbelgehäuseheizung.

Steuer- und Regelung

Die einzelnen Kühlräume werden von einer speicherprogrammierbaren Steuerung geregelt. Diese regelt die einzelnen Raumtemperaturen für die

Normal- und Tiefkühlung. Bei den Normalkühlräumen wird der Ventilator und die Kühlstellenpumpe geschaltet. Die Abtauphasen für die Kühlräume der Normalkühlung werden so geregelt, daß die jeweiligen Kühlstellenpumpen in der Nachtzeit zeitlich begrenzt ausgeschaltet werden. Für den Tiefkühlraum wird die Raumtemperatur so geregelt, daß beim Abschalten das im Verdampfer befindliche Kältemittel (R 290) im Leerpumpverfahren weitgehend abgesaugt wird. Die Temperaturen werden von der DDC-Anlage erfaßt und mit vorgegebenen Sollwerten verglichen und als digitales Signal an die SPS der Kälteanlagen weitergeleitet. Durch diese Kombination ist es möglich, eine Prozeßvisualisierung und Datenerfassung an die bereits vorhandene Gebäudeleittechnik zu ermöglichen.

Der Maschinen- und Tiefkühlraum wird von einer Gaswarnanlage überwacht. Das Steuergerät ist im Schaltschrank, die Sensoren im Maschinenraum und im Tiefkühlraum installiert. Die Sensoren wurden in Bodennähe montiert. Die Alarmgebung erfolgt in zwei Stufen: Tiefalarm: Grenzwert ca. 50 ppm.

Einschalten der zusätzlichen EX-geschützten Maschinenraumentlüftung. Hochalarm: Grenzwert ca. 500 ppm. Der komplette Schaltschrank und alle daran angeschlossenen Verbraucher werden über Fernauslösung stromlos geschaltet. Lediglich der EX-geschützte zusätzliche Maschinenraumentlüfter bleibt weiterhin in Betrieb.

Zusammenfassung der technischen Daten

<i>Flo-Ice-Aggregat</i>			
Kältemittel		R 290	
Füllmenge	kg	3,50	
Kälteleistung	kW	12,67	
Verdampfungstemperatur	°C	-10	
Verflüssigungstemperatur	°C	40	
Leistungsaufnahme am Betriebspunkt	kW	4,43	
Anschlußleistung	kW	5,5	
Max. Umgebungstemperatur	°C	32	
Verflüssiger Luft Eintritt	°C	30	
Verflüssiger Luft Austritt	°C	38,19	
Luftmenge	m ³ /h	7000	
Leistungsaufnahme	kW	2,2	
Externer Druckverlust	Pa	90	
Vorlauftemperatur zu den Kühlstellen	°C	-4	

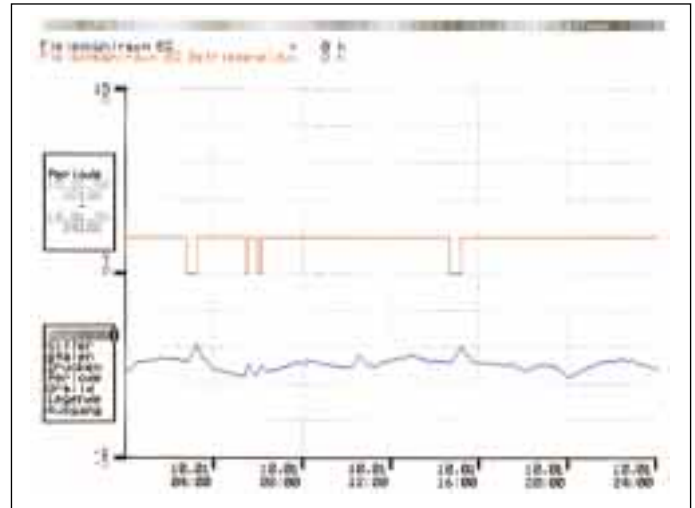
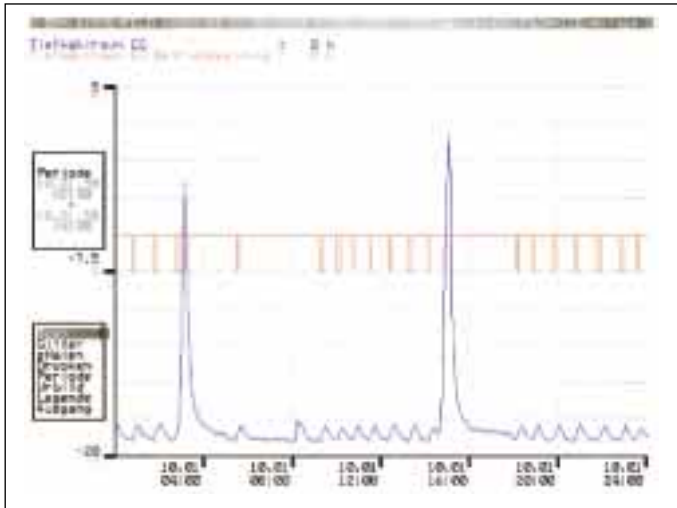
Zeit	Fleischkühlr. R. Eg		Fleischkühlr. R. OG		Fleischkühlr. R. DG	
	°Cm	Mon	°Cm	Mon	°Cm	Mon
	Grad C		Grad C			
16.11.1997 00:00	3,46		2,8		0	
16.11.1997 00:05	3,4		3		0	
16.11.1997 00:10	3,4		3,5		0	
16.11.1997 00:15	3,36		3,5		1	
16.11.1997 00:20	3,3		2,96		1	
16.11.1997 00:25	3,2		2,8		1	
16.11.1997 00:30	3,2		2,7		0	
16.11.1997 00:35	3,2		3,1		0	
16.11.1997 00:40	3,1		3,5		0	
16.11.1997 00:45	3		3,26		1	
16.11.1997 00:50	3		2,96		1	
16.11.1997 00:55	2,9		2,96		1	
16.11.1997 01:00	2,9		2,7		0	
16.11.1997 01:05	2,96		3,1		0	
16.11.1997 01:10	2,9		3,5		0	
16.11.1997 01:15	2,8		3,3		1	
16.11.1997 01:20	2,8		2,9		1	
16.11.1997 01:25	2,75		2,9		0	
16.11.1997 01:30	2,75		2,9		0	
16.11.1997 01:35	2,75		3,3		0	
16.11.1997 01:40	2,75		3,45		1	
16.11.1997 01:45	2,75		3,06		1	
16.11.1997 01:50	2,8		2,96		1	
16.11.1997 01:55	2,85		2,92		0	
16.11.1997 02:00	2,96		2,95		0	
16.11.1997 02:05	3		3,45		0	
16.11.1997 02:10	3,05		3,46		1	
16.11.1997 02:15	3,2		3,2		1	
16.11.1997 02:20	3,25		2,95		1	
16.11.1997 02:25	3,3		2,76		1	
16.11.1997 02:30	3,35		2,85		1	
16.11.1997 02:35	3,35		2,95		1	
16.11.1997 02:40	3,4		2,95		1	
16.11.1997 02:45	3,45		2,95		1	
16.11.1997 02:50	3,45		2,95		0	
16.11.1997 02:55	3,5		3,15		0	
16.11.1997 03:00	3,6		3,6		1	
16.11.1997 03:05	3,7		3,5		1	
16.11.1997 03:10	3,75		3,25		1	
16.11.1997 03:15	3,9		3,05		1	
16.11.1997 03:20	3,95		2,9		1	
16.11.1997 03:25	3,95		3,15		0	
16.11.1997 03:30	3,95		2,65		1	
16.11.1997 03:35	3,85		2,55		1	
16.11.1997 03:40	3,75		2,7		0	
16.11.1997 03:45	3,75		3,2		0	
16.11.1997 03:50	3,75		3,55		1	
16.11.1997 03:55	3,7		3,3		1	
16.11.1997 04:00	3,85		2,95		1	
16.11.1997 04:05	3,85		2,75		1	
16.11.1997 04:10	3,95		2,5		0	
16.11.1997 04:15	3,6		2,3		0	
16.11.1997 04:20	3,45		2,4		1	
16.11.1997 04:25	3,45		3,95		1	
16.11.1997 04:30	3,45		3,15		1	

Tabelle 2 Temperaturüberwachungsprotokoll zweier Fleischkühlräume für den Zeitraum von 4,30 Stunden.

Rücklauftemperatur von den Kühlstellen	°C	-4
Flo-Ice-Volumen primärseitig	m ³ /h	2,6
Flo-Ice-Volumen sekundärseitig	m ³ /h	1,61
Max. Leistungsaufnahme aller Antriebe	kW	11,7
Max. Leistungsaufnahme am Betriebspunkt	kW	10,58

<i>Tiefkühlanlage</i>	
Kältemittel	R 290
Füllmenge	kg 2,07
Verdampfungstemperatur	°C -30
Verflüssigungstemperatur	°C 0
Flo-Ice-Volumenstrom	m ³ /h 0,42

Schlußbetrachtung
Der vorliegende Beitrag belegt, daß es nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch möglich ist, bestehende



Kühlung/Tiefkühlung mit Flo-Ice und Propan. Temperatureinhaltung sehr konstant. Hier ein Ausdruck der zentralen Temperaturüberwachung für Fleischkühlraum und Tiefkühlraum. Es ist beabsichtigt, die elektrische Heizabtauung des Tiefkühlraums (alter Verdampfer) auf einmal am Tag zu begrenzen.

FCKW-Kälteanlagen mit den Kältemitteln R 12 und R 502 – die sogenannten Altanlagen – auf die Binäreis-Kältetechnologie umzurüsten. Hierbei ist vor allem auf die Nutzung der latenten Energie hinzuweisen, die die Flo-Ice-Technik bietet. Dieser Vorteil ist für den Leser noch einmal leicht mit einem Blick in die vorhergenannten technischen Daten zu erkennen. Denn hier wird angeführt, daß die Vor- und Rücklauftemperatur des Flo-Ice-Gemisches zu und von den Kühlstellen „-4°C“ beträgt. Was auf den ersten Blick wie ein Schreibfehler aussieht, erklärt sich technisch daraus, daß in den „alten“ Ventilatorluftkühlern zur Wärmeabführung des Kühlgutes die Latentwärmenutzung der Eiskristalle im Flo-Ice-Gemisch ausreicht.

Nicht jeder Kälteanlagenbauer wird so günstige Umrüstungsvoraussetzungen vorfinden, wie sie im DRK-Elisabeth-Krankenhaus in Birkenfeld anzutreffen waren. Die alte Mehrkreisverflüssiger-Kältemaschinenanlage war dort ohnehin sanierungsbedürftig, zudem stand auch die Nutzung eines zentraler gelegenen neuen Maschinenraums zur Disposition. Zudem hat die Nutzung jedweder ökologisch fortschrittlicher Technologie, die sich aber auch energetisch rechnet, absolute Priorität im Gesamt-Technologie-Konzept der Elisabeth-Stiftung in Birkenfeld. Deren konsequente Anwendung ist vor allem Alfred Huse, dem Leiter der Technischen Dienste der Elisabeth-Stiftung des DRK zu verdanken, der zugleich als Landesvorstandsmitglied der Fach-

vereinigung Krankenhaustechnik e. V. die aus eigener Erfahrung gewonnenen Impulse an die krankenhaustechnische Fachwelt weiterleitet.

Die neuartige FCKW-Umrüstung in Birkenfeld zeigt auch, daß die Flo-Ice-Technik inzwischen so ausgereift ist, daß das Betriebsrisiko kaum größer ist, als das einer herkömmlichen Direktexpansionskälteanlage. Alle Kühlstellen werden im Krankenhaus Birkenfeld ständig elektronisch überwacht und an die zentrale Datenerfassung und -Auswertung weitergeleitet.

Die Kombination Flo-Ice und R 290 (Propan) ist umweltfreundlich und bereichert die sich ständig im Wandel befindliche Kältetechnik auch durch ihren Beitrag zur Ressourcenschonung vortrefflich.

G. S./P. W.