

Betriebskosten sparen und Umweltschutz verbessern

ASERCOM-Symposium 2000

Die Tradition wurde fortgesetzt: Am Nachmittag vor der Eröffnung der IKK tagte ASERCOM am 17. Oktober 2000 und beschäftigte sich erneut mit einem aktuellen Thema der Branche, das in Verbindung zur Zielstellung des Gremiums steht, also zu Fragen der Kältemittelverdichter und der kältetechnischen Regelungstechnik. In diesem Jahr waren dies speziell die Fragen des Energieverbrauches für die Kühlung.

Man kann dem Text der Einladung folgen, daß die Kälte- und Klimatechnik zu den großen Energieverbrauchern in der Wirtschaft gehört, auch wenn man noch nicht genau weiß, wie groß deren Anteil am gesamten Energiebedarf wirklich ist. Andererseits besteht aber kein Zweifel an der Notwendigkeit solcher Anlagen, z. B. für die Lebensmittelkonservierung oder für das Wohlbefinden des Menschen bei ungünstigen äußeren klimatischen Verhältnissen.

Es ist jedoch für die Zukunft der Menschheit unbedingt notwendig, die dadurch bedingte Umweltbelastung zu reduzieren. Das bedeutet eine Verringerung der Kältemittellemissionen bzw. die verstärkte Umstellung auf natürliche Kältemittel, aber in weit höherem Maße die Verringerung des Energieverbrauches durch verbesserte Effektivität der Anlagen oder durch Maßnahmen zur Reduzierung der Kühllast.

Das ist der Problemkreis, dem sich die Referenten des Symposiums zuwandten.

Reduzierung des Energieverbrauchs

Beim Lesen der Vortragstitel mußte man sich zunächst schon fragen, wie diese mit der eigentlichen ASERCOM-Thematik Verdichter und kältetechnische Regelungstechnik harmonisieren. Präsident Jochen A. Winkler konnte die entsprechende Frage mit dem Hinweis beantworten, daß die Verdichter in den meisten Anwendungsfällen die größten Energieverbraucher innerhalb der Anlagen sind und daß die Höhe des Energieverbrauches nicht unwesentlich von der Güte der anderen Komponenten und von deren Wartungszustand abhängt. Und gerade darum ging es bei den diesjährigen Themen.



Präsident Jochen A. Winkler eröffnete das ASERCOM-Symposium 2000 und erläuterte die Zielstellung mit aktuellen Fakten zu Umwelt und Energie

In der Einführung machte Winkler allerdings darauf aufmerksam, daß der kältetechnisch bedingte Anteil an den Treibhausgasen nur ca. 1,6 % ausmacht und 98,4 % durch andere Gase bedingt sind. Das zeigt einerseits, daß die Kältetechnik nicht den Hauptanteil beisteuert. Andererseits muß man aber bedenken, daß sich die Gesamtsumme aus vielen solchen kleinen Beiträgen zusammensetzt. Deshalb ist es so wichtig, daß jede Sparte ihren Beitrag zur Senkung des Treibhauspotentials leistet. Die Kälte- und Klimatechnik hat bisher schon viel erreicht, aber es gibt auch noch viele ausschöpfbare Reserven. Mit diesen beschäftigten sich mehrere Vorträge des Symposiums.

Die Vorträge von Paul Rivet, Dr. Christoph Kaup, S. M. van der Sluis und Norman Mitchell beschäftigten sich mit überzeugendem Zahlenmaterial und in großer Einmütigkeit mit den Fragen der Anlagenoptimierung, wenn auch die jeweilige Sicht darauf unterschiedlich und von den konkreten Fällen geprägt war.

Einsparungen in Supermärkten

Paul Rivet, der ein europaweit auf dem Gebiet der Supermarktkühlung tätiges Unternehmen vertritt, ging von der Zielstellung aus, die Kältemittelfüllmengen für direkt gekühlte Anlagen zu reduzieren und den Ammoniak Einsatz zu fördern. Letzteres erfordert aber indirekt gekühlte Anlagen, was nach seiner Erfahrung wegen der zusätzlichen Temperaturdifferenzen die Effektivität der Anlagen verschlechtert. Um dies auszugleichen kann man eine Vielzahl von verbessernden Maßnahmen vorsehen. Hauptsächlich sind dies:

- Wahl des richtigen Kältemittels für den jeweiligen Anwendungsfall,
- Einsatz des effektivsten Verdichtertyps und Nutzung des Frequenzumrichterantriebs bei großen Lastschwankungen,

- Verringerung der Temperaturdifferenz an den Wärmeübertragern bei gleichzeitiger konstruktiver Neugestaltung, um deren Kältemittelinhalt nicht zu vergrößern,
- Einsatz leistungsfähigerer Expansionsventile, insbesondere solcher, die schon bei möglichst niedrigen Drücken arbeiten und die auch im Teillastbereich gute Überhitzungswerte ergeben,
- Vermeidung von Flüssigkeitsrückstau im Verflüssiger und in den Rohrleitungen,
- Reduzierung der Druckverluste auf dem gesamten Strömungsweg im Kältekreislauf,
- Nutzung aller Möglichkeiten zur Erzeugung größtmöglicher Unterkühlung.

Gerade die Optimierung der Expansionsventile ist sehr bedeutungsvoll, weil in einem Supermarkt bis zu 50 Ventile oder gar mehr installiert sein können, so daß sich der Effekt vervielfacht. Die Verdampfer-temperaturoptimierung mit einer der möglichen verfügbaren Steuerungssoftwares ist ein weiterer wichtiger Beitrag. Mit diesen Maßnahmen kann man den Energieverbrauch um 15 bis 30 % senken.

Für die indirekten Anlagen kommen weitere Aufgaben dazu, wie die Nutzung der kleinstmöglichen Temperaturdifferenz zwischen Kältemittel und Sole, die Auswahl der besten Sole und die Pumpenoptimierung durch Drehzahlregelung. Für die Zukunft wird auf der kalten Seite mehr und mehr „Eisslurry“, also Eisbrei, mit den daran gebundenen Vorzügen zum Einsatz kommen. Das hängt u. a. von der Bereitstellung der dazu nötigen Komponenten und von der Akzeptanz der Anwender ab.

S. M. van der Sluis konnte weitgehend auf die gleichen Maßnahmen verweisen. Seine Sicht war dabei auch auf übergeordnete Punkte gerichtet, wie die Verwendung der natürlichen Kältemittel Luft und Wasser (wozu es bis zur wirklichen Serienreife noch Entwicklungsarbeit bedarf, u. a.) oder die die umfassende Abwärmenutzung bzw. Wärmerückgewinnung auf der Basis realer und nachvollziehbarer Kosten-Nutzen-Analysen für den Anwender. Er benannte einige Beispiele mit großen erreichten Energieeinsparungen, bei denen aber offensichtlich die Ausgangsbasis eine jeweils wirklich ungünstige Anlage war.

Als Zukunftsaufgaben benannte er solche Visionen wie Kälte-Wärme-Verbund, auch über die Betriebsgrenzen hinaus. Die Systemoptimierung und das integrierte Arbeiten decken nach seiner Einschätzung die größten Reserven auf. Den Anwendern und den Herstellern muß in gleicher Weise und zu erträglichen Kosten geholfen werden, wozu sich das TNO bekennt.

Bedeutung der Wartung

Norman Mitchell ergänzte die vorangegangenen Ausführungen für die schon installierten und nicht einfach neu zu optimierenden Anlagen um die Gesichtspunkte der Wartung. Durch deren regelmäßige und fachlich kompetente Durchführung muß dafür gesorgt werden, daß



Norman Mitchell zeigt mit der ARI-Homepage-Adresse, daß die Energieeinsparung unter dem Schirm der Regierung organisiert ist

zumindest für eine große Zeitspanne die Neuwerte der Anlagen für den Energieverbrauch gewährleistet und Havarien mit umweltbelastenden Kältemittelverlusten vermieden werden. Dabei ist nach seiner Auffassung und Erfahrung die Sauberkeit der Wärmeübertrager und der Lüfter von ausschlaggebender Bedeutung. Bei Kältemittelverlusten muß erst das Leck beseitigt werden, bevor man neues Kälte-

Dr. Christoph Kaup forderte energetisch optimierte Lüftungssysteme, im Bild die Angaben zur zulässigen Leistungsaufnahme



mittel auffüllt. Leider begnügt man sich in vielen Fällen mit dem Nachfüllen. Die Art und Weise der Beschickung der Kühlräume trägt ebenfalls zur Energieeinsparung bei. Dabei ist die Dauer des Offenhaltens der Schleuse nicht weniger von Bedeutung wie die luftführungs- und abkühlgerechte Stapelung des Kühlgutes.

Der Energiesünder „Luft“

Der Luftseite von Anlagen widmete sich Dr. Christoph Kaup im Namen RAL-Gütegemeinschaft RLT-Geräte. Er stellte an den Anfang die Erkenntnis, daß auf der lufttechnischen Seite energetisch viele Sünden begangen werden. In Deutschland ist die Leistungsaufnahme von RLT-Geräten nicht begrenzt. Sie beträgt nach seinen Angaben im Durchschnitt 3485 W je gefördertem m³/s, während der Wert in Dänemark auf 2500 W / m³/s reglementiert ist. In der Schweiz begrenzt man die Luftgeschwindigkeit auf 2 m/s. Diese Reserven lassen sich natürlich auch in Deutschland erschließen. Dafür muß neben der Optimierung des Kanalsystems vor allem auf den Einsatz der besten Lüfterlösung einschließlich des geeigneten Antriebes geachtet werden. Für die Luftverteilung nannte er wichtige Gesichtspunkte zur Optimierung:

- Zentrale Positionierung der Lüftereinheit,
- Reduzierung der Luftgeschwindigkeit,
- Aerodynamische Gestaltung der Strömungswege,
- Anpassung der geförderten Luftmenge an den jeweiligen Heiz- bzw. Kühlbedarf und zwar nicht durch Drosselung, sondern durch Lüfterdrehzahlregelung,
- Verwendung der maximalen Temperaturdifferenz am Wärmeübertrager (Kommentar des Autors: Was natürlich im Widerspruch zu den angesprochenen Energieeinsparbedingungen der Kälte- und Klimatechniker steht, und deshalb einer Optimierung zwischen beiden

Anwendungen bedarf. Oft ergibt sich die Mindestluftmenge aus der aufnehmbaren Enthalpiedifferenz und ermöglicht deshalb keine weitere Reduzierung),

- Anordnung und Ausführung des Kanalschalldämpfers.

Unter der Zielstellung geringstmöglicher Verluste beginnt die Lüfterauswahl mit einem Blick auf den energetischen Gütegrad, der Bestimmung des richtigen Typs in Abhängigkeit von Liefer- und Druckzahl und der Vermeidung von Riemetrieben durch bevorzugten Direktantrieb – was wiederum in der Folge zu weniger Filterbedarf führt, da der Riemenantrieb entfällt. In diesem Fall kann der Filter auch vor dem Lüfter anordnet werden, um die bessere Beaufschlagung der Wärmeübertrager bei saugender Lüfteranordnung zu nutzen. Die Bevorzugung der freilaufenden Lüfterräder erscheint immer dann gegeben, wenn die dabei erreichten Ergebnisse gegenüber Gehäuselüftern wegen der beengten Einbauverhältnisse wirklich besser sind und wenn der statische Druckanteil niedrig bleibt. Am Ende formulierte Kaup Zielstellungen für den minimalen Wärmerückgewinnungsgrad von Lüftungsanlagen, deren zulässigen Druckverlust und zugehörige maximale Antriebsleistungsaufnahme.

Möglichkeiten der Regelungstechnik

Die kältetechnische Regelungstechnik entwickelt sich ständig weiter und ist dadurch gekennzeichnet, daß der Regler eine steigende Anzahl von Aufgaben übernimmt. Das geschieht auch unter der Prämisse des energetisch optimierten Betriebes, denn gerade bei der in den vorher-

gehenden Vorträgen schon mehrmals als Beispiel herangezogenen Supermarktkühlung sind, wie in manch anderer Anwendung auch, Lüftung und Kühlung die größten Energieverbraucher. Frau Bodil Lindhard zeigte auf, wie das System ADAP-KOOL die einzelnen Kühlstellen mit dem Ziel des niedrigsten Gesamtenergieverbrauches regelt und gleichzeitig die Lagerqualität der Lebensmittel erhöht. Es gibt keine manuelle Einstellung der thermostatischen Expansionsventile mehr, da diese durch die sich selbst adaptierenden elektronischen Ventile ersetzt wurden. Eine Nachtabsenkung der Leistung, ein Nachtlüfter-Pulsbetrieb und eine Nachtsaugdruckabsenkung werden ebenfalls durchgeführt. Die Verflüssigerdruckabsenkung kann auf den niedrigst möglichen Wert erfolgen, da die elektronische Expansion keinen Mindestfunktionsdruck benötigt. Die Reduzierung der Abtauzyklen auf bedarfsgerechte Werte (Defrost on Demand) führt zu weiteren Einsparungen. Auch wenn sich in einer Anlage die je Maßnahme angegebenen Einzeleinsparungen nicht linear addieren lassen, sind die Einsparungen bei konsequenter Nutzung der Möglichkeiten des Systems dennoch erheblich.

Die Nutzung von Frequenzumrichtern zur Leistungsanpassung der Verdichter an den wechselnden Bedarf der Anlage erfolgt heute in zunehmendem Maße. Primäres Ziel ist dabei im Sinne dieses Asercom-Symposiums die Reduzierung des Energieaufwandes gegenüber konventionellen Leistungsanpassungsverfahren. Dr. Peter Wurm stellte dazu in seinem Vortrag die physikalischen Zusammenhänge dar, die bei Verbundanlagen im Gewerkekältebereich zu beachten sind, um den Einspareffekt gegenüber einer Ein-/Aus-Regelung einzelner Verdichter wirklich zu

erreichen. Schon stufig geschaltete Verdichter ohne Frequenzumrichter mit Sollwertführung des Saugdruckes, der vorzugsweise nach der Raumluftenthalpie gesteuert wird, erreichen nämlich im Teillastbereich bemerkenswerte Energieeinsparungen gegenüber konventionellen thermostatischen Regelungen.

Während beispielsweise der nichtarbeitende Verdichter bei stufiger Schaltung gar keine Energie aufnimmt, hat der Frequenzumrichterantrieb durch Eigenerwärmung, durch Netz- und Motorfilter und durch die erforderliche Schaltschrankbelüftung zusätzliche Verluste.

Die dennoch gegebenen Vorteile des Frequenzumrichters liegen in den günstigen Bedingungen für die Expansionsventile mit gleichmäßiger Verdampferfüllung, im optimalen Verdampferdruck und in der gleichmäßigeren Temperatur- und Feuchteführung im Raum. Dafür muß man die zusätzlichen Anschaffungskosten bezahlen. Neue Potentiale für eine optimale Regelung können erschlossen werden, wenn die Frequenzumrichter nur als Stellglieder benutzt werden und die Regelung in einem übergeordneten System erfolgt, das die Einschaltdauer, die Temperaturen und die Schaltzeitpunkte der Kühlstellen kennt. Auf diese Weise kann der Betrieb des Verdichters bei möglichst hohem Saugdruck erfolgen und die Magnetventile der Kühlstellen können nach einem optimierten Zeitplan angesteuert werden.

Aus diesem Beitrag wurde auch deutlich, daß der Nutzeffekt von Frequenzumrichtern nicht „a priori“ gegeben ist, sondern eine genaue Analyse der Anlagen- und Betriebsbedingungen erfordert. In Zukunft sind Automatisierungslösungen zu erwarten, die sowohl Verdichter, als auch Verflüssigerlüfter regelungstechnisch in ein Gesamtkonzept einbinden. Dafür ist ein Feldbus mit Echtzeiteigenschaften zu benutzen. Die Projektanten müssen sich die erforderlichen Kenntnisse aneignen, wenn die möglichen Effekte eintreten sollen. Dem Referenten ist zu danken, daß er seine Erfahrungen zum wiederholten Male öffentlich kundtat¹. Den Anwendern von Frequenzumrichtern sei ans Herz gelegt, sich mit der Thematik intensiv zu befassen.



Die von Frau Bodil Lindhard ermittelten Möglichkeiten zur Energieeinsparung durch Anwendung des ADAP-KOOL-Systems sind beachtenswert

¹ Ein Beitrag hierzu erschien unter dem Titel „Frequenzumrichter mit Feldbusanschluß“ in KK 6/00.



Dr. Peter Wurm sieht die Zukunft der Kälteanlagensteuerungen in der Anwendung eines übergeordneten Feldbus mit dem Frequenzumformer als Stellglied

Hierzu müssen noch die Ausführungen von Heiko Arnemann zur Leistungszertifizierung von Verdichtern im Rahmen der ASERCOM-Aktivitäten angefügt werden. Die Zuhörer erhielten eine umfassende Auskunft über die schon seit mehreren Jahren geplante und nun angelaufene Zertifizierungsarbeit als freiwillige Maßnahme, der sich einige Verdichterhersteller bereits unterziehen und die dies auch finanzieren². Die Zertifizierungsgruppe wird von Arnemann geleitet.

Wichtig ist, zu wissen, daß einheitliche Leistungsbezugspunkte entsprechend EN 12900 zu Grunde liegen und das auch einheitliche Stoffdatenprogramme verwendet werden:

Ziel der Arbeit ist die Beseitigung von Zweifeln an den Leistungsdaten und die Zuordnung der Daten zu den Einsatzgrenzen. Bei der Betrachtung der Mitglieder der Zertifizierungsgruppe fiel die Zugehörigkeit der von ihnen produzierten Verdichter zur Gruppe der kommerziell vertriebenen Produkte für die unterschiedlichsten Kunden auf der Grundlage formalisierter Dokumente auf. Das betrifft die Firmen Bitzer, Bock, Copeland, Danfoss/Maneurop, Frascold und Tecumseh. Weitere Hersteller wollen zukünftig mitarbeiten.

Wichtig ist das Verständnis dafür, daß die „Leistungsdaten“ zertifiziert werden und nicht die Verdichter. So kann ein Verdichter, der in mehreren Einsatzbereichen anwendbar und für mehrere Kältemittel geeignet ist, eine Vielzahl von zertifizierten Leistungsdaten auf sich vereinen.

Für Gemischkältemittel mit Gleittemperatur bei Verdampfung und Verflüssigung werden die Leistungsdaten jeweils auf die Grenzkurve bezogen. Damit entfällt die in der Vergangenheit oft diskutierte Unsicherheit bei Bezug auf eine mittlere Temperatur. U. A.

Aktuelle Studie zum Energieverbrauch

Die Ergebnisse der Studie zur Ermittlung des Energieverbrauches in Teilbereichen des Kälte- und Klimamarktes bekamen die Teilnehmer beim Anhören des so betitelten Vortrages von Prof. Dr. Horst Kruse noch nicht zu hören, wohl aber die Gesichtspunkte zu der im Auftrage des Bundesforschungsministeriums/BEO vorgesehenen Bearbeitung. Diese ist zwischen dem Forschungsrat Kältetechnik, dem FKW Hannover, dem IATK Essen und dem ILK Dresden abgestimmt.



Prof. Horst Kruse ging bei seinen Ausführungen zur Bewertung der Energieeinsparungen von den Erfordernissen der Umweltpolitik aus

Für die Arbeit an dieser Studie ist die exergetische Bewertung der verbrauchten Energie erforderlich, da nur dieser Teil durch Verbesserung der Gütegrade beeinflussbar ist. Die nichtbeeinflussbaren Energieverbräuche sollten nach seiner Meinung aus der Basisberechnung ausgeklammert werden. Das bedeutet, daß der indirekte TEWI-Anteil mit einem geringeren Wert als bei der bisherigen Betrachtungsweise zu Buche schlägt. Dabei ist natürlich zu beachten (wie in der anschließenden Diskussion dazu angemerkt wurde), daß die energetische Verbesserung der Prozesse auch durch Verringerung der Kühllast oder durch Einbeziehung natürlicher Kühlung erfolgen kann, was sich bei der Minderung des CO₂-Ausstoßes auswirkt. Bei vermiedener mechanischer Kühlung geht dies aber kaum in irgendeine Bilanz ein.

Die Studie selbst soll Ende des Jahres 2001 fertiggestellt sein. Dabei kam die Frage auf, wieso man eigentlich weiß, daß die Kältetechnik mit 1,6% am Treibhauseffekt beteiligt ist, wenn man noch gar nicht weiß, wieviel Energie durch sie verbraucht wird.

² Siehe hierzu den Beitrag „ASERCOM Certification Program“ in KK 4/2000 und unter www.shk.de/kaelte im Internet-Archiv

Leistungsbezugspunkte nach EN 12900	Tief-temperatur	Mittel-temperatur	Hoch-temperatur
Verdampfungstemperatur in °C	-35	-10	5
Verflüssigungstemperatur in °C	40	45	50
Gaseintrittstemperatur bzw. Überhitzung in °C bzw. K	20 bzw. 10		
Unterkühlungstemperatur in K	0		

Leistungsbezugspunkte im ASERCOM-Certification Program