

Forschungsvorhaben im Auftrag des Forschungsrates Kältetechnik

Dichtheit von Gewerbe-Kälteanlagen

Ralf Birndt, Rolf Riedel, Dr. Jürgen Schenk, Dresden

zum Autor

Dipl.-Ing.
Ralf Birndt,
Mitarbeiter
Fachbereich
Werkstoffe/
Meßtechnik,
ILK Dresden



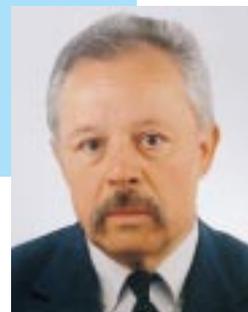
zum Autor

Dipl.-Ing.
Rolf Riedel,
Mitarbeiter
Fachbereich
Werkstoffe/
Meßtechnik,
ILK Dresden



zum Autor

Dr. rer. nat.
Jürgen Schenk,
Fachbereichs-
leiter Werkstoffe/
Meßtechnik,
ILK Dresden



Der folgende Beitrag befaßt sich mit dem aktuellen AiF-Forschungsvorhaben „Dichtheit von Kälteanlagen“¹, das im Auftrag des Forschungsrates Kältetechnik vom Institut für Luft- und Kältetechnik, Dresden, bearbeitet wurde und faßt die sehr umfangreichen Ergebnisse zusammen.

Dichte Kälteanlagen sind aus technischen, ökologischen und ökonomischen Gründen erforderlich, die Dichtheit ist ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Anlagen. Gegenwärtig werden im EU-Rahmen in Abstimmung zwischen EG-Rat und Europäischem Parlament Regelungsvorschläge im Zusammenhang mit der weiteren Verwendung von FCKW und HFCKW erörtert.

In jedem Fall werden sich alle restriktiven Maßnahmen auf die Verwendung der Kältemittel beziehen.

¹ Das AiF-Forschungsvorhaben Nr. 11340 „Dichtheit von Kälteanlagen“ kann über den Forschungsrat Kältetechnik, Frankfurt, bezogen werden

Unter Verwendung versteht man dabei die Anwendung der Kältemittel für Neuanlagen bzw. für die Wartung von Altanlagen. Das Betreiben dichter Kälteanlagen mit „geregelten“ Kältemitteln ist zulässig.

Dementsprechend versteht sich auch die klare Aussage des BMU: Nur dichte Anlagen haben – und das ohne spezielle Regelungen – eine Überlebenschance [1].

Über die Restriktionen hinsichtlich der Kältemittel hinaus werden Regelungen für regelmäßige Dichtheitsprüfungen für ortsfeste Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittelinhalt diskutiert. Dies provoziert Fragen nach

- Mindestanforderungen für die Qualifikation des Prüfpersonals
- der Festlegung zulässiger Leckraten und daraus abgeleitet
- Methodik und Ausrüstung zur Lecksuche.

Aus oben Gesagtem läßt sich unschwer ableiten, daß die Bearbeitung des vom Forschungsrat Kältetechnik initiierten Forschungsvorhabens „Dichtheit von Kälteanlagen“ außerordentliche Wichtigkeit und aktuelle Bedeutung zugleich hatte. Nachfolgend werden einige Ergebnisse des Forschungsvorhabens mitgeteilt.

Dichtheit

Anlagenauswahl, Prüfmethodik

Auf Basis statistischer Methoden wurde eine Auswahl von zu prüfenden Kälteanlagen vorgenommen. Ziel war es dabei, möglichst repräsentative und verallgemeinerungsfähige Aussagen zur Dichtheit gewerblicher Kälteanlagen in Deutschland zu erlangen. Die Regionenauswahl erfolgte als Mehrschrittstichprobe:

1. Schicht bzw. 1. Stratum:

Länder Deutschlands, ausgewählt wurden Hessen und Sachsen

2. Schicht bzw. 2. Stratum

mindestens 2 Kreise je Land, ausgewählt wurden Frankfurt a. Main und Umgebung und Dresden und Umgebung

Im einzelnen wurden untersucht:

Hessen

9 Kälteanlagen von Supermärkten (Verbundanlagen)

Baujahre: 1991 bis 1999
 Füllmengen: 88,4 bis 150 kg

22 Kälteanlagen von Supermärkten und andere gewerbliche Kälteanlagen (dezentrale Anlagen)

Baujahre: 1990 bis 1998
 Füllmengen: 4 bis 25 kg

11 Kälteanlagen von Supermärkten (dezentrale Anlagen – umgestellte Altanlagen)

Baujahr: 1978 (Umstellung 1997)
 Füllmengen: 3 bis 12 kg

Sachsen

10 Kälteanlagen von Supermärkten (Verbundanlagen)

Baujahre: 1995 bis 1998 (1 Anlage 1996 – Umbau 1999)
 Füllmengen: 60 bis 360 kg

10 Kälteanlagen von Supermärkten (dezentrale Anlagen)

Baujahre: 1990 bis 1996
 Füllmengen: 0,7 bis 17,3 kg

Aus statistischen Gründen (statistische Sicherheit, Vertrauensgrenzen) wurden mindestens 5 Kälteanlagen je Land und Gruppe geprüft.

Hinsichtlich der einzusetzenden Meßtechnik waren folgende Forderungen zu erfüllen:

- Die gesicherte Lokalisierung der Lecks an den zugänglichen Teilen der Kälteanlagen muß in möglichst geringer Zeit möglich sein.
- Die quantitative Bestimmung muß für große Leckraten (Größenordnung kg/a) und auch für kleine Leckraten < 30 g/a möglich sein.
- Bei Vorhandensein von Störgaskonzentrationen muß der selektive Nachweis des Kältemittels möglich sein.

Zur Erfüllung dieser Forderungen kamen folgende Geräte zum Einsatz:

1. Halogenlecksuchgerät HL4, Hochvakuum Dresden (R 22)
2. Halogenlecksuchgerät H25C, Yokogawa
3. Selektiver Gasdetektor Ecotec 500, Fa. Leybold.

Mit dieser Technik konnten dynamische Nachweisempfindlichkeiten von 1 g Kältemittel/a, stationäre Nachweisempfindlichkeiten von 0,3 g/a erreicht werden. In Einzelfällen wurde das Montagelecksuchgerät D-Tec, Fa. Leybold-Inficon, eingesetzt.

Bewertung der Einzellecks

Bei den insgesamt 62 untersuchten Kälteanlagen wurden an 25 Anlagen keine Lecks festgestellt. An 37 Kälteanlagen wurden 104 Lecks im Bereich von 0,5 bis 10 000 g/a und ein Leck von 540 000 g/a gefunden.

geleitet können die gemessenen Daten der Anlagendichtheit mit hoher Wahrscheinlichkeit als repräsentativ für Deutschland angesehen werden.

Bei der Bewertung der festgestellten Lecks nach Leckratenbereichen ergeben sich die im Bild 3 dargestellten Zusammenhänge.

Über die Hälfte aller Lecks (51,9 %) liegen im Bereich von 0,5 bis 30 g/a. Dieser Bereich kann für die untersuchten Anlagen als anlagentechnisch, ökologisch und ökonomisch unbedeutend deklariert werden. Dies wird dadurch deutlich, daß diese 51,9 % aller Lecks nur zu etwa 1 Prozent zur Gesamtleckage aller Anlagen bei-

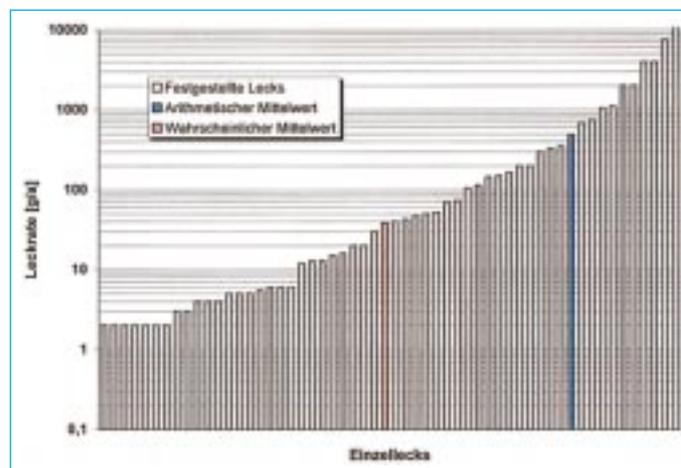
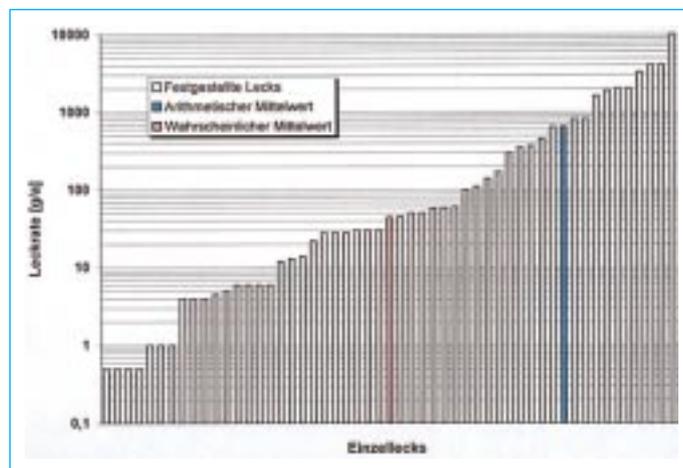


Bild 1
Leckraten in Hessen

Bild 2
Leckraten in Sachsen



Bei der Einzelauswertung nach Bundesländern zeigten sich fast identische Schabilder. Dies wird durch die halblogarithmischen Darstellungen verdeutlicht, die in Bild 1 und Bild 2 wiedergegeben werden.

Die Bilder zeigen, daß keine signifikanten Unterschiede bei der Dichtheit der Supermarkt-Kälteanlagen zwischen den beiden Bundesländern bestehen. Daraus ab-

tragen. Andererseits ist festzustellen, daß 14,4 % der festgestellten Lecks im Bereich 1001 bis 10 000 g/a 85 % des Kältemittelverlusts der Anlagen ausmachten.

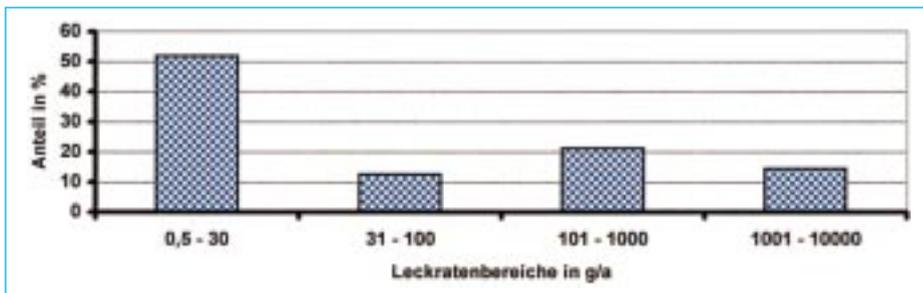
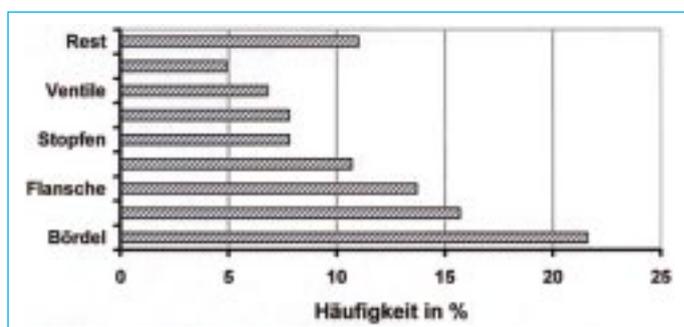


Bild 3 Verteilung der festgestellten Lecks

Das deckt sich mit den Aussagen der statistischen Auswertung. Die Leckraten der untersuchten Anlagen sind logarithmisch-normalverteilt. Daraus errechnet

Für die Kälteanlagen (Verbundanlagen) von Supermärkten in Sachsen und Hessen, Baujahr 1991 bis 1999, Füllmengen 60 bis 360 kg, ergaben sich folgende Werte:

Bild 4 Häufig undichte Bauteile/Fügestellen



sich, daß mit 95%iger Wahrscheinlichkeit der Mittelwert aller Lecks in einem Vertrauensbereich (Konfidenzintervall) zwischen 25,3 und 66,9 g/a liegt. Der Mittelwert als die am häufigsten vorkommende und damit als die wahrscheinlichste Leckrate beträgt für alle Lecks 41,1 g/a (Hessen: 38,6 g/a; Sachsen 43,9 g/a).

Interessant ist dabei auch, daß von den 104 ermittelten Lecks 18 an Kreislaufteilen selbst und 86 Lecks an Montage-Fügestellen auftraten. Im einzelnen ergab sich die in Bild 4 dargestellte Verteilung.

Von wesentlicher Bedeutung ist natürlich der durch die undichten Bauteile/Fügestellen verursachte Kältemittelverlust, der in Bild 5 dargestellt ist.

Auch bei dieser Auswertung zeigt sich, daß die Einzellecks <30 g/a fast keine, selbst die Einzellecks <100 g/a nur eine unwesentliche Bedeutung für die Gesamtleckage der Anlagen haben.

Spezifische Kältemittelverluste

Aus der Gesamtleckage einer Anlage läßt sich unter Bezugnahme auf die Füllmenge der spezifische Kältemittelverlust errechnen. Es sei an dieser Stelle ausdrücklich erwähnt, daß durch Reparaturen und Wartungsarbeiten an den Anlagen zusätzliche Kältemittellemissionen entstehen können.

Auswertung ohne Berücksichtigung der Havarien:

Spezifische Kältemittelverluste	0 bis 13,4 %
Mittlerer spezifischer Kältemittelverlust	2,3 %

Auswertung mit Berücksichtigung der Havarien:

Spezifische Kältemittelverluste	0 bis 100 %
Mittlerer spezifischer Kältemittelverlust	9,3 %

Die grafische Einzeldarstellung ist in Bild 6 wiedergegeben.

Interessanterweise zeigt sich dabei, daß von den 19 untersuchten Verbundanlagen 15 Anlagen spezifische Kältemittelverluste unter 2 % aufweisen. Jeweils 2 Anlagen in Hessen und in Sachsen überschritten diesen Wert um ein Vielfaches.

Sowohl an den großen als auch an den kleinen Kälteanlagen wurden Lecks mit Leckraten der gleichen Größenordnungen festgestellt. Damit ergaben sich für die Kälteanlagen mit kleinen Füllmengen deutlich höhere spezifische Kältemittelverluste, was sich für die Angaben für alle untersuchten Kälteanlagen wie folgt auswirkt:

Spezifische Kältemittelverluste für alle geprüften Kälteanlagen ohne Havarien	0 bis 50 %
Mittlerer spezifischer Kältemittelverlust	3,2 %

Spezifische Kältemittelverluste für alle geprüften Kälteanlagen mit Havarien	0 bis 224 %
Mittlerer spezifischer Kältemittelverlust	10,5 %

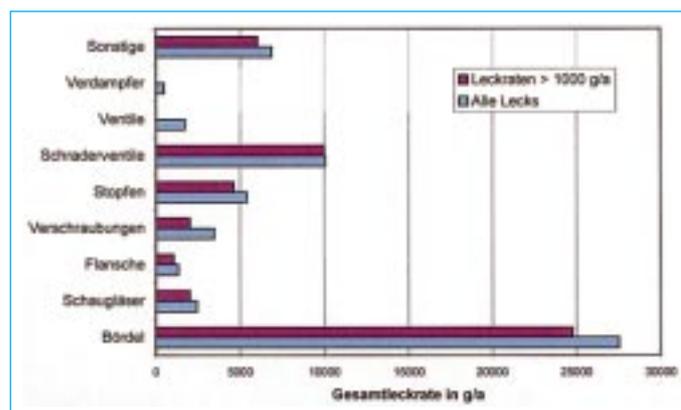


Bild 5 Kältemittelverlust durch die häufig undichten Bauteile

Bewertung der Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen

Die Ergebnisse der Dichtheitsprüfung müssen nachdenklich stimmen. Einerseits zeigten viele Anlagen keine oder nur unbedeutende Leckagen, andererseits verursachen 15 Lecks im Bereich von 1000 bis 10 000 g/a einen Anteil von 85 % des Gesamtverlusts der untersuchten Anlagen.

Vom Stand der Technik her lassen sich derartig große Lecks an Montage-Fügestellen nicht begründen, sie sind in jedem Falle unakzeptabel.

Dieser Sachverhalt zeigt aber auch, daß bei Vermeidung der nachfolgend aufgelisteten Fehler ein großes Potential zur Ver-

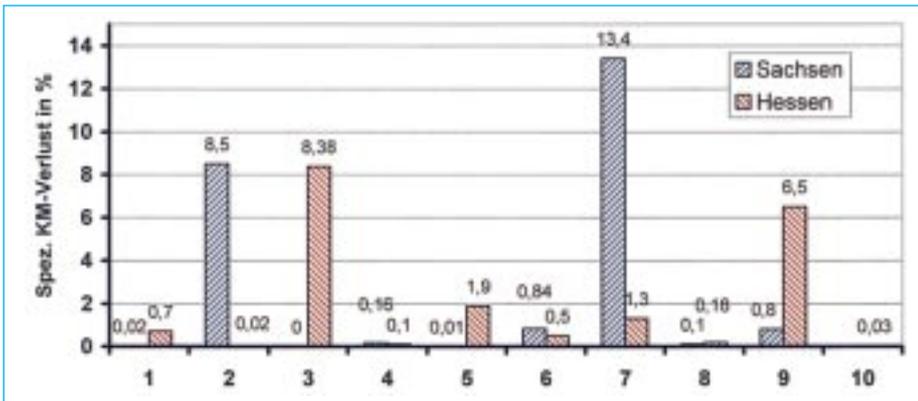


Bild 6 Spezifische Kältemittelverluste – Supermarktanlagen (Füllmengen 60 bis 360 kg; Baujahr 1991 bis 1999)

besserung der Anlagendichtheit bei diesen „schlechten“ Anlagen vorhanden ist. Als Hauptursachen für die vorgefundenen großen Lecks an Anlagen können angeführt werden:

- Die Nachweisempfindlichkeit der Druckabfallprüfung wird überschätzt und oftmals keine nachfolgende Feindichtheitsprüfung mit Lecksuchgeräten durchgeführt. Somit werden Lecks mit sehr großen Leckraten nicht erkannt (bei der Lecksuche nachgewiesen: Lecks mit 1 bis 10 kg/a !).
- Die Nachweisempfindlichkeit der Groblecksuche mit Seifenlösung wird überschätzt, ebenso die Nachweisempfindlichkeit der Vakuumdruckanstiegsprüfung. Die Schwächen dieser Prüfungen werden nicht gebührend berücksichtigt.
- Für die Feindichtheitsprüfung mit Kältemittel-Stickstoffgemisch und Lecksuchgeräten gibt es für den feldmäßigen Kälteanlagenbau noch keine umweltgerechte Lösung.
- Die Feindichtheitsprüfung mit Kältemittel beim Sättigungsdruck und Lecksuchgeräten wird zu wenig durchgeführt.
- Die Eigenschaften der Montagelecksuchgeräte sind zu wenig bekannt. Die Langzeitstabilität der (untersuchten) Montagelecksuchgeräte ist nicht gegeben. Mehr als 50 % überprüfter Montagelecksuchgeräte, die bei Anwendern im Gebrauch sind, waren nicht in Ordnung (für die Kältetechnik entschieden zu geringe Nachweisempfindlichkeit bzw. nicht funktionsfähig).

- Bei der Wartung wird oftmals überhaupt keine Lecksuche durchgeführt.

Aus diesen Hauptursachen ergeben sich u. E. nachfolgende Schlußfolgerungen und Hinweise zur Verbesserung der Anlagendichtheit:

- Sorgfältige Montage lösbarer Verbindungen, ölfreie Dichtflächen! Kein Einsatz von Verschraubungen mit zylindrischen Gewinden.
- Weitere Orientierung auf Hermetisierung der Kälteanlagen. Hartlötstellen haben eine sehr hohe Dichtfähigkeit und Dichtwahrscheinlichkeit (Ausfallrate < 0,5 %).
- Bördelverbindungen sorgfältig herstellen; Bördelverbindungen haben eine sehr hohe Dichtfähigkeit, aber eine geringere Dichtwahrscheinlichkeit.
- Entwicklung, Herstellung und Einsatz verbesserter Serviceventile (Schraderventile).
- Konsequente Vermeidung bzw. Ausschaltung von Havarien (Analysen, Maßnahmen).
- Prinzipielle Absicherung der Zugänglichkeit der Rohrleitungen von Kälteanlagen (wird von einer namhaften Supermarktkette praktiziert), mindestens strenge Dichtheits-Vorprüfungen von Anlagenteilen, die später nicht mehr zugänglich sind.
- Richtige Bewertung der Lecksuch- bzw. Dichtheitsprüfverfahren.
- Durchführung von Feindichtheitsprüfungen bei möglichst hohem Druck mit Halogenlecksuchgeräten (Tischgeräten) oder überprüften Montagelecksuchgeräten, das bedeutet Überprüfung der Montagelecksuchgeräte mit geeigneten Prüflecks vor jedem Einsatz.
- Durchsetzung des Prinzips, daß bei einer Wartung einer Kälteanlage auch eine Lecksuche/Dichtheitsprüfung zu erfolgen hat.

- Einbeziehung der Kühlmöbel bei der Lecksuche/Dichtheitsprüfung von Supermärkten (Konzentrationsmessungen an Truhen und Verkaufstheken mit eingelagertem Kühlgut und Prüfung der Kühlregale im ausgeräumten Zustand.)

Die genannten Schlußfolgerungen und Hinweise sind gewiß keine neuen Erkenntnisse für den Kälteanlagenbau. Bei konsequenter Anwendung dieser Prinzipien hätten sich aber 80 bis 90 % der vorgefundenen Kältemittelverluste vermeiden lassen.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß bei den 62 dichtheitsgeprüften Kälteanlagen im Gewerbebereich nur an 5 Anlagen ein Kältemittelverbrauchsnachweis vorhanden war, an keiner der Anlagen wurde ein Bordbuch gefunden.

Festlegung zulässiger Leckraten

Die Festlegung zulässiger Leckraten ist in vielen Bereichen der Technik (Vakuumtechnik, Chemieanlagen) übliche Praxis. Die Notwendigkeit dazu ergibt sich schon aus der Definition der Dichtheit.

Eine absolute Dichtheit gibt es nicht. Zur Bestätigung dieser Feststellung denke man an die Diffusion von Wasserstoff durch das Metallgitter. Gemäß [2] wird der Begriff „Dichtheit“ wie folgt definiert:

„Das Prüfobjekt gilt als dicht, wenn mit dem gewählten Prüfverfahren und der erforderlichen Prüfempfindlichkeit bzw. der dem Verfahren entsprechenden Nachweisempfindlichkeit das Durchtreten des Prüfmediums von einem Raum in den anderen oder nach außen nicht nachgewiesen werden kann.“

Es wird damit nachfolgend die kurz gefaßte Definition möglich:

„Ein Prüfling ist dicht, wenn die zulässige Leckrate nicht überschritten wird“.

Von der zulässigen Leckrate ausgehend läßt sich die erforderliche Nachweisempfindlichkeit ableiten und damit das Prüfverfahren auswählen.

Auch in der Kältetechnik gehen bekanntlich die Ansichten darüber weit auseinander, wann Kälteanlagen dicht sind, zumal es sehr kleine und sehr große Kälteanlagen gibt.

Insbesondere bei Kälteanlagen mit großen Kältemittelreservemengen (wie z. B. bei Verbundanlagen in Supermärkten) spricht man oft davon, daß die Kälteanlage „dicht“ sei, weil man ein oder mehrere Jahre kein Kältemittel nachgefüllt hat.

Die Festlegung zulässiger Leckraten bezieht sich zunächst auf die Einzellecks. Gleichzeitig ist es aber auch erforderlich, Vorgaben für tolerierbare spezifische Kältemittelverluste der Gesamtanlage zu machen. Dabei sind nicht nur die Leckageverluste, sondern auch die Emissionen bei Reparatur und Wartung zu berücksichtigen. Zu dieser Problematik finden sich in der Literatur verschiedene Hinweise:

**Umweltministerium
(bzw. Gewerbeaufsichtsämter)
Schleswig-Holsteins:**

Vom Umweltministerium bzw. von den Gewerbeaufsichtsämtern Schleswig-Holsteins [3] wird eingeschätzt, daß folgende spezifische Kältemittelverluste einhaltbar sind :

- Bei gut gewarteten Altanlagen spezifische Kältemittelverluste < 10 bis 15 %.
- Bei Neuanlagen spezifische Kältemittelverluste ca. 2 %.

Statusbericht

TEWI-Memorandum des DKV [4]

Prämissen TEWI-Kältetechnik 1986: 2005/Szenario realistisch mit Zielsetzungen (REAL)

Es wird für 2005 von folgenden spezifischen Kältemittelverlusten (im Statusbericht „Undichtheitsraten“) ausgegangen:

Anwendungsbereich	Industrie	Autoklima	HH-Kälte	Gewerbe
Spezifischer Kältemittelverlust	2,5 %	10 %	0,15 %	2,5 %

**Schwedischer Vorschlag für
TEWI-Anhang bis prEN 378 [5]**

Im schwedischen Vorschlag von 1995 zum informativen Anhang „TEWI“ zur prEN 378 wurde empfohlen, von spezifischen Kältemittelverlusten in Abhängigkeit von der Kältemittelfüllmenge auszugehen. Einem beigefügten Diagramm waren zu entnehmen

- ca. 8 % spezifischer Kältemittelverlust bei 3 kg Füllmenge

- ca. 5 % spezifischer Kältemittelverlust bei 10 kg Füllmenge
- ca. 2 % spezifischer Kältemittelverlust bei 200 kg Füllmenge.

EPA (Environment Protection Agency):

Bisher 35 % (mittlerer spez. Kältemittelverlust) Reduzierung auf 10 bis 15 %.

Das FMI (Food Marketing Institut) in San Antonio widersetzt sich [6].

Frankreich:

Einsatz von Lecksuchgeräten mit einer „Empfindlichkeitsschwelle“ von 5 g/a [7].

Holland:

Seit 01. 01. 1994 spezifische Kältemittelverlust 0,1 bis 1 % [8]

Inwieweit die letztgenannten Angaben realistisch sind, soll an dieser Stelle nicht näher erörtert werden.

Bei der Festlegung von zulässigen Leckraten bzw. von spezifischen Kältemittelverlusten von Kälteanlagen nimmt die Emissionsverringerung umweltschädiger oder umweltbelastender Kältemittel einen besonderen Rang ein. Realistischerweise müssen jedoch auch der Stand der Technik der erreichbaren Dichtheit in der Kältetechnik, die derzeitige meßtechnische Basis und die realisierbaren Prüf-

technologien berücksichtigt werden.

Da die Kreislaufteile entsprechend DIN 8964 eine gute Dichtheit aufweisen und sich bei den Montage-Fügestellen prinzipiell eine gute Dichtheit (gute bis ausgezeichnete Dichtfähigkeit der Fügestellen) erreichen läßt, ist vom Stand der Technik der erreichbaren Dichtheit keine Rücksichtnahme erforderlich. Zu

berücksichtigen ist jedoch, daß auf Grund der derzeitigen Eigenschaften der Montagelecksuchgeräte Lecks < 30 g KM/a im allgemeinen nicht sicher festgestellt werden können und somit keine zulässige Einzelleckrate < 30 g KM/a festgelegt werden kann. Es wird deshalb die Festlegung der zulässigen Einzelleckrate auf 30 g KM/a (bezogen auf den Sättigungsdruck des Kältemittels bei Raumtemperatur) vorgeschlagen.

Da in der DIN 8964 bereits zulässige Leckraten für Kreislaufteile festgelegt werden, bezieht sich die Festlegung der Einzelleckrate nur noch auf die Fügestellen der Kälteanlage. Dabei wird davon ausgegangen, daß etwa 0,15 % Hartlötstellen und ca. 2 bis 5 % der lösbaren Verbindungen die zulässige Einzelleckrate ausschöpfen.

Viele Prüfungen sind derzeit im feldmäßigen Kälteanlagenbau bestenfalls mit Kältemittel als Prüfgas und mit Montagelecksuchgeräten bei einem Prüfdruck in Höhe des Sättigungsdruckes entsprechend der Umgebungstemperatur realisierbar. Es ist deshalb notwendig, die zulässige Einzelleckrate auf den Sättigungsdruck des Kältemittels bei Raumtemperatur zu beziehen. Wegen der quadratischen Abhängigkeit der Leckrate vom Druck ist es erforderlich, entsprechend höhere Werte des spezifischen Kältemittelverlustes der Anlagen zu tolerieren.

In der Regel wird der spezifische Kältemittelverlust aus der Nachfüllmenge nach einem längeren Betriebszeitraum (z. B. 1 Jahr) ermittelt. Für eine kurzfristige Ermittlung der spezifischen Verluste müßten die Einzelleckraten addiert werden (zuzüglich Emissionen bei Wartung und Reparatur).

Für die Festlegung der zulässigen spezifischen Kältemittelverluste wird die Zielstellung für eine erste Etappe vorgeschlagen.

Zulässiger spezifischer Kältemittelverlust:

2 % bis 17 % in Abhängigkeit von der Füllmenge gemäß Bild 7

Zusammenfassung

Im Auftrag des Forschungsrates Kältetechnik wurden in den Bundesländern Hessen und Freistaat Sachsen in ausgewählten Gewerbekälteanlagen, insbesondere im Supermarkt-Bereich, Dichtheitsprüfungen durchgeführt.

Die erzielten Ergebnisse gestatten es u. a.

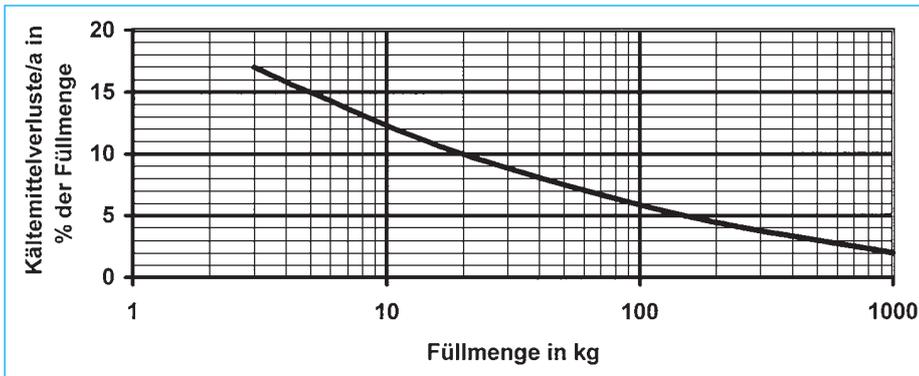


Bild 7 Zulässige spezifische Kältemittelverluste

- gesicherte Aussagen zum Istzustand der Anlagendichtheit in diesem Bereich zu treffen,
- Hinweise für anzuwendende Lecksuchmethoden und entsprechende Ausrüstungen zu geben,
- problematische Bauteile und Verbindungstechniken zu benennen,
- Vorschläge für zulässige Einzelleckraten und spezifische Gesamtleckraten von Gewerbe-Kälteanlagen zu erarbeiten.

Literatur

- [1] R. Engelhardt: CCI 2/2000, S. 4
- [2] Dechema Informationsblatt ZFP1, Dichtheitsprüfung an Apparaten und Komponenten von Chemieanlagen, Mai 1988
- [3] Klein, E., FCKW-Halon-Verbotsordnung bis Einsatzmengen von Kältemitteln beim Betrieb und bei Instandhaltungsarbeiten, Ministerium für Natur und Umwelt, Schleswig-Holstein, November 1995.
- [4] Lotz, H., Beitrag der deutschen Kälte-, Klima-, und Wärmepumpentechnik zur Verringerung der Treibhausbelastung bis zum Jahre 2005, DKV-Statusbericht (TEWI-Memorandum des DKV), Nr. 13, April 1993.
- [5] Swedish Refrigeration Foundation, Proposal for a new informativ annex on TEWI prEN378- part4, „Selection of refrigerant“, CEN/TC 182/ WG4, N58, 1995 - 08 - 10.
- [6] Gentner-News 12. 02. 1999, „FMI widersetzt sich EPA's Leckraten-Festlegung“, Gentner Verlag Stuttgart.
- [7] Französisches Ministerium für Raumordnung und Umweltfragen, Verordnungsentwurf über die Dichtheitskontrolle von Bauteilen zur Gewährleistung des Einschlusses von Kältemitteln, die in Kälte- und Klimaanlage zum Einsatz kommen, Notifikation 99/141/F, 12. 03. 1999, Übersetzung aus dem Französischen.
- [8] „Regeling Lekdichtheitsvoorschriften Koelinstallaties“, (Herziening 1994), Bijlage Koude & Luchtbehandeling jaargang 88 nr 1 (januari 1995), Pagina 1-8.

□