Halogenierte Kältemittel

Welche Rechtsvorschriften müssen Betreiber und deren Beauftragte beim Einsatz von FCKW, HFCKW und fluorierten Treibhausgasen einhalten?

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

| CLIMATE CHANGE | 09/2009

Halogenierte Kältemittel

Welche Rechtsvorschriften müssen Betreiber und deren Beauftragte beim Einsatz von FCKW, HFCKW und fluorierten Treibhausgasen einhalten?

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
http://www.umweltbundesamt.de
verfügbar.

Diese Veröffentlichung ersetzt die Broschüre
„Ausstieg aus der Verwendung H-FCKW-haltiger
Kältemittel in Kälte- und Klimaanlagen“ aus dem
Jahr 2002.

ISSN 1862-4359

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Email: info@umweltbundesamt.de
Internet: http://www.umweltbundesamt.de

Redaktion: Fachgebiet III 1.4, Stoffbezogene Produktfragen

Redaktionsschluss: Juni 2009

Dessau-Roßlau, Juli 2009

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5

2 Umweltauswirkungen von Kältemitteln 5

2.1 Was sind halogenierte Kältemittel und welche betrachten wir hier? 5

2.2 Wie wirken halogenierte Kältemittel in der Umwelt? 7

2.2.1 Ozonabbau 7

2.2.2 Globale Erwärmung 7

2.2.3 Prinzip der globalen Erwärmung 8

2.2.4 Bedeutung der fluorierten Treibhausgase 8

2.3 Wie viel halogenierte Kältemittel setzen Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber ..... jährlich in Deutschland ein? 9

3 In welchen Anwendungen finden halogenierte Kältemittel Verwendung? 10

3.1 Gewerbekälteanlagen 10

3.2 Industriekälteanlagen 11

3.3 Klimaanlagen für Räume und Gebäude 11

3.4 Wärmepumpen 12

3.5 Fahrzeugklimaanlagen 13

3.6 Transportkälteanlagen 14

4 Gesetzliche Regelungen 14

4.1 Welche Vorschriften existieren zum Schutz der Ozonschicht? 14

4.1.1 Welche Verwendungsbeschränkungen gelten für FCKW (z. B. R 11, R 12, R 502)? 15

4.1.2 Welche Verwendungsbeschränkungen gelten für HFCKW ..... (z. B. R 22, R 123, R 401A, R 401B, R 402A, R 403B)? 15

4.1.3 Welche Regelungen gelten für Betreiber von Anlagen mit FCKW und HFCKW? 15

4.1.4 Welche Regelungen betreffen das Handwerk? 16

4.2 Welche Vorschriften existieren zum Schutz des Klimas? 16

4.2.1 Welche Regelungen gelten für Betreiber von Anlagen mit HFKW ..... (z. B. R134a, R404A, R407C, R507)? 17

4.2.1.1 Regelungen für Haushaltskühl- und -gefriergeräte sowie Klimageräte **18**

4.2.1.2 Regelungen für nicht geschlossene Direktverdampfungssysteme **19**

4.2.1.3 Regelungen für ortsfeste Kälte- und Klimaanlagen und Wärmepumpen **19**

4.2.1.3.1 Kontrolle auf Dichtheit **19**

4.2.1.3.2 Installation **21**

4.2.1.3.3 Führung von Aufzeichnungen **21**

4.2.1.3.4 Rückgewinnung **21**

4.2.2 Welche Regelungen gelten für das Handwerk? 22

4.2.2.1 Zertifizierung von Personal/Sachkunde **22**

4.2.2.2 Zertifizierung von Unternehmen **24**

4.2.3 Kennzeichnung **24**

4.2.4 Welche Regelungen gelten für Fahrzeugklimaanlagen? 25

4.2.5 Welche Regelungen gelten für mobile Kälteanlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel? 25

5 Beispiele für innovative und klimaschonende Techniken 26
5.1 Gewerbekälteanlagen 26
5.2 Industriekälteanlagen 28
5.3 Klimaanlagen für Räume und Gebäude 28
5.4 Wärmepumpen 29
5.5 Fahrzeugklimaanlagen 30
5.6 Transportkälteanlagen 30
5.7 Weitere Anwendungen 31
6 Weitergehende Informationen 31
Anlage 1: Kommissionsverordnungen 32
Anlage 2: Muster eines Anlagenlogbuchs 33

1 Einleitung

Fluorierte Treibhausgase sind heute in einer Vielzahl von technischen Anwendungen enthalten. In dieser Gruppe von Substanzen sind vor allem die teilfluorierten Kohlenwasserstoffe (HFKW) mengenmäßig relevant. Die HFKW kommen häufig als Ersatzstoffe für die Ozonschicht schädigenden voll- und teilhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW und HFCKW) zum Einsatz.

Wegen ihrer Ozonschicht schädigenden und/oder das Klima beeinflussenden Eigenschaften haben die internationale Staatengemeinschaft, die EU-Kommission sowie eine Reihe von Staaten, einschließlich Deutschland, Maßnahmen beschlossen, um die Emissionen dieser Stoffgruppen zu minimieren.

Diese Informationsschrift gibt eine Übersicht über die rechtliche Situation bei der Verwendung von FCKW, HFCKW und HFKW als Kältemittel in stationären und mobilen Kälte- und Klimaanlagen.

Ergänzt sind die Ausführungen durch einen kurzen Überblick über klimaschonende Alternativen und weiterführende Links.

2 Umweltauswirkungen von Kältemitteln

2.1 Was sind halogenierte Kältemittel und welche betrachten wir hier*?*

Zu den halogenierten Kältemitteln zählen:

FCKW – Fluorchlorkohlenwasserstoffe:	Kohlenwasserstoffe, die neben Kohlenstoff nur Chlor und Fluor im Molekül enthalten
HFCKW – Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe:	Kohlenwasserstoffe, die neben Kohlenstoff nur Wasserstoff, Chlor und Fluor im Molekül enthalten
HFKW – Teilfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe:	Kohlenwasserstoffe, die neben Kohlenstoff nur Wasserstoff und Fluor im Molekül enthalten
FKW – Vollfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe	Kohlenwasserstoffe, die neben Kohlenstoff nur Fluor im Molekül enthalten

Bei FCKW, HFCKW, FKW und HFKW handelt es sich um Gruppenbezeichnungen für Stoffgruppen, denen viele verschiedene Einzelstoffe zugeordnet sind. Viele dieser Einzelstoffe und Gemische dieser Stoffe finden als Kältemittel Verwendung.

An Stelle der chemischen Bezeichnung ist für Kältemittel im Allgemeinen die Verwendung des Kurzzeichens üblich. Häufig ist dem Kurzzeichen ein „R“ für Refrigerant (Kältemittel) vorgesetzt. Die Kurzzeichen sind aus drei Ziffern bestehende Nummern. Die Zuordnung erfolgt nach folgendem Schema:

- 1. Ziffer: Anzahl der Kohlenstoffatome im Molekül minus eins (eine „0“ wird nicht angegeben),
- 2. Ziffer: Anzahl der Wasserstoffatome plus eins,
- 3. Ziffer: Anzahl der Fluoratome. Kleine Buchstaben hinter der Zahl kennzeichnen den Ort der Substitution.

Beispiel: 134a = $C_2H_2F_4$ oder CF_3-CH_2F.

- Zubereitungen (Blends, Gemische) von HFKW und FKW erhalten ebenfalls Kurzzeichen, die sich jedoch nicht aus der Anzahl der Atome ableiten. Die Zuordnung der Gemische orientiert sich an für die Kältetechnik relevanten Eigenschaften: 400er Reihe = zeotrope Gemische und 500er Reihe = azeotrope Gemische.

Eine genaue Darstellung findet sich in der DIN 8960[1].

In der nachfolgenden Tabelle sind Beispiele für FCKW, HFCKW und HFKW- Kältemittel zusammengefasst.

Tab. 1: Ausgewählte FCKW, HFCKW und HFKW- Kältemittel und ihr Ozonabbaupotenzial (ODP) und Treibhauspotenzial (GWP_{100})

Kältemittel	Bezeichnung	ODP	GWP_{100}[2]	Art	Bemerkungen
R 11	Trichlorfluormethan	1	4 600	FCKW	Verwendung verboten
R 12	Dichlordifluormethan	1	10 600	FCKW	Verwendung verboten
R 502	-	0,333	4 516	FCKW-Gemisch	Verwendung verboten
R 22	Chlordifluormethan	0,05	1 700	HFCKW	Verwendung in Neuanlagen verboten
R 123	Dichlortrifluorethan	0,02	120	HFCKW	Verwendung in Neuanlagen verboten
R 23	Trifluormethan	0	12 000	HFKW	Verwendung in einigen Anwendungen verboten Anforderungen an die Anlagendichtheit und Wartung, s. Abschnitt 3.
R 134a	Tetrafluormethan	0	1 300	HFKW	
R 152a	Difluorethan	0	120	HFKW	
R 404 A	-	0	3 784	HFKW-Gemisch	
R 407 C	-	0	1 652	HFKW-Gemisch	
R 410 A	-	0	1 975	HFKW-Gemisch	
R 417 A	-	0	2 234	HFKW-Gemisch	
R 419 A	-	0	2 869	HFKW-Gemisch	
R 422 D	-	0	2 233	HFKW-Gemisch	
R 507 A	-	0	3 850	HFKW-Gemisch	
R 508 A	-	0	11 939	HFKW-Gemisch	

[1] DIN 8960: *Kältemittel - Anforderungen und Kurzzeichen*. Ausgabe: November 1998, Berlin: Beuth.
[2] IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University Press 2001.

2.2 Wie wirken halogenierte Kältemittel in der Umwelt?

2.2.1 Ozonabbau

Langlebige, chlorhaltige Verbindungen wie FCKW und HFCKW schädigen die stratosphärische Ozonschicht. Diese befindet sich etwa zwischen 15 und 40 km Höhe und wirkt wie ein unsichtbarer Schutzschild gegenüber der zellschädigenden Ultraviolettstrahlung (UV-B) der Sonne. Die durch die Reduktion der Ozonschicht verursachte Zunahme der UV-B-Strahlung an der Erdoberfläche führt beim Menschen zu einem verstärkten Auftreten von Hauterkrankungen (z. B. Melanomen), Katarakten (grauer Star) und einer Beeinträchtigung des Immunsystems. Schon bei einer geringen Erhöhung des mittleren UV-B-Strahlenflusses ist zusätzlich mit einer Schädigung von Ökosystemen und einer nachteiligen Beeinflussung der Nahrungskette zu rechnen.

Das Zerstörungspotenzial gegenüber der Ozonschicht von FCKW und HFCKW wird als ODP (Ozone Depleting Potential) angegeben. Dabei dienen die Stoffe R 11 und R 12 als Referenzsubstanz. Ihnen ist der Wert „1“ zugeordnet.

Ozon abbauende Stoffe sind durch das Montrealer Protokoll erfasst und unterliegen den dort beschlossenen weltweiten Produktions- und Verwendungsbeschränkungen. Eine Umsetzung des Montrealer Protokolls erfolgte durch die EU-Kommission durch die Verordnung (EG) 2037/2000, die derzeit überarbeitet wird. National gilt zusätzlich zur EG-Verordnung die Chemikalien-Ozonschichtverordnung (ChemOzonSchichtV).

2.2.2 Globale Erwärmung

Mit den Begriffen „globale Erwärmung“ und „Treibhauseffekt“ wird üblicherweise der zeitabhängige Anstieg der Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche beschrieben. Man geht davon aus, dass die Klimaerwärmung der Erde im letzten Jahrhundert 0,6 bis 0,9 °C betrug. Wissenschaftler kamen zu dem Schluss, dass der beobachtete Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen seit Mitte des 20. Jahrhunderts mit hoher Wahrscheinlichkeit in erster Linie auf den beobachteten Anstieg der Konzentration an anthropogenen (von Menschen geschaffenen) Treibhausgasen zurückzuführen ist[3].

Die wichtigsten von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen werden vom Kyoto-Protokoll erfasst: Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffoxid (N_2O) und von Menschen geschaffene fluorierte Treibhausgase (F-Gase). Ozon abbauende Stoffe, die unter das Montreal-Protokoll fallen, wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (HFCKW) und Halone, sind ebenfalls wesentliche Treibhausgase.

[3] Vierter Bewertungsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC), http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm

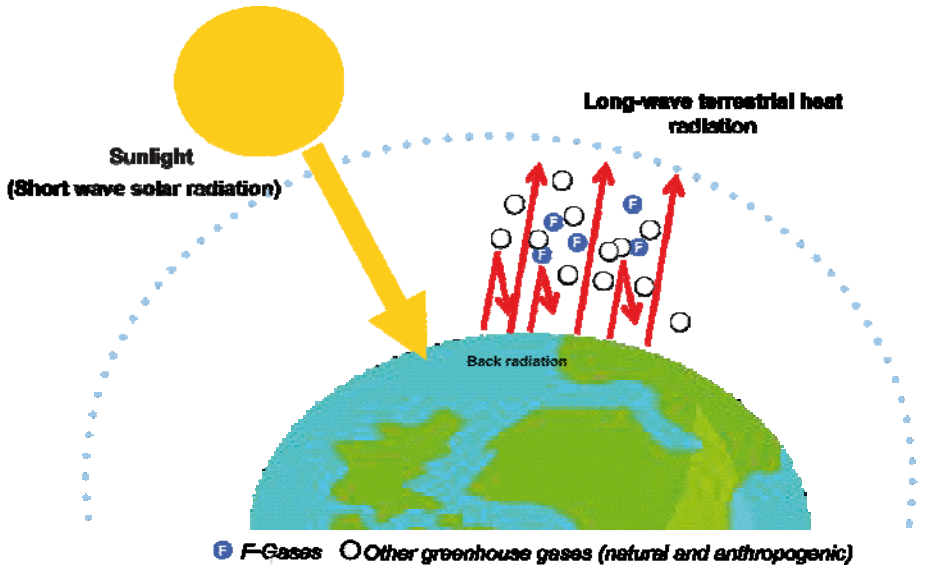

Abb. 1 Prinzipskizze der globalen Erwärmung

Treibhauspotenzial (GWP)
Index zur Beschreibung der Strahlungseigenschaften gut gemischter *Treibhausgase*, der sich aus der Gesamtwirkung der verschiedenen Verweildauern dieser Gase in der *Atmosphäre* und ihrer relativen Wirksamkeit hinsichtlich der Absorption von abgestrahlter *Infrarotstrahlung* ergibt. Der Index ist ein Näherungswert für den zeitabhängigen Effekt einer Masseneinheit eines Treibhausgases in der heutigen Atmosphäre auf die Erwärmung im Vergleich zu dem von *Kohlendioxid*.
(Quelle: 3. Bewertungsbericht des IPCC)

2.2.3 Prinzip der globalen Erwärmung

Die Erde erhält von der Sonne Energie in Form von Sonnenlicht (kurzwelliger Sonneneinstrahlung), die relativ ungehindert durch die Atmosphäre dringt. Etwa 30 % der kurzwelligen Sonneneinstrahlung werden von der Atmosphäre und der Erdoberfläche in den Weltraum reflektiert. Die restlichen 70 % werden von der Erdoberfläche (Landmasse, Ozeane) und im unteren Bereich der Atmosphäre (Troposphäre) absorbiert. Dadurch erwärmt sich die Erdoberfläche und diese Wärme wird als langwellige Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) zurückgestrahlt. Die Infrarotstrahlung kann die Atmosphäre jedoch nicht so ungehindert durchdringen wie kurzwellige Strahlung, stattdessen wird sie von Wolken reflektiert und von atmosphärischen Treibhausgasen absorbiert. Dies führt zu einem von Treibhausgasen hervorgerufenen Wärmestau zwischen Erdoberfläche und Troposphäre.

In der Vergangenheit sorgte die natürliche Konzentration an Treibhausgasen für die Wärme, ohne die das Leben auf der Erde nicht möglich wäre. Je höher jedoch die Konzentration an zivilisationsbedingten Treibhausgasen in der Atmosphäre ist, desto mehr Infrarotstrahlung wird auf die Erdoberfläche abgestrahlt. Dies führt zu dem so genannten „anthropogenen Treibhauseffekt“ und zu einer weltweiten Erwärmung der Erdoberfläche.

2.2.4 Bedeutung der fluorierten Treibhausgase

Fluorierte Treibhausgase (F-Gase), wie HFKW, FKW und SF_6, sind synthetische Chemikalien, die in zahlreichen Industriezweigen bei verschiedenen Anwendungen zum Einsatz kommen.

F-Gase wurden infolge des Ausstiegs aus einer Vielzahl Ozon abbauender Stoffe aufgrund der Verpflichtungen des Montrealer Protokolls in den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts zu beliebten Ersatzstoffen für bestimmte Ozon abbauende Substanzen, wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (HFCKW).

F-Gase zeigen keine Ozon abbauenden Eigenschaften, die meisten besitzen jedoch ein hohes Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP).

Das im Rahmen der F-Gas-Verordnung verwendete GWP wird als das Erwärmungspotenzial eines Kilogramms eines Gases bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren gegenüber dem entsprechenden Potenzial eines Kilogramms CO_2 berechnet.

HFKW ist die am weitesten verbreitete Gruppe der F-Gase. Sie kommen in zahlreichen Industriezweigen bei den verschiedensten Anwendungen zum Einsatz, z. B. als Kältemittel in Kälteanlagen, Klimaanlagen und Wärmepumpen, als Treibmittel für Schäume, als Löschmittel, Aerosoltreibmittel und Lösungsmittel.

FKW sind in erster Linie in der Elektronikindustrie zu finden (z. B. Plasmareinigung von Silizium-Wafern) sowie in der Kosmetik- und Pharmaindustrie (Extraktion natürlicher Erzeugnisse, wie Nutraceuticals und Aromastoffe), aber auch in geringerem Maße in Kälteanlagen als FCKW-Ersatz, häufig zusammen mit anderen Gasen. In der Vergangenheit wurden FKW als Löschmittel verwendet und sind noch heute in älteren Brandschutzsystemen zu finden.

Der Anteil, den HFKW und FKW am anthropogenen Treibhauseffekt haben, ist im Vergleich zum wichtigsten Treibhausgas CO_2 mit etwa 2 % heute noch gering. Vor dem Hintergrund des weiteren (H)FCKW-Ausstiegs, gehen einige Experten von einem Anstieg der Emissionen auf 6 % bis zum Jahr 2030 aus, wenn die internationale Staatengemeinschaft keine Maßnahmen gegen diesen Trend ergreift[4].

In vielen Anwendungen sind HFKW schon heute nicht mehr erforderlich, da es mindestens gleichwertige Klima schonende Techniken gibt. Minderungsmaßnahmen bei den klassischen Treibhausgasen, insbesondere CO_2, sind häufig aufwendiger[5].

2.3 Wie viel halogenierte Kältemittel setzen Anlagenhersteller und Anlagenbetreiber jährlich in Deutschland ein?

Die in Deutschland im Jahr 2004 nachgefüllte oder in Neuanlagen eingefüllte Menge halogenierter Kältemittel betrug nach Erhebungen des statistischen Bundesamtes[3] insgesamt 8455 t. Die Statistik erfasste alle Betriebe, die mehr als 50 kg halogenierte Kältemittel im Jahr verwendet hatten. Neben den klimaschädlichen fluorierten Kältemitteln wie R 134a und HFKW-Mischungen sind noch erhebliche Mengen Ozonschicht zerstörender Kältemittel wie R 22 und Gemische mit R 22 im Einsatz (s. Abb. 1).

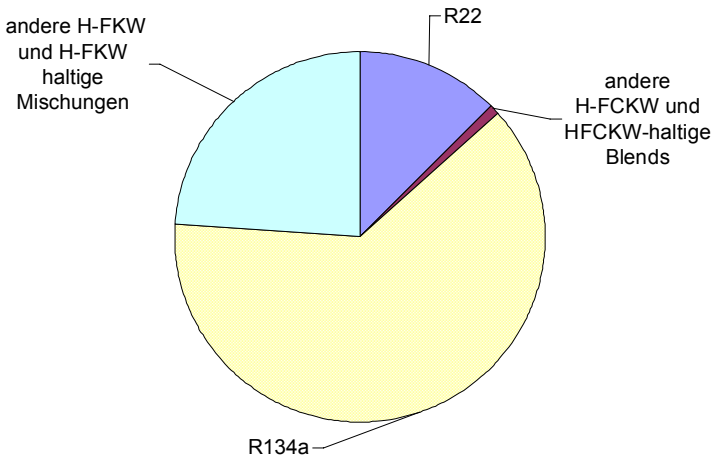

Abb. 1: Verwendung (Nachfüllen und Erstbefüllung) halogenierter Kältemittel in Deutschland im Jahr 2004 in Tonnen[6]

[4] „The Vision Scenario for the European Union", S. 50: http://www.oeko.de/oekodoc/717/2006-195-en.pdf
[5] http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=2742
[6] Statistisches Bundesamt, Stat. Jahrbuch 2004; Letztes Jahr der Erhebung Ozon abbauender Kältemittel

Vom Kyoto-Protokoll erfasste fluorierte Treibhausgase kommen in einer ganzen Reihe von Anwendungen zum Einsatz. Hauptemissionsquelle der HFKW ist die Verwendung als Kältemittel. Im Gegensatz zu allen anderen Treibhausgasen steigen bei F-Gasen die Emissionen in Deutschland auch weiterhin an.

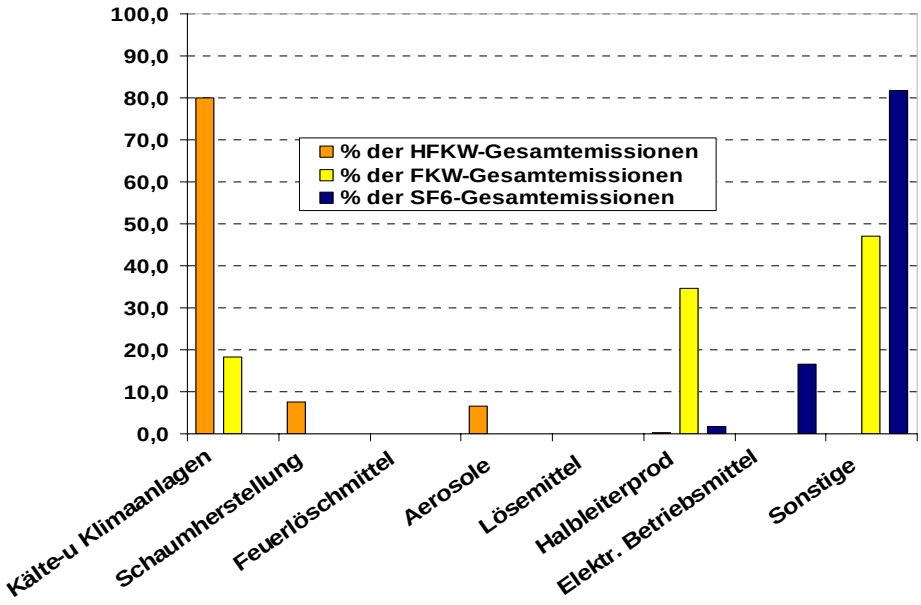

Abb. 2: Anteil einzelner Anwendungsbereiche an den gesamten Emissionen (gerechnet in CO_2-Äquivalenten) jeweils von HFKW, FKW und SF6

3 In welchen Anwendungen finden halogenierte Kältemittel Verwendung?

3.1 Gewerbekälteanlagen

Zu den Kälteanlagen der gewerblichen Kühlung zählen Kälteanlagen zur Frischhaltung und Tiefkühlung zu verkaufender Waren. Gewerbekälteanlagen finden sich in Supermärkten und Discountmärkten, in Metzgereien und Bäckereien, aber auch in Gaststätten, Gärtnereien und Blumengeschäften sowie in diversen anderen Bereichen. In Kälteanlagen zur gewerblichen Kühlung waren in der Vergangenheit meist die Kältemittel R 12, R 502 und R 22 enthalten, die heute vor allem durch den HFKW-134a und durch HFKW-Gemische (R 404A, R 407C, R 507) ersetzt sind oder werden.

Die in Deutschland im Jahr 2006 in Neuanlagen der gewerblichen Kühlung eingefüllte HFKW-Menge (Neubefüllungen) betrug etwa 1000 t. Die Emissionen aus dem Bestand lagen im Jahr 2006 ebenfalls bei fast 1000 t[7].

klimaschonende Techniken siehe Abschnitt 5

[7] ZSE des UBA

3.2 Industriekälteanlagen

Unter den Begriff „industrielle Kälteerzeugung“ fallen je nach Definition verschiedene Anwendungen, z. B.

- Lebensmittelproduktion/-verarbeitung,
- chemische und pharmazeutische Industrie,
- Öl-, Gas- und Kunststoffindustrie,
- Kühlhäuser,
- Sport- und Freizeitanlagen,
- Landwirtschaft,
- Metallindustrie und
- Großwärmepumpen.

Die Kälteleistungen reichen von 50 kW bis zu einigen MW. Die Füllmenge der Anlagen kann bis zu mehrere Tonnen betragen.

Als Kältemittel in der industriellen Kälteerzeugung wurden im Jahre 1998 fast ausschließlich Ammoniak und R 22 verwendet, wobei R 22 bis zu 30 % des Kältemittelbedarfs deckte. R 22 fand vor allem in Gefrier- und Kühlanlagen sowie in Kaltwassersätzen zur Prozesskühlung und industriellen Klimatisierung Verwendung. Durch das Verbot von R 22 in Neuanlagen im Jahr 2000, kommen heute neben Ammoniak vor allem R 134a, R 404A und R 507 zum Einsatz.

Die in industriellen Kälteanlagen in Deutschland vorhandene Menge an HFKW und FKW Kältemitteln stieg innerhalb eines Jahres von etwa 4540 t im Jahr 2005 auf etwa 4850 t im Jahr 2006. Mehr als 400 t HFKW/FKW (1,1 Mio. t CO_2-Äquivalente) emittierten im Jahr 2006 aus Industriekälteanlagen bei der Errichtung, dem Betrieb und bei der Entsorgung der Anlagen[6].

klimaschonende Techniken siehe Abschnitt 5

3.3 Klimaanlagen für Räume und Gebäude

Noch bis vor wenigen Jahren blieb die Klimatisierung von Räumen oder Gebäuden in Deutschland auf wenige Nutzungsarten beschränkt. Zu den klimatisierten Gebäuden zählten z. B. Luxushotels, Produktionsstätten mit besonderen Anforderungen an Temperatur und Luftfeuchte oder Räume mit besonderen Hitzelasten (z. B. Computerräume). Durch den erhöhten Lebensstandard sind die Erwartungen an den Komfort in Wohn- und Arbeitsräumen gestiegen. In der Folge hat der Klimatisierungsgrad in vielen Lebensbereichen zugenommen. Mit der weiteren Verbreitung der Klimatisierung mittels Klimaanlagen nimmt auch die Menge an emittierten Kältemitteln deutlich zu.

Bei der Art der Klimageräte und –anlagen ist zwischen Raumklimageräten mit Kühlleistungen zwischen 1 bis 50 kW (max. 100 kW) und der Klimatisierung von Räumen und Gebäuden mittels Kälteanlagen größerer Leistungen zu unterscheiden. Die Raumklimageräte kleinerer Leistung (1 bis 50 kW) teilen sich wiederum in mobile Klimageräte (1 bis 5 kW Leistung) und meist stationäre Split-Klimageräte auf. Letztere, auch als VRF- oder VRV-Anlage bezeichnet, funktionieren nach dem Direktverdampfungsprinzip und bestehen aus einem Außengerät (Verdichter-Verflüssiger-Einheit) und einem oder mehreren Innengerät(en) (Verdampfer), über die dem Raum die Wärme entzogen wird. Die einzelnen Komponenten werden bei der Installation über Rohrleitungen miteinander verbunden, die mit Kältemittel befüllt sind

Als Kältemittel in Raumklimageräten kamen zunächst FCKW und HFCKW, zuletzt vor allem R 22 zum Einsatz. Diese Stoffe sind heute für Neugeräte in Deutschland bereits verboten, in der EU darf ungebrauchtes HFCKW ab dem 1.1.2010 nicht mehr verwendet werden. Derzeit sind überwiegend HFKW- Gemische wie R 407C und R 410A in Raumklimageräten enthalten. Bereits mit R 22 hergestellte Geräte haben die Hersteller ab dem Jahr 2000 auf das HFKW-Gemisch R 417A umgerüstet. Hintergrund war das Verkaufsverbot von Geräten mit R 22 in Deutschland.

In den zur Klimatisierung von Gebäuden eingesetzten Kälteanlagen größerer Leistung kamen je nach Anlagentyp in der Vergangenheit verschiedene chlorhaltige Kältemittel wie R 11 (Turboverdichter) oder R 22 (Kaltwassersätze kleinerer Leistung) zum Einsatz. Der Ersatz von R 11 fand vor allem durch R 134a, R 22 durch R 407C statt.

Die Klimatisierung von Räumen und Gebäuden war im Jahr 2006 die Quelle für etwa 230 t HFKW- Emissionen (entsprechen knapp 0,34 Mio. t CO_2-Äquivalente)[8]. R 407A ist heute das am häufigsten eingesetzte Kältemittel in diesem Bereich.

klimaschonende Techniken siehe Abschnitt 5

3.4 Wärmepumpen

Zu unterscheiden ist zwischen Wärmepumpen kleinerer Leistung (2,5 bis ca. 20 kW), sogenannten Hauswärmepumpen für Einfamilienhäuser für Heizung und Warmwasserbereitung, und Groß- oder Industriewärmepumpen mit großen Leistungen von 20 kW bis 4 MW und darüber für Heiz- und Prozesswärme.

Wärmepumpen machen die Umgebungswärme in Luft, Erdreich oder Grundwasser nutzbar, indem diese Wärme mit Hilfe eines elektrischen Kompressors auf ein höheres Niveau 'gepumpt' wird. Die Funktionsweise ist mit der eines Kühlschranks identisch, nur dass hier die Umgebung zu Heizzwecken abgekühlt wird, während ein Kühlschrank das Schrankinnere kühlt und die entstehende Abwärme der Umgebung zuführt.

Zunehmend werden umkehrbare Split- und Multi-Split-Klimaanlagen mit einer Außen- und einer bzw. mehrerer Inneneinheiten als Luft/Luft-Wärmepumpen vermarktet, mit denen geheizt und gekühlt werden kann. Diese sind jedoch von den klassischen Hauswärmepumpen zu unterscheiden.

Das Standardkältemittel in Hauswärmepumpen war lange Zeit das Gemisch R 502, das aufgrund des darin enthaltenen FCKW durch den HFCKW R 22 ersetzt wurde. Seit 1997 setzen die Hersteller für Hauswärmepumpen überwiegend die HFKW-Gemische R 404A, R 407C und R 410A ein, seltener den Reinstoff R 134a, der üblicherweise in Großwärmepumpen verwendet wird. Die Kältemittelfüllmengen in Hauswärmepumpen liegen in der Regel bei unter 2 bis maximal 6 kg.

Aufgrund der Förderung von Wärmepumpen durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit boomt der Absatz in Deutschland mit einem bisherigen Höchstwert von 62.500 installierten Anlagen im Jahr 2008[9]. Aber auch in anderen europäischen Ländern ist ein starker Anstieg dieses Heizsystems zu verzeichnen. Durch die bisherige Förderung von 50 % der Investitionskosten in Frankreich, wurden dort 2008 135.000 Geräte verkauft.

Die hohe Anzahl der Wärmepumpenanlagen führte dazu, dass trotz der relativ geringen Füllmengen im Jahr 2006 bereits knapp 300 t F-Gase in Wärmepumpenanlagen Verwendung fanden.

Klimaschonende Techniken s. Abschnitt 5

[8] ZSE des UBA

[9] Bundesverband Wärmepumpe e.V.: *Boom bei Wärmepumpen*. Pressemitteilung vom 28. Januar 2009 (http://www.waermepumpe.de/fileadmin/grafik/pdf/2009-01-28_PI-Absatzzahlen_Final.pdf)

3.5 Fahrzeugklimaanlagen

Fahrzeugklimaanlagen sind in Personenkraftwagen (Pkw), Lastkraftwagen (Lkw) oder Nutzfahrzeugen (Nfz), Kraftomnibussen (Reisebusse, Linienbusse), Schienenfahrzeugen, Flugzeugen und auf Schiffen eingebaut. Sowohl beim Kältemittelverbrauch als auch bei den Kältemittelemissionen dominieren die Pkw-Anlagen mit einem Anteil von ca. 90 % in Bezug auf alle Fahrzeugklimaanlagen.

Alle vor 1991 gebauten Fahrzeuge enthielten den FCKW R 12 als Kältemittel. Seit dem Ausstieg aus den FCKW in Deutschland (das Verbot von R 12 in mobilen Kälteanlagen < 5 kg erfolgte 1995 durch die FCKW-Halon-Verbots-Verordnung), enthalten mobile Klimaanlagen fast ausschließlich das HFKW-Kältemittel R 134a.

Auf den japanischen und nordamerikanischen Märkten gehören Klimaanlagen schon seit langem zur Standardausrüstung der Fahrzeuge. In den vergangenen Jahren hat der Ausrüstungsgrad der Neufahrzeuge mit Klimaanlagen auch in Deutschland und darüber hinaus in Europa stark zugenommen. Im Jahr 2006 waren in Deutschland bereits 97 % aller neu zugelassenen Pkw mit einer Klimaanlage ausgerüstet. In Abb. 3 ist der durch das internationale Beratungsgremium IPCC geschätzte weltweite Anstieg der Anzahl der Fahrzeugklimaanlagen (Mobile Air Condition – MAC) bis zum Jahr 2015 dargestellt.

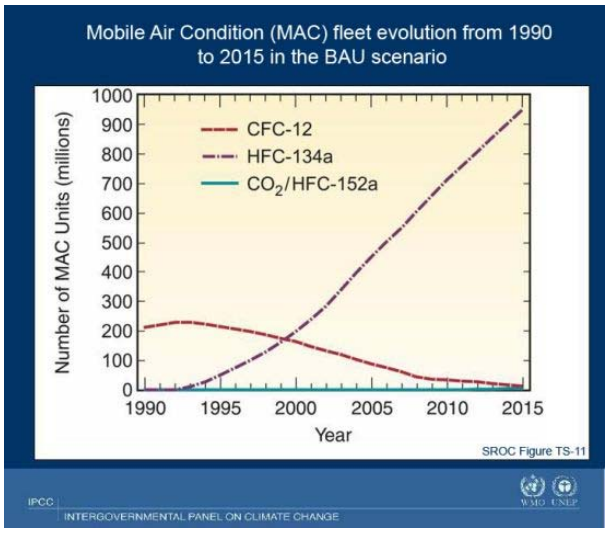

Abb. 3: Weltweite Entwicklung der Anzahl an Fahrzeugklimaanlagen (Mobile Air Condition – MAC) im BAU-Szenario (Business As Usual, d.h. ohne weitere Reduktionsmaßnahmen) mit verschiedenen Kältemitteln bis zum Jahr 2015 (2005)[10].

Im Jahr 2006 betrug in Deutschland die Gesamtfüllmenge des Kältemittels R 134a in Pkw-Klimaanlagen über 20500 t. Die jährlichen Emissionen, einschließlich derer bei Befüllung und Entsorgung, beliefen sich auf 2300 t (dies entspricht 3 Mio. t CO_2-Äquivalente)[11]. In den nächsten Jahren ist, trotz des europäischen Verbotes von R134a für neue Pkw- Klimaanlagen beginnend im Jahr 2011, wegen der großen Anzahl vorhandener Anlagen und der weiteren Verwendung in bereits zugelassenen Autotypen, mit einem weiteren Anstieg der Emissionen bis zum Jahr 2020 zu rechnen.

klimaschonende Techniken siehe Abschnitt 5

[10] IPCC/TEAP Special Report on Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System. Issues related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons (SROC), IPCC 2005

[11] ZSE des UBA

3.6 Transportkälteanlagen

Der Transport von tiefgekühlten oder gekühlten Produkten, meist Lebensmitteln, erfolgt auf der Straße, auf der Schiene und auf dem Wasser. Zum Transport dienen u. a. Kühlfahrzeuge, Lkw-Auflieger, Kühlschiffe und Container für den internationalen Verkehr(z. B. für Schiffe).

Die in Kühlaggregaten für Lastkraftwagen in der Vergangenheit eingesetzten klassischen Kältemittel waren R 12, R 22 und R 502, nach dem Verbot von R 12 und R 502 meist R 22. Seit dem Verbot von R 22 sind in Neufahrzeugen die HFKW- Gemische R 404A, R 410A und das HFKW R134a enthalten. R 404A und R 410A sind die Kältemittel für größere Langstreckenkühlfahrzeuge für den Tiefkühl- und den Frischdienst, R 134a das Kältemittel für kleinere Fahrzeuge im Frischdienst.

Auf Kühlschiffen und Fabrikschiffen kamen lange R 22-Großkälteanlagen zum Einsatz, die die vormals angewendeten Ammoniak- und R 12-Kälteanlagen fast vollständig ersetzt haben. Heute gibt es kaum noch Neubauten von Kühlschiffen mit Direktverdampfungs-Kälteanlagen, da inzwischen Kühlcontainer zum Einsatz kommen. Im Bereich der Kühlcontainer haben die Hersteller R 12 meist durch R 22 und R 134a ersetzt, wobei heute vermehrt das Gemisch R 404A Verwendung findet.

Die Emissionen aus dem Bestand beliefen sich im Jahr 2006 auf etwa 110°t.

klimaschonende Techniken siehe Abschnitt 5

4 Gesetzliche Regelungen

4.1 Welche Vorschriften existieren zum Schutz der Ozonschicht?

Im September 1987 zeichneten 25 Regierungen und die Kommission der Europäischen Gemeinschaft das "Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen". Mit dem Ratifikations-Gesetz vom November 1988 erlangten die dort formulierten Reduktionspflichten Rechtsverbindlichkeit in der Bundesrepublik Deutschland. Das Montrealer Protokoll war das Signal zu einem weltweiten, zeitlich gestaffelten Ausstieg aus der FCKW-Produktion und -Verwendung. Den 1987 zunächst vereinbarten Ausstiegszeitplan haben die Vertragsstaaten entsprechend den Festlegungen der Folgekonferenzen von London (Juni 1990), Kopenhagen (November 1992), Wien (Dezember 1995), Montreal (September 1997) und Peking (1999) mehrfach verschärft und durch weitere Maßnahmen ergänzt.

FCKW und HFCKW

Auf europäischer Ebene ist das Montrealer Protokoll durch die ***Verordnung (EG) Nr. 2037/2000*** *des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Juni 2000 über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen* umgesetzt. Eine Zusammenfassung der geltenden Regelungen sowie seither beschlossene ergänzende Verordnungen sind unter der Internet-Adresse: http://europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l28064.htm zu finden. Diese Verordnung wird derzeit überarbeitet. Die Neufassung wird ab dem 1.1.2010 gelten.

Am 1. Dezember 2006 trat die Verordnung über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen (**ChemOzonSchichtV**) in Kraft (http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/halone.htm). Sie löste die vorher geltende deutsche FCKW-Halon-Verbots-Verordnung ab. Die ChemOzonSchichtV konkretisiert die Anforderungen der EG-Verordnung 2037/2000 hinsichtlich Rückgewinnung und Rücknahme Ozon abbauender Stoffe, Überprüfung der Dichtheit bestimmter Einrichtungen sowie zur erforderlichen Sachkunde. Darüber hinaus übernimmt sie die bisher geltenden nationalen Vorschriften zu R 22, die über die EG-Verordnung 2037/2000 hinaus schon galten.

4.1.1 Welche Verwendungsbeschränkungen gelten für FCKW (z. B. R 11, R 12, R 502)?

Nach Art. 4 Abs. 1 der *Verordnung (EG) Nr. 2037/2000* ist das Verwenden und das Inverkehrbringen von FCKW seit dem 1. Januar 2001 grundsätzlich für alle Anlagenarten (auch in hermetisch geschlossenen Anlagen) verboten. Ausgenommen ist nur das Einführen und Inverkehrbringen von Produkten, die FCKW enthalten, wenn sie nachweislich vor Inkrafttreten der Verordnung 2037/2000 hergestellt wurden (Art. 4 Abs.6).

Die EU-Kommission hat zur Verordnung 2037/2000 sogenannte „Frequently Asked Questions" erstellt, die einige Begriffe der Verordnung, wie beispielsweise den Begriff „Verwendung" näher erläutern. Sie sind unter Link http://ec.europa.eu/environment/ozone/faqs.htm zu finden.

4.1.2 Welche Verwendungsbeschränkungen gelten für HFCKW (z. B. R 22, R 123, R 401A, R 401B, R 402A, R 403B)?

Die deutsche ChemOzonSchichtV übernimmt die Ausstiegsfrist der alten *FCKW-Halon-Verbots-Verordnung* für R 22. Danach war das Inverkehrbringen und Verwenden von R 22 und R 22-haltigen Gemischen als Kältemittel (abweichend von der EG-Verordnung) in neuen Produkten und Anlagen (Erzeugnissen) schon seit dem 1. Januar 2000 verboten. Geräte und Anlagen, die dieses Kältemittel enthalten, dürfen seitdem weder hergestellt noch in den Verkehr gebracht werden. Dabei bezieht sich das Verbot des Inverkehrbringens für Anlagen und Geräte auf den Hersteller des Erzeugnisses (§10 Abs. 3 der Verordnung). Zwischenhändler oder andere „Nichthersteller des Erzeugnisses" dürfen R 22-haltige Anlagen, die vor dem 1. Januar 2000 hergestellt wurden, auch weiterhin in den Verkehr bringen. Der Export fällt gemäß Definition ebenfalls unter den Begriff „Inverkehrbringen".

Nach Artikel 5 der Verordnung (EG) Nr. 2037/2000 bleibt die Verwendung aller HFCKW zur Wartung und zum Betrieb von Kälte- und Klimaanlagen, die vor dem 1. Januar 2000 hergestellt wurden, noch bis zum 31. Dezember 2009 (Frischware) bzw. 31. Dezember 2014 (Recyclingware) erlaubt, wobei die vermarktete Menge an HFCKW kontinuierlich herabgesetzt wird. Durch die Reduktion der Vermarktungsmenge kann es noch vor dem Greifen des Verwendungsverbots zu einer Verknappung verfügbaren Kältemittels kommen. In diesem Fall ist auch mit einem (erheblichen) Preisanstieg zu rechnen.

Auf der 19. Vertragsstaatenkonferenz zum Montrealer Protokoll im September 2007 beschlossen die Staaten nochmals eine Verschärfung des weltweiten Ausstiegsfahrplans für die HFCKW. Nähere Informationen sind unter http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2351 zu finden. Die EU beabsichtigt, die Ausstiegsfristen für HFCKW im Rahmen der Neufassung der Verordnung 2037/2000 für die EU-Staaten noch weiter zu verkürzen.

4.1.3 Welche Regelungen gelten für Betreiber von Anlagen mit FCKW und HFCKW?

Einrichtungen und Produkte, die mehr als 3 kg Kältemittel enthalten, sind nach Art. 17 der VO Nr. 2037/2000 i.V.m. § 4 der ChemOzonSchichtV regelmäßig fachgerecht zu inspizieren und mindestens einmal jährlich durch Sachkundige auf Undichtigkeiten zu prüfen. (siehe auch Artikel 17 der Verordnung (EG) 2037/2000). Im Rahmen der Neufassung der Verordnung Nr. 2037/2000 werden die Dichtheits- und Kontrollanforderungen weiter verschärft.

Gemische, die neben R 22 auch HFKW, wie R134a, enthalten, fallen zusätzlich meist unter die Verordnung (EG) 842/2006 und die ChemKlimaschutzV. Diese Regelungen werden im Abschnitt 3.2 näher erläutert.

4.1.4 Welche Regelungen betreffen das Handwerk?

Anlagen mit Ozon abbauenden Stoffen, wie R 22, dürfen nur von sachkundigem Personal betreut werden. Nach § 5 der ChemOzonSchichtV ist ein Nachweis der Sachkunde für folgende Tätigkeiten erforderlich:

-Inspektion und Wartung

-Rückgewinnung und Rücknahme.

Sachkundenachweis nach der ChemOzonschichtV

Der Begriff Inspektion umfasst nach DIN 31051 unter anderem eine einfache Dichtigkeitskontrolle, wie die Sichtkontrolle an der Anlage oder die Überprüfung des Kältemittelfüllstandes an Schaugläsern sowie die Lecksuche mit speziellen Lecksuchgeräten.

Als sachkundig für die oben genannten Tätigkeiten an Kälte- und Klimaanlagen sind beispielsweise Personen mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung als Kälteanlagenbauer/ Mechatroniker für Kältetechnik. Die Sachkunde können Personen aber auch bei Vorliegen der in der ChemOzonSchichtV (§3 (2) Nr.1) genannten Voraussetzung durch eine Teilnahme an einer anerkannten Fortbildungsveranstaltung erlangen.

4.2 Welche Vorschriften existieren zum Schutz des Klimas?

Mit der Rio-Konferenz im Jahr 1992 und der dort unterzeichneten Klimarahmenkonvention (UNFCCC) gewann der Klimaschutz zunehmend an Bedeutung. Die Zielsetzung der Konvention ist die Reduzierung der durch den Menschen hervorgerufenen Treibhausgasemissionen. Damit wollen die Vertragsstaaten den globalen Klimaänderungen vorbeugen. Im Dezember 1997 haben die Industrieländer durch Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls erstmals eine verbindliche Reduzierung ihrer Treibhausgasemissionen zugesagt. Die Europäische Union hat sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008 bis 2012 um 8 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Im Rahmen der Lastenteilung der Europäischen Union hat sich die Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, die Emissionen um 21 % zu reduzieren. Neben den klassischen Treibhausgasen Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O), haben die Vertragsstaaten 1997 auch die fluorierten Treibhausgase HFKW, FKW und SF_6 wegen ihres zum Teil extrem hohen Treibhauspotenzials in das Kyoto-Protokoll aufgenommen. Nicht erfasst sind FCKW und HFCKW, für die bereits im Montrealer Protokoll (s. Abschnitt 5) Ausstiegsverpflichtungen bestehen.

Fluorierte Treibhausgase

Zur Unterstützung der Reduktionsverpflichtungen durch Verringerung der Emissionen von fluorierten Treibhausgasen (z. B. HFKW) in der Europäischen Union trat die ***Verordnung (EG) Nr. 842/2006*** *des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase* am 4. Juli 2006 in Kraft. Die Verordnung (EG) Nr. 842/2006 regelt die Reduzierung der Emissionen (beispielsweise durch regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit), die Verwendung, die Rückgewinnung und die Zerstörung bestimmter fluorierter Treibhausgase sowie die Kennzeichnung und die Entsorgung von Erzeugnissen und Einrichtungen, die diese Gase enthalten. Für den Vollzug der Verordnung sind die Bundesländer zuständig.

Das Umweltbundesamt hat eine Liste häufig gestellter Fragen zu dieser Verordnung zusammengestellt, welche unter dem Link http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/faq-fckw.htm auf der UBA-Homepage zur Verfügung steht. Das Umweltbundesamt ergänzt die Liste bei Bedarf. Sie soll dazu dienen, grundsätzliche Fragestellungen zu beantworten. Da es sich bei den Antworten meist um Auslegungen des Umweltbundesamtes handelt, sind diese für Gerichte oder Vollzugsbehörden nicht verbindlich.

Zur Konkretisierung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 hat die Europäische Kommission eine Reihe von **Kommissionsverordnungen** erlassen. Die Verordnungstitel sind im Anhang 1

aufgelistet. Die Verordnungstexte sind u. a. von der UBA-Homepage abrufbar: http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/international.htm.

Zur nationalen Umsetzung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 sowie der Kommissionsverordnungen in Deutschland, hat die Bundesregierung am 2. Juli 2008 die *Verordnung zum Schutz des Klimas vor Veränderungen durch den Eintrag bestimmter fluorierter Treibhausgase* (Chemikalien-Klimaschutzverordnung – **ChemKlimaschutzV**) erlassen. Der Verordnungstext ist unter http://www.bgblportal.de/BGBL/bgbl1f/bgbl108s1139.pdf zu finden.

Parallel zur Verordnung (EG) Nr. 842/2006 verabschiedeten das Europäische Parlament und der Rat die ***Richtlinie 2006/40/EG*** *des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17 .Mai 2006 über Emissionen aus Klimaanlagen in Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates.* Die Richtlinie ist in Deutschland umgesetzt und direkt anzuwenden. Zu finden ist die Richtlinie unter:
http://www.umweltbundesamt.de/produkte/dokumente/RI_2006_40_17_05_06.pdf.

4.2.1 Welche Regelungen gelten für Betreiber von Anlagen mit HFKW (z. B. R134a, R404A, R407C, R507)?

Die Verpflichtungen für den Betreiber hängen von der Kältemittelfüllmenge der Anlage ab.

Eine Anlage oder eine Anwendung ist als ein Satz von Bauteilen und Leitungen zu verstehen, die eine zusammenhängende Konstruktion bilden, durch die F-Gase strömen können. Zwei Orte sind Teil einer Anwendung, wenn sich ein F-Gas-Molekül innerhalb der Konstruktion von dem einen Ort zum anderen bewegen kann.

Zur Bestimmung der F-Gas-Füllmenge kann der Betreiber das Kennzeichen prüfen oder im Handbuch oder den technischen Spezifikationen der Anlage nachschlagen.

Im Zweifelsfall muss der Betreiber den Lieferanten, den Hersteller oder das mit der Wartung bzw. Instandhaltung beauftragte Dienstleistungsunternehmen kontaktieren.

Die Kommission hat einige Faustregeln veröffentlicht, die bei der Bestimmung der Füllmenge helfen sollen:

Faustregeln
In der Regel sind kleine hermetisch geschlossene Kühlanwendungen mit einem normalen Netzstecker mit weniger als 6 kg F-Gas befüllt. Praktisch alle Haushaltskühlschränke und -gefriergeräte, mit Ausnahme einiger weniger sehr alter Systeme, fallen in diese Kategorie. Ein normaler Kühlschrank für Haushaltszwecke enthält in der Regel etwa 0,1 kg Kältemittel.

Kühlanwendungen in kleineren Geschäften (z. B. Eisvitrinen, Flaschenkühlschränke, kleine Kühl- und Gefriertheken für Lebensmittel), Kneipen und Restaurants (z. B. Inline-Getränkekühlschränke oder Eisbereiter), Büros (z. B. Verkaufsautomaten) und anderen Gebäuden enthalten in der Regel 0,05 bis 0,25 kg Kältemittel.

Single-Split-Klimaanlagen für Haushalte enthalten üblicherweise 0,5 bis 4 kg Kältemittel (durchschnittlich 0,31 bis 0,34 kg pro kW Kühlkapazität).

Wärmepumpen, die nur zur Warmwasserbereitung verwendet werden, enthalten normalerweise weniger als 3 kg F-Gase. In kleineren Wärmepumpeanlagen (für Haushalte und mit einer Kältemittelbefüllung von bis zu 6 kg) befindet sich das Kältemittel üblicherweise in einem hermetisch geschlossenen Kreislauf. Wärmepumpen für industrielle Zwecken enthalten häufig mehr als 30 kg F-Gase.

Folgende Verpflichtungen ergeben sich nun für den Betreiber:

F-Gas-Füllmenge, / *Verpflichtungen des Betreibers*	≥ 300 kg	≥ 30 kg und < 300 kg)	≥ 3 kg und < 30 kg oder hermetisch geschlossen ≥ 6 kg und < 30 kg)	Hermetisch geschlossen ≥ 3 kg und < 6 kg	< 3 kg
Installation[12], Wartung bzw. Instandhaltung der Anlage durch Personal und Unternehmen mit Zertifizierung, Art. 5(3)[13]	✓	✓	✓	✓	✓
Verhinderung von Lecks und Reparatur entdeckter Lecks so rasch wie möglich, Art. 3(1) [13]	✓	✓	✓	✓	✓
Regelmäßige Kontrolle auf Dichtheit durch zertifiziertes Personal, Art. 3(2)[13]	✓	✓	✓		
Installation eines Leckage-Erkennungssystems, das mindestens einmal alle 12 Monate kontrolliert wird, Art. 3(3)[13]	✓				
Führen von Aufzeichnungen, Art. 3(6)[13]	✓	✓	✓	✓	
Rückgewinnung von F-Gasen vor der endgültigen Entsorgung der Anlage und ggf. während der Wartung bzw. Instandhaltung durch zertifiziertes Personal, Art. 4(1), (4) [13]	✓	✓	✓	✓	✓

Tabelle 1: Überblick über die Verpflichtungen des Betreibers in Abhängigkeit von der F-Gas-Füllmenge für die Anwendung (Quelle: EU-Kommission[14])

Der Unterschied zwischen den Spalten 2 und 3 besteht in der Häufigkeit der Kontrollen auf Dichtheit (siehe Abschnitt „Kontrolle auf Dichtheit“).

Die hinter dieser Übersicht stehenden gesetzlichen Regelungen werden im folgenden Text näher erläutert.

4.2.1.1 Regelungen für Haushaltskühl- und -gefriergeräte sowie Klimageräte

Gemäß § 11 Abs. 2 des Elektro- und Elektronikgerätegesetz – ElektroG vom 16. März 2005 sind HFKW, die in Elektro- und Elektronikgeräten wie Haushaltskühl- und -gefriergeräten oder

[12] Soweit zutreffend, gilt z. B. nicht für Systeme mit Netzanschluss.
[13] Verordnung (EG) Nr. 842/2006
[14] http://ec.europa.eu/environment/climat/fluor/publications_en.htm

Klimageräten enthalten sind, bei der Entsorgung zurück zu gewinnen und nach § 10 Abs. 4 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes zu beseitigen oder zu verwerten.

Gemäß Art. 4 Abs. 1 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 sind die Betreiber von Kälteanlagen, Klimaanlagen und Wärmepumpen dafür verantwortlich, dass zertifiziertes Personal die fluorierten Treibhausgase aus den entsprechenden Kältekreisläufen ordnungsgemäß zurückgewinnt, um deren Recycling, Aufarbeitung oder Zerstörung sicherzustellen.

Gemäß Art. 5 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 sowie Art. 4 der Verordnung (EG) Nr. 303/2008 darf nur zertifiziertes Personal Installationen von ortsfesten Kälteanlagen, Klimaanlagen und Wärmepumpen vornehmen. Unter Installation ist auch das Schließen eines Kältekreislaufs zu verstehen, und zwar ungeachtet dessen, ob das System anschließend noch zu befüllen ist oder nicht. Dies gilt in besonderem Maße für Klima-Split-Geräte mit Klickverbindung.

4.2.1.2 Regelungen für nicht geschlossene Direktverdampfungssysteme

Das Inverkehrbringen von HFKW zum Zweck der Verwendung in nicht geschlossenen Direktverdampfungssystemen ist nach Art. 9 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 verboten.

4.2.1.3 Regelungen für ortsfeste Kälte- und Klimaanlagen und Wärmepumpen

4.2.1.3.1 Kontrolle auf Dichtheit

Gemäß Art. 3 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 müssen Betreiber ortsfester Anlagen unter Einsatz aller technisch durchführbaren und nicht mit übermäßigen Kosten verbundenen Maßnahmen

a) das Entweichen der betreffenden Kältemittel aus undichten Stellen verhindern und
b) alle entdeckten Lecks, aus denen Kältemittel entweichen, so rasch wie möglich reparieren.

Darüber hinaus müssen Betreiber dafür sorgen, dass zertifiziertes Personal die Anlagen nach folgenden Vorgaben auf Dichtheit inspiziert:

Häufigkeit von Dichtheitskontrollen

a) Anlagen, die 3 kg oder mehr Kältemittel enthalten: alle zwölf Monate,
b) Anlagen, die 30 kg oder mehr Kältemittel enthalten: alle sechs Monate,
c) Anlagen, die 300 kg oder mehr Kältemittel enthalten: alle drei Monate.

Ist ein ordnungsgemäß funktionierendes und geeignetes Leckage-Erkennungssystem vorhanden, sind nur noch halb so viele Inspektionen erforderlich.

Ein **Leckageerkennungssystem** ist ein geeichtes mechanisches, elektrisches oder elektronisches Gerät, das das Austreten fluorierter Treibhausgase aus Lecks feststellt und bei einer solchen Feststellung den Betreiber warnt[15]. Als Faustregel gilt, nach Auffassung der EU-Kommission, dass ein System zur Erkennung von Leckagen durch Überwachung der Gegenwart von F-Gasen in der Luft, sofern die Installation eines derartigen Systems angemessen ist, in dem Maschinenraum oder, wenn ein solcher nicht vorhanden ist, so nahe wie möglich an dem Verdichter oder den Druckausgleichsventilen installiert wird und eine Empfindlichkeit besitzt, die eine effektive Leckageerkennung ermöglicht.

Nach der Reparatur eines Lecks sind die Anlagen spätestens innerhalb eines Monats auf Dichtheit zu inspizieren, um sicherzustellen, dass die Reparatur wirksam war. Hierzu ist es in den meisten Fällen ausreichend, wenn die Kontrolle auf Dichtheit direkt im Anschluss an eine

[15] http://ec.europa.eu/environment/climat/fluor/publications_en.htm

Reparatur erfolgt. Lediglich wenn ein „Einlaufen“ der Anlage nach der Reparatur erforderlich ist, kann eine spätere Kontrolle erforderlich sein. Hier ist im Einzelfall zu entscheiden.

Grundsätzlich bedeutet "auf Dichtheit kontrolliert", dass eine zertifizierte Person die Anlagen unter Verwendung direkter oder indirekter Messmethoden gezielt auf Lecks hin untersucht, wobei in erster Linie die Teile der Ausrüstung oder des Systems, an denen am ehesten Lecks auftreten können, zu prüfen sind. Detaillierte Vorgaben für die Dichtheitsprüfung enthält die ***Verordnung (EG) Nr. 1516/2007*** *der Kommission vom 19. Dezember 2007 zur Festlegung der Standardanforderungen an die Kontrolle auf Dichtheit von ortsfesten Kälte- und Klimaanlagen sowie von Wärmepumpen, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten*. Grundsätzlich sind folgende Schritte nacheinander abzuarbeiten:

1. Vor der Durchführung der Dichtheitskontrollen muss das zertifizierte Personal die Aufzeichnungen über die Einrichtungen prüfen, wobei wiederholt auftretenden Probleme oder Problembereichen besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist.

Vorgehen bei Dichtheits-kontrollen

2. Bestimmte, in Art. 4 genannte Anlagenteile sind regelmäßig zu überprüfen, z. B. Verbindungen, Ventile, Vibrationen unterliegende Teile.
3. Entscheidung, ob direkte oder indirekte Messmethoden zielführend sind (s. Art. 5).
4. Durchführung der Prüfung (s. Art. 6 + 7).
5. Sofern erforderlich, Reparatur des Lecks (Art. 8).
6. Sofern Reparatur erfolgte, Durchführung der Folgekontrolle (Art. 9).

Wann eine Anlage (unter Berücksichtigung der technischen und finanziellen Verhältnismäßigkeit) als „dicht“ betrachtet wird, ergibt sich aus der ChemKlimaschutzV. Gemäß § 3 der ChemKlimaschutzV müssen Betreiber ortsfester Anlagen sicherstellen, dass der spezifische Kältemittelverlust der Anwendung während des Normalbetriebs[16] die folgenden Grenzwerte nicht überschreitet:

Kältesätze

Kältemittel-Füllmenge	> 3 kg	1 % / a

Kriterien für die Dichtheit

nach dem 30. Juni 2008 am Aufstellungsort errichtete Anwendungen

Kältemittel-Füllmenge	<10 kg	3 % / a
Kältemittel-Füllmenge	10-100 kg	2 % / a
Kältemittel-Füllmenge	>100kg	1 % / a

vom 01. Juli 2005 bis zum 30. Juni 2008 am Aufstellungsort errichtete Anwendungen

Kältemittel-Füllmenge	<10 kg	6 % / a
Kältemittel-Füllmenge	10-100 kg	4 % / a
Kältemittel-Füllmenge	>100kg	2 % / a

Anlagen ohne fluorierte Treibhausgase (s. Abschnitt 5) erfüllen grundsätzliche alle Anforderungen gemäß ChemKlimaschutzV

vor dem 01. Juli 2005 am Aufstellungsort errichtete Anwendungen

Kältemittel-Füllmenge	<10 kg	8 % / a
Kältemittel-Füllmenge	10-100 kg	6 % / a
Kältemittel-Füllmenge	>100kg	4 % / a

Dabei ist der spezifische Kältemittelverlust definiert als der Kältemittelverlust einer Anwendung in Prozent pro Jahr, der mittels geeigneter Methoden entweder aus den Parametern gesamter Kältemittelverlust pro Jahr und Kältemittel-Füllmenge bei erstmaliger Inbetriebnahme oder aus

[16] Durch Havarien verursachte Verluste bleiben unberücksichtigt.

den Parametern Kältemittel-Füllmenge bei erstmaliger Inbetriebnahme, Zeit und Summe der Nachfüllmengen an Kältemittel bestimmt wurde.

Im Falle von bis zum 30. Juni 2008 in Betrieb genommenen Anwendungen sind die Grenzwerte erst ab dem 1. Juli 2011 einzuhalten. Die Betreiber haben den Zugang zu allen lösbaren Verbindungsstellen sicherzustellen, sofern dies technisch möglich und zumutbar ist.

Wer vorsätzlich oder fahrlässig nicht sicherstellt, dass der Kältemittelverlust oben genannte Grenzwerte nicht überschreitet, den Zugang zu einer Verbindungsstelle nicht sicherstellt, eine Einrichtung nicht oder nicht rechtzeitig überprüft oder eine Undichtigkeit nicht oder nicht rechtzeitig beseitigt, begeht eine Ordnungswidrig im Sinne des § 26 Abs. 1 Nr. 7 Buchstabe a des Chemikaliengesetzes.

Ordnungswidrigkeit

4.2.1.3.2 Installation

Gemäß Art. 5 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 sowie Art. 4 der Verordnung (EG) Nr. 303/2008 sind Installationen von ortsfesten Kälteanlagen, Klimaanlagen und Wärmepumpen ausschließlich durch zertifiziertes Personal vorzunehmen (s. Abschnitt 6.1.1).

Gemäß Art. 3 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 müssen Betreiber von Anlagen, die 300 kg oder mehr enthalten, zudem Leckage-Erkennungssysteme installieren. Diese Leckage-Erkennungssysteme sind mindestens einmal alle zwölf Monate zu inspizieren, um ihr ordnungsgemäßes Funktionieren sicherzustellen. Leckage-Erkennungssysteme gemäß Verordnung (EG) Nr. 842/2006 sind kalibrierte mechanische, elektrische oder elektronische Geräte, welche das Austreten fluorierter Treibhausgase aus Lecks feststellen und bei einer solchen Feststellung den Betreiber warnen.

4.2.1.3.3 Führung von Aufzeichnungen

Gemäß Art. 3 Abs. 6 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 und Art. 2 der Verordnung (EG) Nr. 1516/2007 müssen Betreiber Protokoll führen über

- Menge und Typ der verwendeten fluorierten Treibhausgase,
- etwaige nachgefüllte Mengen,
- bei Wartung, Instandhaltung und Endentsorgung rückgewonnenen Mengen,
- das Unternehmen oder das technische Servicepersonal, das die Wartung oder Instandhaltung vorgenommen hat,
- Termine und Ergebnisse der Inspektionen,
- Angaben über die in den Einrichtungen enthaltene Füllmenge an fluorierten Treibhausgasen. Enthalten die technischen Spezifikationen des Herstellers oder die Kennzeichnung des Systems keine Angaben über die Füllmenge, so sorgt der Betreiber dafür, dass diese Menge von zertifiziertem Personal festgestellt wird.
- Ursache von Lecks, sofern feststellbar.

Die Aufzeichnungen enthalten den Namen, die Anschrift und Telefonnummer des Betreibers.

Das Muster eines Anlagenlogbuchs ist in der Anlage 2 beigefügt.

4.2.1.3.4 Rückgewinnung

Gemäß Art. 4 Abs. 1 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 sind die Betreiber von Kälteanlagen, Klimaanlagen und Wärmepumpen darüber hinaus dafür verantwortlich, dass zertifiziertes Personal die fluorierten Treibhausgase aus den Kältekreisläufen ordnungsgemäß zurückgewinnt, um deren Recycling, Aufarbeitung oder Zerstörung sicherzustellen.

Gemäß ChemKlimaschutzV sind die Hersteller und Vertreiber von fluorierten Treibhausgasen verpflichtet, diese nach Gebrauch zurückzunehmen oder die Rücknahme durch einen von ihnen bestimmten Dritten sicher zu stellen.

4.2.2 Welche Regelungen gelten für das Handwerk?

4.2.2.1 Zertifizierung von Personal/Sachkunde

Viele Tätigkeiten an ortsfesten Kälte- und Klimaanlagen sowie Wärmepumpen, die HFKW enthalten, dürfen gemäß Verordnung (EG) Nr. 842/2006 seit dem 4. Juli 2008 nur noch zertifizierte Personen[17] durchführen. Diese Tätigkeiten sind im Einzelnen:

1. die Installation,
2. Dichtheitskontrollen,
3. Wartungen und Instandhaltungen sowie
4. die Rückgewinnung von fluorierten Kältemitteln.

Die Anforderungen an „zertifiziertes Personal“ hat die Europäische Kommission in der **Verordnung (EG) Nr. 303/2008** vom 2. April 2008 festgelegt. Diese sogenannte Kommissionsverordnung enthält Mindestanforderungen für die Zertifizierung von Unternehmen und Personal. Im Artikel 4 sind die verschiedenen Kategorien der Zertifizierung beschrieben.

Für die einzelnen Tätigkeiten sind folgende Qualifikationen erforderlich:

Anlage	Tätigkeit	Kat. I	Kat. II	Kat. III	Kat. IV
Füllmenge **< 3kg** (<6kg bei hermetisch geschlossenem Kältekreislauf)	Rückgewinnung	X	X	X	
	Installation	X	X		
	Instandhaltung und Wartung	X	X		
Füllmenge **≥ 3kg** (≥ 6kg bei hermetisch geschlossenem Kältekreislauf)	Dichtheitskontrolle ohne Eingriff in den Kältekreislauf	X	X		X
	Dichtheitskontrolle mit Eingriff in den Kältekreislauf	X			
	Rückgewinnung	X			
	Installation	X			
	Instandhaltung und Wartung	X			

Quelle: Europäische Kommission (http://ec.europa.eu/environment/climat/fluor)

[17] Während in den genannten europäischen Regelungen von „zertifiziertem Personal“ die Rede ist, spricht die ChemKlimaschutzV von „Personen, die eine Sachkundebescheinigung vorweisen können“. Beide Begriffe sind gleichwertig.

Die Bundesregierung hat diese Kommissionsverordnung durch die Chemikalien-Klimaschutz-Verordnung (ChemKlimaschutzV) umgesetzt.

Danach müssen alle Personen, die die o. g. Tätigkeiten nach dem 4. Juli 2009 durchführen wollen,

- eine die betreffende Tätigkeit abdeckende Sachkundebescheinigung[18] haben,
- über die zu der Tätigkeit erforderliche technische Ausstattung verfügen,
- zuverlässig sein,
- im Falle von Installations-, Wartungs- oder Instandhaltungstätigkeiten in einem zertifizierten Betrieb beschäftigt sind und
- im Falle von Dichtheitskontrollen hinsichtlich dieser Tätigkeit unabhängig von Weisungen sein.

Sachkundebescheinigung nach Chem-KlimaschutzV

Für Personen, die o. g. Tätigkeiten nach dem 4. Juli 2008, aber vor dem 4. Juli 2009 durchführen, ist an Stelle der Sachkundebescheinigung der Nachweis

- einer zu der jeweiligen Tätigkeit befähigenden technischen oder handwerklichen Ausbildung und
- der Ausübung einer oder mehrerer der aufgeführten Tätigkeiten bereits vor dem 4. Juli 2008

ausreichend.

Eine Sachkundebescheinigung wird Personen ausgestellt, die eine zu der jeweiligen Tätigkeit befähigende technische oder handwerkliche Ausbildung erfolgreich absolviert und eine theoretische und praktische Prüfung nach Artikel 5 Abs. 1 der Verordnung (EG) Nr. 303/2008 bestanden haben.

Wer bekommt Sachkunde-nachweise?

Die Erteilung von Sachkundebescheinigungen erfolgt gemäß den Vorgaben der ChemKlimaschutzV. Hierin ist im § 5 festgelegt, dass die Abnahme von Prüfungen und die Ausstellung der Sachkundebescheinigungen durch die Handwerkskammern, die Industrie- und Handelskammern, die Handwerksinnungen und durch von der zuständigen Behörde (Vollzugsbehörden der Bundesländer) anerkannte Stellen erfolgt. Die zuständige Behörde kann eine Aus- oder Fortbildungseinrichtung, ein Unternehmen oder einen Betrieb durch Erteilung einer entsprechenden Bescheinigung als zur Ausstellung von Sachkundenachweisen berechtigt anerkennen, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind.

Wo bekomme ich Sachkunde-nachweise?

Die jeweils örtlich zuständige Industrie- und Handelskammer kann über den Internetlink www.ihk.de ermittelt werden. Ansprechpartner vor Ort sind die jeweiligen Service-Zentren. Auskunft über die jeweils zuständigen Handwerkskammern und -innungen gibt der Zentralverband des Deutschen Handwerks.

Die **zuständige Behörde** nach § 5 der ChemKlimaSchutzV des jeweiligen Bundeslandes ist auf der UBA-Homepage (http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/index.htm) zu finden.

[18] In begründeten Fällen werden auf Antrag von den zuständigen Stellen vorläufige Bescheinigungen bis zum 4. Juli 2011ausgestellt, die an Stelle der Sachkundebescheinigungen gelten (§9 Abs. 2 ChemKlimaschutzV).

4.2.2.2 Zertifizierung von Unternehmen

Auch Unternehmen, deren Personal bestimmte Tätigkeiten an ortsfesten Kälte- und Klimaanlagen sowie Wärmepumpen, die HFKW enthalten, durchführen, müssen gemäß Verordnung (EG) Nr. 842/2006 seit dem 4. Juli 2008 zertifiziert sein. Eine Bescheinigung ist bis zum 4. Juli 2009 nicht erforderlich, sofern ein Betrieb bereits vor dem 4. Juli 2008 eine oder mehrere der genannten Tätigkeiten ausgeübt hat.

Die entsprechenden Tätigkeiten sind:

1. die Installation und
2. Wartungen und Instandhaltungen.

Die Zertifizierung von Unternehmen erfolgt ebenfalls auf der Basis der oben genannten Rechtsverordnungen. Für die Zertifizierung von Unternehmen ist gemäß ChemKlimaschutzV die zuständige Behörde im jeweiligen Bundesland zuständig. Die entsprechende Bescheinigung darf diese nur erteilen, wenn der Antragsteller nachweist, dass für die entsprechenden Tätigkeiten Personal zur Verfügung steht, das über die erforderliche Sachkundebescheinigung verfügt. Unternehmen mit eigenen Wartungsabteilungen können sich zertifizieren lassen, sofern insbesondere nachgewiesen wird, dass das Wartungspersonal gemäß § 5 Abs. 1 Nr. 5 ChemKlimaschutzV keinen Weisungen unterliegt.

Die **zuständige Behörde** nach § 6 der ChemKlimaSchutzV des jeweiligen Bundeslandes ist auf der UBA-Homepage (http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/index.htm) zu finden.

4.2.3 Kennzeichnung

Gemäß Art. 7 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 i. V. m. Verordnung (EG) Nr. 1494/2007 ist das Inverkehrbringen ortsfester Kälte- und Klimaanlagen sowie Wärmepumpen, die fluorierte Treibhausgase enthalten, seit dem 1. April 2008 nur noch zulässig, wenn sie entsprechend gekennzeichnet sind. Die Kennzeichnung muss enthalten:

1. Aufschrift: „Enthält vom Kyoto-Protokoll erfasste fluorierte Treibhausgase“;
2. die abgekürzten chemischen Bezeichnungen der fluorierten Treibhausgase, die in den Einrichtungen enthalten sind oder sein werden, wobei die für die Einrichtung oder den Stoff anerkannte Industrienomenklatur (z. B. R 134a) verwendet wird;

Kennzeichnung in deutscher Sprache!

3. Menge der fluorierten Treibhausgase (Angabe immer in kg);
4. gegebenenfalls Angabe: „hermetisch geschlossen“;
5. Hinweis: „Mittels fluorierter Treibhausgase ausgetriebener Schaum“, sofern zutreffend.

Detaillierte Informationen zur Kennzeichnung sind der ***Verordnung (EG) Nr. 1494/2007*** *der Kommission zur Festlegung der Form der Kennzeichen und der zusätzlichen Anforderungen an die Kennzeichnung von Erzeugnissen und Einrichtungen, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten*, zu entnehmen.

Für das Inverkehrbringen in Deutschland müssen Kälte- und Klimaanlagen sowie Wärmepumpen gemäß *Chemikalien-Klimaschutzverordnung* (ChemKlimaschutzV) in Deutsch gekennzeichnet sein. Für das Inverkehrbringen in anderen Mitgliedstaaten der EU gelten ggf. andere Vorgaben bezüglich der Sprache.

4.2.4 Welche Regelungen gelten für Fahrzeugklimaanlagen?

Die ***Richtlinie 2006/40/EG*** enthält Vorschriften zur Dichtheit von Klimaanlagen in neuen Pkw und kleinen Nutzfahrzeugen, für die bereits eine Typgenehmigung vorliegt, und die mit einem Kältemittel mit einem GWP größer 150 (wie R 134a) befüllt sind. Ab 12. Juli 2008 erhalten nur noch solche Kraftfahrzeuge[19] eine Typgenehmigung, deren Klimaanlagen[20] eine Leckage-Rate von maximal 40 g pro Jahr bei Systemen mit einem Verdampfer bzw. 60 g pro Jahr bei Systemen mit zwei Verdampfern aufweisen. Ein Jahr danach, ab dem 12. Juli 2009, müssen alle Klimaanlagen in Neufahrzeugen diese Grenzwerte erfüllen. Das Verfahren zur Leckageprüfung ist beschrieben in der ***Verordnung (EG) Nr. 706/2007*** *zur Festlegung von Verwaltungsvorschriften für die EG-Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und eines harmonisierten Verfahrens für die Messung von Leckagen aus bestimmten Klimaanlagen nach der Richtlinie 2006/40/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Juni 2007.*

Kern der Richtlinie 2006/40/EG ist das Verbot von bestimmten fluorierten Treibhausgasen in den Klimaanlagen. Mit Wirkung vom 1. Januar 2011 dürfen die Mitgliedstaaten keine Typgenehmigungen mehr für Kraftfahrzeuge[21] erteilen, deren Klimaanlagen darauf ausgelegt sind, fluorierte Treibhausgase (z. B. HFKW) mit einem GWP-Wert über 150 zu enthalten. Ab 1. Januar 2017 darf keine Klimaanlage neu gebauter Fahrzeuge mit fluoriertem Kältemittel mit einem GWP-Wert über 150 befüllt sein. Die Mitgliedstaaten müssen Zulassungen für Neufahrzeuge mit entsprechenden Klimaanlagen verweigern und den Verkauf und die Inbetriebnahme solcher Fahrzeuge verbieten. Konkret bedeutet es, dass ab 2017 das bisher in den Pkw-Klimaanlagen verwendete Kältemittel R 134a in Neufahrzeugen durch ein Kältemittel mit GWP unter 150 ersetzt werden muss.

4.2.5 Welche Regelungen gelten für mobile Kälteanlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel?

Gemäß Art. 3 ChemKlimaschutzV müssen Betreiber mobile Einrichtungen, die der Kühlung von Gütern beim Transport dienen und mindestens drei Kilogramm fluorierte Treibhausgase als Kältemittel enthalten, mindestens einmal alle zwölf Monate mittels geeigneten Geräts auf Dichtheit überprüfen und festgestellte Undichtigkeiten unverzüglich beseitigen, sofern dies technisch möglich und nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist.

Diese Vorschrift gilt nicht für

- mobile Einrichtungen für militärische Einsätze,
- Kraftfahrzeuge, deren regelmäßiger Standort außerhalb des Geltungsbereichs dieser Verordnung liegt,
- Kühlcontainer.

Über die Dichtheitsprüfungen und etwaige Instandsetzungsarbeiten hat der Betreiber Aufzeichnungen zu führen, wobei mindestens Art und Menge nachgefüllter oder zurück gewonnener fluorierter Treibhausgase zu dokumentieren sind.

Gemäß Art. 4 Abs. 3 der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 i. V. m. § 4 der ChemKlimaschutzV sind die Besitzer o. g. mobiler Einrichtungen darüber hinaus dafür verantwortlich, dass zertifiziertes Personal die fluorierten Treibhausgase aus diesen Einrichtungen zurückgewinnt, um deren Recycling, Aufarbeitung oder Zerstörung sicherzustellen, soweit dies technisch durchführbar und nicht mit unverhältnismäßigen Kosten verbunden ist.

---

[19] Kraftfahrzeuge der Klassen M1 und N1, Gruppe I gemäß Anhang II der Richtlinie 70/156/EWG
[20] Klimaanlagen, die HFKW mit einem GWP > 150 enthalten.
[21] Kraftfahrzeuge der Klassen M1 und N1, Gruppe I gemäß Anhang II der Richtlinie 70/156/EWG

Gemäß ChemKlimaschutzV sind die Hersteller und Vertreiber von fluorierten Treibhausgasen verpflichtet, diese nach Gebrauch zurückzunehmen oder die Rücknahme durch einen von ihnen bestimmten Dritten sicher zu stellen. Weitere Informationen finden sich in den FAQs zur Verordnung 842/2006 (http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/faq-fckw.htm).

5 *Beispiele für innovative und klimaschonende Techniken*

Dieser Abschnitt gibt einen ersten Überblick über innovative und klimaschonende Techniken ohne halogenierte Kältemittel für Neuanlagen und -geräte. In den letzten Jahren haben eine Reihe von namhaften Herstellern Komponenten und komplette Anlagen für den Einsatz natürlicher Kältemittel entwickelt (z. B. CO_2, Ammoniak oder Kohlenwasserstoffe wie Propan). Dabei konnten die Hersteller zeigen, dass mit natürlichen Kältemitteln energetisch besonders effektive Anlagen für viele Anwendungen gebaut werden können. In der Fachpresse ist eine Vielzahl dieser Anlagen ausführlich beschrieben. Das Umweltbundesamt veröffentlichte bereits 2004 auf der Grundlage dieser Kenntnis und weiterführender Gespräche mit Herstellern den Bericht „Fluorierte Treibhausgase in Produkten und Verfahren – Technische Maßnahmen zum Klimaschutz“[22]. Dieser Bericht beschreibt ausführlich klimaschonende Techniken als Alternativen zu fluorierten Treibhausgasen und kommt zu dem Schluss: „In nahezu allen Anwendungsbereichen lassen sich fluorierte Treibhausgase (HFKW, FKW und SF6) durch halogenfreie Alternativen substituieren. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl weiterer Emissionsminderungsmaßnahmen.“. Im Juli 2008 hat die Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) im Rahmen des Programms Proklima International den Bericht „Natural Refrigerants – Sustainable Ozone- and Climate-Friendly Alternatives to HCFCs“ herausgegeben, in dem internationale Experten den Stand der Technik beschreiben[23].

Kohlendioxid ist als Kältemittel als umweltschonend einzustufen, da es aus Prozessgasen oder der Luft (z. B. bei der Luftverflüssigung) gewonnen wird und daher die vorhandene CO_2-Menge nicht erhöht. Möglicherweise auftretende Kältemittelemissionen beeinflussen das Klima daher nicht.

Bei der Beurteilung der Klimawirkung von Kälteanlagen ist der Gesamtbeitrag zum Treibhauseffekt unter Einbeziehung der gesamten Nutzungsphase zu berücksichtigen. Dieser wird meist vereinfacht durch den Total Equivalent Warming Impact (TEWI) charakterisiert. Der TEWI summiert die Emissionen des Kältemittels (in CO_2-Äquivalenten) und den CO_2-Ausstoß aus dem Energieverbrauch der Anlage. Bei den Emissionen der Kältemittel sind neben Undichtigkeiten auch Befüllungs- und Entsorgungsverlust sowie Verluste bei Havarien zu berücksichtigen. Für zwei Anwendungsbereiche (Supermarktkälteanlagen und Wärmedämmung im Hochbau) ist in dem Forschungsbericht „Risiken und Nutzen von fluorierten Treibhausgasen in Techniken und Produkten – Bewertung technischer Beispiele unter besonderer Berücksichtigung der stoffintrinsischen Eigenschaften“[24] ein TEWI-Vergleich unter Berücksichtigung des gesamten Lebensweges exemplarisch beschrieben.

5.1 Gewerbekälteanlagen

Die europaweit geführte Debatte um den hohen, aus dem Bereich der Gewerbekälte stammenden Anteil der F-Gas-Emissionen an den Gesamtemissionen der fluorierten Treibhausgase hat einen Innovationssprung für den Einsatz natürlicher Kältemittel in gewerblichen Kälteanlagen ausgelöst. Besonders Kälteanlagen und –geräte im Lebensmitteleinzelhandel, bei

[22] Bericht „Fluorierte Treibhausgase in Produkten und Verfahren – Technische Maßnahmen zum Klimaschutz“unter: http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/massnahmen.htm

[23] Bericht „Natural Refrigerants – Sustainable Ozone- and Climate-Friendly Alternatives to HCFCs“ unter: http://www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/23898.htm

[24] Bericht „Risiken und Nutzen von fluorierten Treibhausgasen in Techniken und Produkten – Bewertung technischer Beispiele unter besonderer Berücksichtigung der stoffintrinsischen Eigenschaften“ unter: http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/massnahmen.htm

denen die Kältemittelemissionen circa ein Drittel der jährlichen Gesamttreibhausgasemissionen ausmachen, sind in den Focus gerückt, so dass heute bereits eine große Zahl verschiedener Ausführungen mit natürlichen Kältemitteln angeboten wird. Neben einem vernachlässigbar kleinen Beitrag direkter Kältemittelemissionen zum TEWI haben diese Anlagen und Geräte den Vorteil von großen Energieeinsparpotentialen. Eine aktuelle und detaillierte Übersicht enthält die Studie „Vergleichende Bewertung der Klimarelevanz von Kälteanlagen und -geräten für den Supermarkt“[25]. Darin sind auch Informationen zum Energieverbrauch, zu Kosten und zur Verbreitung der Technologien enthalten.

Durch die Bestrebungen von einigen Komponenten- und Geräteherstellern, aber auch von Nutzern **steckerfertiger Geräte** (z. B. Coca-Cola, McDonald’s, Unilever Ice Cream, Pepsi, Carlsberg, IKEA), gänzlich auf den Einsatz von HFKW zu verzichten, schreitet die Entwicklung HFKW-freier Geräte ständig voran.

In **kleineren steckerfertigen Geräten** kommen in wachsendem Umfang Kohlenwasserstoffe wie Isobutan (R 600a), Propan (R 290) und Gemische als Kältemittel zum Einsatz; entsprechende Geräte (TK-Truhen, Flaschenkühler) sind heute Stand der Technik und auf dem deutschen Markt verfügbar. TK-Truhen mit Kohlenwasserstoffen haben 10 – 15% niedrigere Energieverbräuche als vergleichbare Geräte mit HFKW, Flaschenkühler mit Kohlenwasserstoffen sogar bis zu 30 % niedrigere[26].

Es sind heute auch Geräte mit CO_2 (R 744) als Kältemittel auf dem Markt verfügbar, z. B. Flaschenkühler, TK-Truhen (Prototypen) und Kühlregale. Energetisch sind diese Geräte gemäß Tests bei Außentemperaturen unter 32°C gleichwertig oder besser als HFKW-Geräte[27].

In **Verbundanlagen (Supermärkte)** kommen Kohlenwasserstoffe, CO_2 und Ammoniak mit unterschiedlichen Konzepten als Kältemittel zum Einsatz.

Kohlenwasserstoffe und Ammoniak sind aufgrund ihrer thermodynamischen Eigenschaften ideale Kältemittel. Wegen ihrer Brennbarkeit bzw. Toxizität ist ihr Einsatz in Bereichen mit Publikumsverkehr limitiert. Entsprechende Anlagen sind daher aus Sicherheitsgründen als indirekte Systeme ausgeführt. Dies erhöht ggf. die Investitionskosten. Ob der Energieverbrauch ebenfalls erhöht ist, hängt stark vom Einzelfall und der technischen Ausführung der Anlagen ab. Bei Anlagenoptimierung gehen einige Experten von einer gleichen oder etwas günstigeren Energieeffizienz gegenüber HFKW-Anlagen aus. Eine Verbesserung der Energieeffizienz indirekter Anlagen ist z. B. durch die Realisierung einer direkten Wärmeabfuhr möglich. Hierzu wären die Anlagen im Freien, also auf dem Dach oder auf dem Hof, zu installieren. Selbst unter Annahme der genannten, ungünstigeren Energieverbräuche schneiden Zweikreisanlagen mit halogenfreien Alternativen bei Betrachtung des TEWI günstiger ab.

Seit Mitte der 1990er Jahre gibt es Anlagen mit CO_2 auf dem Markt. Anwendung findet CO_2 hier als verdampfendes, sekundäres Kältemittel, als Kältemittel in Kaskaden und seit 2001 in transkritischen Direktverdampfungsanlagen. So kommt CO_2 in TK-Anlagen im Supermarkt als Kaskade in Kombination z. B. mit einer Ammoniak- oder Kohlenwasserstoffkälteanlage zum Einsatz. CO_2-Kaskadenanlagen sind bei großen Kälteanlagenbauerfirmen inzwischen Bestandteil des Standardproduktprogramms und wegen der im Vergleich zu HFKW-Direktverdampfungsanlagen geringeren Energieverbräuchen auch wettbewerbsfähig. Inzwischen bieten alle namhaften Hersteller von Kälteanlagen auch transkritisch arbeitende CO_2-Kälteanlagen an. Die Energieeffizienz dieser Anlagen ist nach den vorliegenden Erfahrungen verschiedener Betreiber in gemäßigten Breiten sehr gut, was zu verminderten Betriebskosten führt. Die heute im Vergleich zu konventionellen HFKW-Anlagen höheren Investitionskosten lassen sich nach Ansicht von Experten kurz- bis mittelfristig (ab Serienproduktion der Anlagen) auf 20 % reduzieren. Gleichzeitig gehen die Experten von einer Kostensteigerung für

---

[25] Studie „Vergleichende Bewertung der Klimarelevanz von Kälteanlagen und -geräten für den Supermarkt“ unter: http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/massnahmen.htm

[26] Studie „Vergleichende Bewertung der Klimarelevanz von Kälteanlagen und -geräten für den Supermarkt“ unter: http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/massnahmen.htm

[27] UNEP (2006): *Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee 2006 Assessment* (2007, Nairobi, Ozone Secretariat (http://ozone.unep.org/teap/Reports/RTOC/rtoc_assessment_report06.pdf)

HFKW-Standardanlagen um etwa 15 % im Zusammenhang mit der Einhaltung der gesetzlichen Emissionsraten aus. Damit ist bei konsequenter Umsetzung der rechtlichen Anforderungen von einer Angleichung der Kosten für beide Anlagenarten zu rechnen.

5.2 Industriekälteanlagen

Das in der **Lebensmittelindustrie** am häufigsten verwendete Kältemittel ist Ammoniak. Da es sich in der Regel um Räume ohne Publikumsverkehr handelt, sind hier auch direkte Kälteanlagen mit Ammoniak einsetzbar. Ammoniak-Anlagen sind in den hier üblicherweise benötigten Leistungsbereichen energetisch effizient und kostengünstig. Neben Kompressionskältemaschinen kommen in der Lebensmittelindustrie zum Teil Absorptionskältemaschinen zum Einsatz.

Neben Ammoniak als alleinigem Kältemittel setzen Anlagenbauer heute in Neuanlagen vermehrt CO_2 als zusätzliches Kältemittel oder als (verdampfenden) Kälteträger ein. Teilweise erfolgt dies, um in Kombination mit Ammoniak die Mengen dieses Kältemittels zu reduzieren. Dieser Trend ist gerade bei sehr großen Anlagen nicht nur auf europäischer Ebene, sondern auch weltweit festzustellen.

Für den Einsatz von CO_2 ist nicht die Anlagengröße, sondern die zu erzielende Temperatur entscheidend. CO_2 ist für Temperaturen unter -35°C (-45°C) interessant. Der Einsatz von CO_2 als alleiniges Kältemittel, also auch in der Hochdruckseite (überkritisch), erfolgt erst vereinzelt. Für die Hochdruckseite von Kaskaden-Anlagen kommt besonders Ammoniak als Kältemittel in Frage.

In großen **Kühlhäusern**, deren Kälteanlagen in der Regel eine Kälteleistung von mehr als 1 MW besitzt, ist Ammoniak bereits heute das Standardkältemittel. Auch hier ist Ammoniak in direkten Kälteanlagen einsetzbar. Als energetisch günstige Alternative sind seit wenigen Jahren in Einzelfällen Ammoniak/CO_2-Kaskaden im Einsatz. Vorteil dieser Anlagen ist, dass bei diesen Systemen die installierte Ammoniakmenge wesentlich geringer ist. Damit entfällt das bei Ammoniakmengen von 3 t und mehr erforderliche immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren.

Auch Ammoniak-Anlagen oder Ammoniak/CO_2-Kaskaden für Leistungen von 500 kW und weniger (kleinere Handelslager mit weniger als 50.000 m^3) sind Stand der Technik. Diese Anlagen weisen eine sehr gute Energieeffizienz auf. Wegen höherer Investitionskosten, kommen diese Anlagen derzeit noch selten zum Einsatz. Energieeinsparungen und damit verbunden geringere Betriebskosten werden das Interesse an dieser umweltfreundlichen Technik steigern.

5.3 Klimaanlagen für Räume und Gebäude

Bei **Split-Klimageräten**, bei denen sich die Innenteile in Wohn- oder Büroräumen befinden, gibt es eine direkte Verbindung des Kältemittelkreislaufes zu den Räumen. Dadurch ist der Einsatz von halogenfreien Kältemitteln, wie z. B. Kohlenwasserstoffen, aufgrund deren Brennbarkeit erschwert. Dennoch sind neben den Anlagen mit HFKW vereinzelt auch Split-Klimageräte mit Kohlenwasserstoffen (R 290) auf dem Markt. Vor allem aber bei mobilen Raumklimageräten einiger europäischer Hersteller wird auch R 290 eingesetzt. Diese Klimageräte haben eine Füllmenge zwischen < 500 g und 1000 g. Energetisch ist der Einsatz von Kohlenwasserstoffen (Propan) positiv zu beurteilen.

Der Einsatz von CO_2 als Kältemittel in Klimaanlagen ist bei theoretischer Betrachtung technisch schwierig und energetisch ungünstig. Durch Systemoptimierungen und den Einsatz neuer Komponenten sind Verbesserungen möglich. Der Prototyp einer CO_2-Split-Klimaanlage wurde bereits auf einer Fachmesse vorgestellt.

Im Vergleich zu Kompakt-Geräten ist die Kältemittelfüllmenge bei **Multi-Split-Geräten** (größere Kälteleistung) groß. Wegen der Konstruktion dieser Geräte (ein Außenteil und mehrere Innengeräte mit der Folge vieler Anschlüsse) ist auch das Risiko von Kältemittelleckagen

größer. Dieses Risiko ist bereits bei der Installation durch geeignete Maßnahmen zu minimieren. In den meisten Fällen sind andere Möglichkeiten der Klimatisierung mit geringeren Kältemittelfüllmengen und geringeren Kältemittelemissionen realisierbar. Hier bieten sich zum Beispiel Flüssigkeitskühlsätze mit Ammoniak an. Eine weitere Möglichkeit zur Emissionsminderung sind auch technische und/oder organisatorische Maßnahmen. Hierzu gehört die Installation durch Sachkundige, die seit dem 4. Juli 2008 Pflicht ist. Bei Geräten, deren Verkauf direkt an den Endverbraucher vorgesehen ist, ist daher - sofern erforderlich - deutlich sichtbar auf die Notwendigkeit der Installation durch einen Sachkundigen hinzuweisen.

Für die **Klimatisierung von Gebäuden** gibt es zahlreiche alternative Systemlösungen, die in Ergänzung zu bautechnischen Maßnahmen eine umweltschonende und energieeffiziente Kälteversorgung ermöglichen.

In Flüssigkeitskühlsätzen ist technisch der Einsatz aller Kältemittel möglich. Bereits heute gibt es ab Kälteleistungen von 15 kW (Klimatisierung kleiner Gebäude) Flüssigkeitskühlsätze mit Ammoniak. Diese haben zum Teil höhere Investitionskosten, dafür aber einen geringeren Energieverbrauch und verursachen damit geringere Betriebskosten als Flüssigkeitskühlsätze mit HFKW. In großen Gebäuden werden heute oft Ammoniak-Flüssigkeitskühlsätze zur Klimatisierung eingebaut.

Seit einigen Jahren bieten europäische Hersteller trotz der hohen Sicherheitsanforderungen auch Flüssigkeitskühlsätze mit Kohlenwasserstoffen für den Klimabereich (Gebäudeklimatisierung) an. Als Leistungsbereiche geben die Hersteller 20 kW bis 600 kW an, wobei die möglichen Leistungen von dem gewünschten Temperaturbereich abhängig sind. Die Energieeffizienz ist vergleichbar mit R 134a-Flüssigkeitskühlsätzen.

Eine weitere Möglichkeit der HFKW-freien Klimatisierung basiert auf dem Einsatz von Absorptionskältemaschinen. Diese sind bereits in größeren Stückzahlen auch zur Gebäudeklimatisierung installiert. Als Arbeitsmittel (Kältemittel und Lösungsmittel) dienen verschiedene Stoffpaare, wobei Hersteller bis heute nur zwei in Kälteanlagen technisch realisiert haben: Wasser/Lithiumbromid und Ammoniak/Wasser. Die Leistungsbereiche liegen bei etwa 5 kW bis 11 MW. Die Investitionskosten sind für die Absorptionstechnik höher als für Kälteanlagen mit mechanischem Antrieb. Die Absorptionskältemaschine hat als Kältemaschine mit thermischem Antrieb den zusätzlichen Vorteil, dass sie die wirtschaftlich sonst wenig nutzbare Wärme als Antriebsenergie nutzt. Absorptionskältemaschinen zeichnen sich durch eine einfache, robuste und sehr wartungsarme Anlagentechnik aus.

Adsorptionskälteanlagen arbeiten wie Absorptionskältemaschinen ohne HFKW. Sie laufen mit Niedertemperaturwärme und sind besonders für den Einsatz von Solarenergie oder zur Nutzung von Abwärme - auch von Abwärme vergleichsweise niedriger Temperatur - geeignet. Damit ist für diese Anlagen ein gegenüber Kompressionskälteanlagen energetisch günstigerer Betrieb möglich. Adsorptionskälteanlagen sind Stand der Technik, kommen aber bisher nur vereinzelt in der Gebäudeklimatisierung zur Anwendung. Arbeitsmittel ist meist das Stoffpaar Silicagel/Wasser. Adsorptionskälteanlagen zeichnen sich durch eine einfache Bauweise und hohe Zuverlässigkeit aus. In der Investition sind sie gegenüber Split-Klimageräten jedoch teurer.

5.4 Wärmepumpen

Als HFKW-freie Alternativen sind für **Heizung -und Warmwasserbereitung im Privathaushalt** bereits seit einigen Jahren Hauswärmepumpen mit dem natürlichen Kältemittel Propan (R 290) auf dem Markt erhältlich. Diese sind als indirekte Systeme (Luft/Wasser) oder als erdreichgekoppeltes Direktverdampfungssystem ausgelegt, letzteres wird sogar als Luft/Luft-Variante angeboten. Wärmepumpen, die nur zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden, kommen mit einer Füllmenge von 150 g Propan aus.

Neu auf dem deutschen Markt ist eine Luft/Wasser-Wärmepumpe mit dem Kältemittel CO_2. Der Vorteil eines solchen Gerätes liegt in zweifacher Hinsicht in seiner Klimaverträglichkeit. Gegenüber einem HFKW-Kältemittel hat CO_2 eine vernachlässigbare Klimawirkung, darüber hinaus erzielt eine mit CO_2 betriebene Anlage bessere Heizwerte, so dass auch bei Außen-

temperaturen unter -10°C keine elektrische Zusatzheizung nötig ist und so indirekte Emissionen vermieden werden.

Die hohe Heizleistung von CO_2 nutzen auch Industriewärmepumpen. Ein Hersteller bietet seit kurzem eine solche Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung bis 4 MW an, für 2010 ist eine Anlage mit einer Leistung bis 8 MW angekündigt.

Wärmepumpen mit Ammoniak als Kältemittel werden bisher nur im großen Maßstab (Megawattbereich) in der Industrie eingesetzt. Im kleineren Leistungsbereich existieren bis heute lediglich Pilotanlagen im Rahmen von Forschungsprojekten. Diese konnten jedoch zeigen, dass für eine Hauswärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 5 kW eine Kältemittelfüllmenge von lediglich 100 g Ammoniak notwendig ist.

5.5 Fahrzeugklimaanlagen

Bereits Anfang der 1990er Jahre identifizierten deutsche Automobilhersteller und die Zulieferindustrie CO_2 (R 744) als das am besten geeignete Kältemittel für **Fahrzeugklimaanlagen**. Entscheidend hierfür sind die thermodynamischen Eigenschaften von R 744, der vernachlässigbare Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt (GWP_{CO2} = 1, CO_2 fällt als Nebenprodukt in der chemischen Industrie an) und die Stoffeigenschaften „nicht brennbar“ und „nicht giftig“.

Allerdings erforderte der Einsatz von CO_2 in Pkw-Klimaanlagen insbesondere durch höhere Betriebsdrücke die Entwicklung eines neuen Systems mit neuen Komponenten für den Kältemittelkreislauf. Inzwischen sind alle Komponenten verfügbar, so dass die CO_2-Klimaanlage (Pkw) heute serienreif ist. Darüber hinaus haben Tests gezeigt, dass CO_2-Klimaanlagen sehr effizient sind.

Für **Busse** verfolgen die Konstrukteure derzeit zwei Entwicklungen. Zum einen den Einsatz eines Flüssigkeitskühlsatzes, dessen Betrieb mit natürlichen Kältemitteln (z. B. Propan, CO_2) möglich ist, und zum anderen Klimaanlagen mit dem natürlichen Kältemittel CO_2 in der bisher üblichen Anordnung. Busse mit CO_2-Prototypen-Klimaanlagen sind bereits im Linienverkehr im Einsatz.

Die Entwicklung von Klimaanlagen für **Lkw-Fahrerkabinen oder Fahrerhauskabinen** von Nutzfahrzeugen (Bau-, Landmaschinen etc.) ist eng verknüpft mit den Entwicklungen im Pkw-Sektor sowie bei Bussen. Auch hier ist ein Ausstieg aus dem Kältemittel R 134a und z. B. der Einstieg in CO_2-betriebene Klimaanlagen technisch möglich.

In der **Bahnklimatisierung** kühlt bisher nur die Deutsche Bahn AG (DB AG) ihren ICE 3 mit Kaltluft. Erste technische Schwierigkeiten sind bei der neuen (zweiten) Bauserie behoben.

5.6 Transportkälteanlagen

Für **Straßenfahrzeuge** kommen als halogenfreie Kältemittel Kohlenwasserstoffe und CO_2 in Frage.

Ein Hersteller von Transportkälteanlagen rüstete in den neunziger Jahren ein Kühlfahrzeug mit einer Demonstrationskälteanlage mit Kohlenwasserstoffen aus. Diese Anlage wurde von einer Lebensmittelkette einige Jahre betrieben und erwies sich energetisch als geeignet. Ein wirtschaftlicher Einsatz solcher Anlagen ist jedoch unter den derzeitigen rechtlichen Randbedingungen (Sicherheitsanforderungen, Normen und Gesetze für Kohlenwasserstoffe) nicht möglich.

Der Einsatz von CO_2 als Kältemittel in Kälteanlagen für den Lebensmittel-Verteilerverkehr (Normal- und Tiefkühlung) wurde in einem mehrjährigen Prototyptest im Rahmen eines Forschungsprojektes bei einem Discounter demonstriert. Die Erweiterung auf ein 2-stufiges System könnte zu weiteren Effizienzsteigerungen für den Transportkühleinsatz führen, insbesondere bei tiefen Innenraum- und hohen Außentemperaturen. Ein Hersteller plant derzeit (2009) mit einem Forschungsinstitut Untersuchungen von Konzepten für energetisch effiziente Transportkälteanlagen auf der Basis natürlicher Kältemittel.

CO_2 wird auch als sogenanntes Verbrauchskältemittel eingesetzt. Es gelangt aus einem vakuum-isolierten Edelstahltank in einen Wärmetauscher im Aufbau und kühlt den Innenraum. Das CO_2 wird dann ins Freie abgeleitet. Das direkte Einsprühen in den Innenraum wurde, insbesondere aus Arbeitschutzgründen, aufgegeben. Antriebsaggregat oder Kompressor sind nicht erforderlich, die technische Innenraumausstattung entspricht der einer üblichen Kälteanlage. Die offene CO_2-Kühlung eignet sich eher für den Frischdienst-Verteilerverkehr. Dabei sind stationäre CO_2-Tanks zum Nachfüllen der Lkw-Tanks vorzuhalten. Der Hersteller sieht Vorteile dieser Technik in einem geringeren Geräuschpegel der Kühlanlage und niedrigeren Instandhaltungskosten durch den einfachen Systemaufbau. Eine CO_2-Gesamtbilanz dieses Verfahrens existiert bisher nicht. In **Kühlcontainern** ist der Einsatz von Kohlenwasserstoffen oder Ammoniak wegen ihrer Brennbarkeit nach den internationalen Regeln für die Schifffahrt (IMO-Regularien) nicht zulässig. Der Einsatz von CO_2 wurde im Rahmen verschiedener, von der dänischen Umweltbehörde geförderter Projekte seit einigen Jahren erprobt. Beteiligt waren u. a. Komponentenhersteller, Hersteller der Kälteanlagen sowie Anwender. Neben bisher nicht geklärten technischen Fragen sind beim Einsatz von CO_2 auch logistische Anforderungen zu beachten. So muss vor einem breiten Einsatz sichergestellt sein, dass in jedem Hafen ein Reserveaggregat zur Verfügung steht. Da die gesamte Herstellung von Schiffscontainern inzwischen in China erfolgt, erfordert eine Umstellung auf CO_2 als Kältemittel eine weltweite Lösung.

Bei **Schiffsneubauten** wird R 22 regelmäßig durch Ammoniak oder Ammoniak/CO_2 ersetzt.

5.7 Weitere Anwendungen

Fluorierte Stoffe sind unter anderem auch in einigen **Kältesprays** enthalten. Viele Hersteller bieten mittlerweile Kältesprays auf der Basis von natürlichen Kältemitteln wie Propan und Butan an, die für viele Anwendungszwecke, z. B. das Testen von Temperaturfühlern und das Kühlen vor dem Löten, völlig ausreichend sind.

6 Weitergehende Informationen

Die in der Broschüre angesprochenen Dokumente und gesetzlichen Regelungen sind auf den Internetseiten des BMU, der EU und des Umweltbundesamtes erhältlich:

http://www.umweltbundesamt.de/produkte/fckw/index.htm

http://www.bmu.de

http://europa.eu.int/comm/environment/ozone/index.htm

http://ec.europa.eu/environment/ozone/alternatives.htm

Im Internet sind zu den Themen dieser Broschüre viele hilfreiche Informationen verfügbar. Die folgenden Links beinhalten eine Auswahl wichtiger Seiten.

http://www.zdh.de/wirtschaft-und-umwelt/umweltpolitik-nachhaltigkeit/chemikalienklimaschutz-verordnung.html

http://www.unep.org/ozone/

http://www.unep.org/ozone/teap/Reports/RTOC/index.asp

http://www.ipcc.ch/

http://www.env-it.de/umweltdaten/

Anlage 1: Kommissionsverordnungen

Ergänzend zur Verordnung (EG) 842/2006 hat die Europäische Kommission Ende 2007/ Anfang 2008 zusätzliche Implementierungsvorschriften (Kommissionsverordnungen) erlassen. Bisher sind folgende Kommissionsverordnungen veröffentlicht:

1. Verordnung (EG) Nr. 1493/2007 (PDF / 779 KB) der Kommission vom 17. Dezember 2007 zur Festlegung der Form des Berichts, der von Herstellern, Importeuren und Exporteuren bestimmter fluorierter Treibhausgase zu übermitteln ist;
2. Verordnung (EG) Nr. 1494/2007 (PDF / 44 KB) der Kommission vom 17. Dezember 2007 zur Festlegung der Form der Kennzeichen und der zusätzlichen Anforderungen an die Kennzeichnung von Erzeugnissen und Einrichtungen, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten,
3. Verordnung (EG) Nr. 1497/2007 (PDF / 44 KB) der Kommission vom 18. Dezember 2007 zur Festlegung der Standardanforderungen an die Kontrolle auf Dichtheit ortsfester Brandschutzsysteme, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten,
4. Verordnung (EG) Nr. 1516/2007 (PDF / 50 KB) der Kommission vom 19. Dezember 2007 zur Festlegung der Standardanforderungen an die Kontrolle auf Dichtheit von ortsfesten Kälte- und Klimaanlagen sowie von Wärmepumpen, die bestimmte fluorierte Treibhausgase enthalten,
5. Verordnung (EG) Nr. 303/2008 (PDF / 77 KB) der Kommission vom 2. April 2008 zur Festlegung — gemäß der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates — der Mindestanforderungen für die Zertifizierung von Unternehmen und Personal in Bezug auf bestimmte fluorierte Treibhausgase enthaltende ortsfeste Kälteanlagen, Klimaanlagen und Wärmepumpen sowie der Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung der diesbezüglichen Zertifikate,
6. Verordnung (EG) Nr. 304/2008 (PDF / 56 KB) der Kommission vom 2. April 2008 zur Festlegung — gemäß der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates — der Mindestanforderungen für die Zertifizierung von Unternehmen und Personal in Bezug auf bestimmte fluorierte Treibhausgase enthaltende ortsfeste Brandschutzsysteme und Feuerlöscher sowie der Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung der diesbezüglichen Zertifikate,
7. Verordnung (EG) Nr. 305/2008 (PDF / 51 KB) der Kommission vom 2. April 2008 zur Festlegung — gemäß der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates — der Mindestanforderungen für die Zertifizierung von Personal, das Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Rückgewinnung bestimmter fluorierter Treibhausgase aus Hochspannungsschaltanlagen ausübt, sowie der Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung der diesbezüglichen Zertifikate,
8. Verordnung (EG) Nr. 306/2008 (PDF / 49 KB) der Kommission vom 2. April 2008 zur Festlegung — gemäß der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates — der Mindestanforderungen für die Zertifizierung von Personal, das bestimmte luorierte Treibhausgase enthaltende Lösungsmittel aus Ausrüstungen rückgewinnt, sowie der Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung der diesbezüglichen Zertifikate,
9. Verordnung (EG) Nr. 307/2008 (PDF / 47 KB) der Kommission vom 2. April 2008 zur Festlegung — gemäß der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates — der Mindestanforderungen für Ausbildungsprogramme sowie der Bedingungen für die gegenseitige Anerkennung von Ausbildungsbescheinigungen für Personal in Bezug auf bestimmte fluorierte Treibhausgase enthaltende Klimaanlagen in bestimmten Kraftfahrzeugen,
10. Verordnung (EG) Nr. 308/2008 (PDF / 57 KB) der Kommission vom 2. April 2008 zur Festlegung der Form der Mitteilung der Ausbildungs- und Zertifizierungsprogramme der Mitgliedstaaten gemäß der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates.

Anlage 2: Muster eines Anlagenlogbuchs

(Quelle: EU- Kommission)

Anlagenlogbuch					
Name des Anlagenbetreibers					
Postanschrift					
Telefonnummer					
Anlagenbezeichnung[28]		Kennzahl			
Beschreibung		Hermetisch geschlossen?			Ja/Nein
Aufstellungsort		Installationsdatum			
Art des Kältemittels		Füllmenge des Kältemittels [kg]			
Nachfüllung von Kältemittel					
Datum	Servicetechniker/-unternehmen[29] (einschl. Zertifikatnr.)	Art des Kältemittels	Nachgefüllte Menge [kg]		Begründung
Rückgewinnung/Entnahme von Kältemittel					
Datum	Servicetechniker/-unternehmen (einschl. Zertifikatnr.)	Art des Kältemittels	Entnommene Menge [kg]		Begründung
Dichtheitskontrollen (einschließlich Folgekontrollen)					
Datum	Servicetechniker/-unternehmen (einschl. Zertifikatnr.)	Kontrollierte Bereiche	Ergebnis	Durchgeführte Maßnahmen	Folgekontrolle erforderlich?
Wartungs- bzw. Instandhaltungsarbeiten					
Datum	Servicetechniker/-unternehmen (einschl. Zertifikatnr.)	Betroffene Bereiche	Ausgeführte Wartungs- bzw. Instandhaltungs-arbeiten		Anmerkungen
Kontrolle des gegebenenfalls installierten automatischen Leckage-Erkennungssystems					
Datum	Servicetechniker/-unternehmen (einschl. Zertifikatnr.)	Ergebnis	Anmerkungen		
Sonstige einschlägige Informationen					

[28] Technische Bezeichnung

[29] Namen des Technikers und des Unternehmens, Postanschrift, Telefonnummer