

# Entsorgung gewerblicher Kälte- und Klimaanlage

Jürgen Beckmann, LfU

## 1. Sachverhalt

Während die ordnungsgemäße Entsorgung von klimaschädlichen FCKW aus Kühl- und Gefrierschränken privater Haushaltungen und kleiner Gewerbebetriebe i.w. über die Regelungen des ElektroG sowie der TA-Luft (Nr. TA-Luft 5.4.8.10.3/5.4.8.11.3) grundsätzlich sichergestellt ist, besteht bei der Entsorgung von gewerblichen Kälte- und Klimaanlage noch erhebliches Optimierungspotenzial.

Unter gewerblichen Kälte- und Klimaanlage werden hier Anlagen verstanden, die z.B. im Lebensmittelhandel (Supermärkten, Metzgereien, Gaststätten), in Industriekälteanlagen (z.B. Kühlhäusern, Brauereien), in stationären Klimaanlage z.B. in größeren Verwaltungsgebäuden sowie in Transportkälteanlagen eingesetzt werden (nachfolgend als Kälte- und Klimaanlage bezeichnet). Als Kältemittel wurde/wird häufig der Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) R22 verwendet. Auch Wärmepumpen können R22 enthalten.

R22 ( $\text{CHF}_2\text{Cl}$ ) trägt, einerseits aufgrund seines Ozonabbaupotentials (ODP, Ozone Depletion Potential) und andererseits auch wegen seines hohen Treibhausgaspotentials (GWP, Global Warming Potential) sowohl zum Abbau der Ozonschicht als auch zum anthropogenen Treibhauseffekt bei.

Kälte- und Klimaanlage tragen in dreifacher Hinsicht zum Treibhauseffekt bei. Erstens durch die direkten Emissionen der Kältemittel aufgrund von Undichtigkeiten, zweitens durch indirekte Emissionen aufgrund des Energieverbrauchs und drittens in erheblichem Maße bei einer ggf. nicht ordnungsgemäßen Entsorgung der Kältemittel.

Kältemittel fallen sowohl beim Umbau und Abriss der Kälteanlagen selbst oder der Gebäude an, in denen diese Anlagen installiert sind. Nach unseren Erkenntnissen wird dabei nur in den seltensten Fällen auch die Evakuierung der Kälte- und Klimaanlage ausgeschrieben bzw. ordnungsgemäß durchgeführt. Es besteht daher die Befürchtung, dass ein Großteil der zu entsorgenden FCKW-Kältemittel durch Ablassen vor Ort in die Atmosphäre emittiert wird.

Die Vielfalt an gesetzlichen und insbesondere ressortübergreifenden Regelungen ist teilweise verwirrend und ggf. weniger bekannt. In der Praxis verhindert dies den gebotenen Vollzug und führt damit zu unnötigen ozonschicht- und klimaschädlichen Emissionen.

Der vorliegende Beitrag soll

- Grundlagen über gewerbliche Kälte- und Klimaanlage darstellen,
- einen Überblick über die Entsorgungssituation geben,
- Ihre eigene Zuständigkeit darstellen und
- Ihren Blick für die Überwachung dieser umweltrelevanten Anlagen „schärfen“.

## 2. Eigenschaften von R22, Verwendungsverbot, Ersatzstoffe

R22 (Monochlordifluormethan, Freon 22) ist ein teilhalogener Fluorchlorkohlenwasserstoff (H-FCKW). R22 ist ein farbloses Gas mit etherischem Geruch, das schwerer als Luft ist. Gefahrenrechtlich ist R22 als „umweltgefährlich“ Symbol: N und gem. R-Satz R59 als „gefährlich für die Ozonschicht“ eingestuft. Gem. Abfallverzeichnisverordnung wird FCKW der Abfallschlüssel 14 06 01\* zugeordnet.

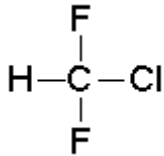


Abbildung 1: Strukturformel von R 22

R22 ist gem. Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe (VwVwS) ein schwach wassergefährdender Stoff der Wassergefährdungskategorie WKG 1. Anlagen zum Umgang mit R22 müssen daher grundsätzlich den Anforderungen der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und Fachbetriebe (Anlagenverordnung VAwS) entsprechen.

Während das Ozonabbaupotenzial (ODP = 0,055) relativ gering ist, liegt das Treibhausgaspotential (GWP) mit 1.700 ggü. CO<sub>2</sub> (GWP = 1) sehr hoch.

R22 gehört als H-FCKW zu den sogenannten „geregelten Stoffen“ im Sinne der Verordnung (EG) 2037/2000, über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen. Geregelte Stoffe sind gem. Art. 2 der Verordnung u.a. „FCKW, Halone, Tetrachlorkohlenstoff, Methylbromid, teilhalogenierte Fluorbromkohlenwasserstoffe sowie teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoff, entweder in Reinform oder in einem Gemisch, ungebraucht, nach Rückgewinnung, Recycling oder Aufarbeitung“. Für bestimmte geregelte Stoffe z.B. in Fertigerzeugnissen oder solche, die während der Herstellung oder Behandlung des Erzeugnisses emittiert werden, gelten Ausnahmen.

FCKW, H-FCKW, Halone und H-FKW sind ausschließlich anthropogenen Ursprungs. Sie wurden und werden zum Teil noch beim Einsatz von Sprays (Treibgas), aus Schaum- und Dämmstoffen, aus Kühlgeräten und Kälteanlagen (Kältemittel) sowie aus Feuerlöschgeräten emittiert. Darüber hinaus entstehen größere Mengen des H-FKW 23 als Nebenprodukt bei der H-FCKW 22-Produktion.

Die Verwendung von „neuem“ (d.h. nicht recyceltem) R 22 z.B. zur Instandhaltung und Wartung bereits existierender Kälte- und Klimaanlage ist gem. Art. 5 Abs. 1 c Abschnitt v der EU-Verordnung 2037/2000 ab 01.01.2010 verboten. Ab 01.01.2015 sind dann alle teilhalogenierten FCKW (recycelt und „Neuware“) endgültig für alle Verwendungszwecke verboten. Ausnahmen gelten aber z.B. noch für Labor- und Analysenzwecke.

### 3. Ersatzstoffe für R22

Wegen des Ozonabbaupotenzials wurde und wird R22 durch andere synthetischer Kältemittel ersetzt. So wird, z.B. im Bereich der Supermarkt-Kälteanlagen, bei Normalkühlgeräten insbesondere in steckerfertigen Geräten R134a und für größere zentrale Kälteanlagen R404A eingesetzt. Beide Verbindungen sind HFKW (teilfluorierte Kohlenwasserstoffe), wobei R404A ein Gemisch aus 3 anderen HFKW darstellt. Diese HFKW haben, aufgrund ihrer Chlorfreiheit, zwar kein ODP mehr, verfügen aber teilweise über sehr hohe GWP.

Regelungen zu HFKW sind insbesondere in der Verordnung (EG) 842/2006 und der ChemKlimaschutzV enthalten.

Fluorierte Treibhausgase bzw. deren Gemische	Formel	GWP
R125	$C_2HF_5$	3.400
R134a	$CH_2FCF_3$	1.300
R143a	$C_2H_3F_2$	4.300
R404A	Gemisch aus (44% R125, 4% R134a und 52% R134a)	3.784
R407C	Gemisch aus (23% R32, 25% R125 und 52% R134a)	1.652
R410A	Gemisch aus (50% R32, 50% R125)	1.975
Zum Vergleich:		
R22	$CHF_2Cl$	1.700
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	1

Tabelle 1: Global Warming Potential (GWP) ausgewählter FKW-Hauptersatzstoffe im Vergleich zu R22 und CO<sub>2</sub>, Quelle: Verordnung der (EG) 842/2006 sowie eigene Berechnungen (bei den Gemischen)

Je nach Einsatzgebiet kommen aber auch andere Ersatzkältemittel in Frage.<sup>1</sup>

Oft ist diese Umrüstung von Kälteanlagen mit R22 grundsätzlich technisch möglich. Die Wahl des Ersatzstoffes hängt aber wesentlich von der Anlagenkonfiguration und dem Anwendungsfall ab. Allerdings ist bei manchen Ersatzstoffen der Energieverbrauch im Betrieb höher als bei R22.

Auch bei der Umstellung auf andere Ersatzstoffe fallen Abfälle an, z.B. Kältemittel, Kältemaschinenöle, Anlagenkomponenten wie Filter, Expansionsventile, Verdichter, Wärmeübertrager sowie Rohr- und Isolationsmaterialien.

Die weiteren Ausführungen beziehen sich nur auf R22. Aufgrund des hohen GWP der Ersatzstoffe sollte aber auch die zukünftige Entsorgung von FKW-haltigen Kälte- und Klimaanlage grundsätzlich unter den gleichen Maßgaben erfolgen, wie bei R22-Anlagen.

<sup>1</sup> Umweltbundesamt, Texte 5/01, Ersatz des Kältemittels R22 in bestehenden Kälte- und Klimaanlage  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-k/k1939.pdf>

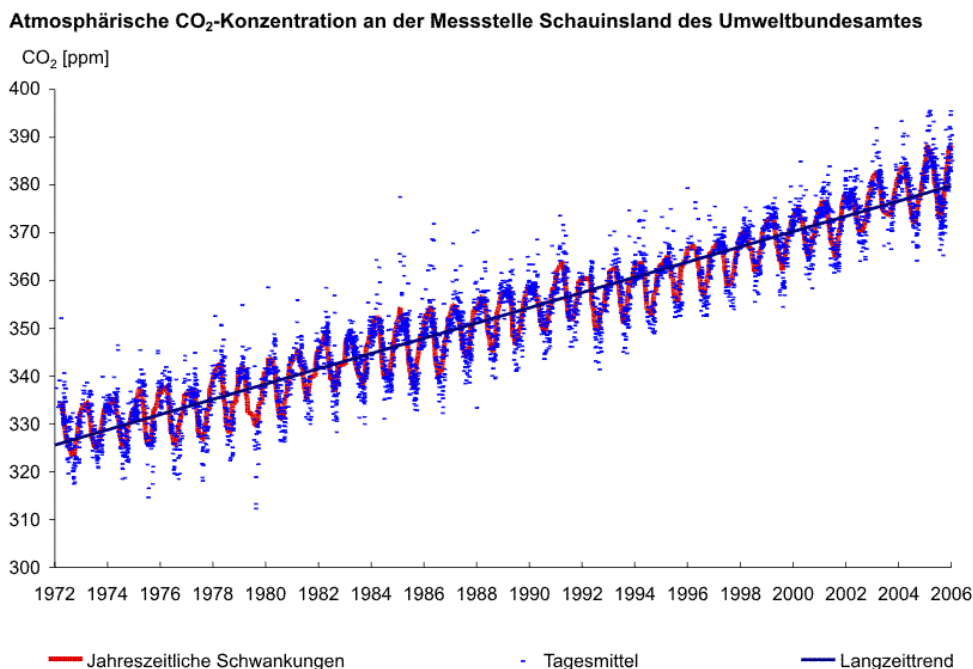
#### 4. Entsorgungsmengen an R22 und Beitrag zur Klimaerwärmung

Die gesamte in Deutschland derzeit noch eingesetzte R22-Menge beträgt lt. grober Schätzung des Umweltbundesamts<sup>2</sup> ca. 8.000 - 10.000 t.

10.000 t R 22 entsprechen hochgerechnet bundesweit insgesamt 17 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten! Obwohl die geschätzten 17 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus den R22-Emissionen nur einen geringen Anteil an den gesamtdeutschen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in Deutschland (ca. 1.002 Mio. Tonnen) ausmachen, besteht aus Gründen des Umwelt-/Klimaschutzes dennoch Optimierungsbedarf.

Bis zum endgültigen Verwendungsstopp von R 22 in 6 Jahren ist somit bundesweit rein rechnerisch ein Potenzial von jährlich knapp 3 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zu entsorgen (nur vorläufige Abschätzungen). Dies entspricht etwa den in Bayern durch Abfallvermeidungs- und Verwertungsmaßnahmen jährlich eingesparten CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in Höhe von ca. 3,2 Millionen t<sup>3</sup>. In Bayern wurden nach Angaben des Bayerischen Landesamts für Statistik und Datenverarbeitung in 2003 210,5 t „emissionsrelevante“ Mengen an R 22 als Kältemittel hauptsächlich zur Nachfüllung von Kälte- und Klimaanlageanlagen verwendet. Dies entspricht ca. 358.000 GWP-gewichteter Tonnen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

Andere Quellen<sup>4</sup> gehen für die von den Kälteanlagen des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) in Deutschland pro Jahr insgesamt emittierten Treibhausgase aus Energieverbrauch und Kältemittlemissionen von ca. 7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten aus. Zur Veranschaulichung zeigt die nachfolgende Abbildung den generellen Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre.



Quelle: Umweltbundesamt, Ergebnisse des UBA-Messnetzes 2006

Abbildung 2: Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre in den letzten 35 Jahren

<sup>2</sup> Telefonische Auskunft von Frau Elsner, Umweltbundesamt Fachbereich III 1.4, am 11.03.2008

<sup>3</sup> Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik - bifa GmbH, Forschungsbericht 2007

<sup>4</sup> Trends und Perspektiven für Supermarkt-Kälteanlagen, Prof. Dr. Michael Kauffeld, Hochschule Karlsruhe, KI – Kälte, Luft, Klimatechnik, April 2008, S. 27

## 5. Anlagenbestand und Entsorgungssituation gewerblicher Kälte- und Klimaanlageanlagen in Bayern

Dem LfU sind weder genaue Zahlen noch seriöse Schätzungen über die vorhandenen Kälte- und Klimaanlageanlagen bekannt. Die Füllmengen der Anlagen betragen zwischen < 3 kg und bis zu mehreren hundert Kilogramm.

Problematisch erscheinen aus unserer derzeitigen Sicht folgende Aspekte:

1. Anzahl, genaue Standorte, Füllmengen/Alter der Kälte- und Klimaanlageanlagen sowie Zeitpunkt von Umbau/Abriss der entsprechenden Gebäude und/oder Demontage sind im Einzelnen meist unbekannt.
2. Die ordnungsgemäße, aber kostenpflichtige Entsorgung der FCKW hängt oft nur von der Fachkenntnis und Bereitschaft der Betreiber von Kälte- und Klimaanlageanlagen, bzw. den ggf. beauftragten Firmen und Ingenieurbüros ab.
3. Die behördlichen Zuständigkeiten sind auf mehrere Stellen verteilt: (KVB, Regierungen/Gewerbeaufsichtsämter und LfU (nur für Nachweis- und Registerführungen). Die abfallrechtlichen Regelungen der Nachweisverordnung greifen aber nur in den Fällen, in denen sowieso eine ordnungsgemäße Entsorgung durch den Betreiber oder über eine Fachfirma und mittels Begleit-/Übergabescheinen erfolgt. Andernfalls erhalten die Behörden aus derzeitiger Sicht keine Kenntnis über Umbau-/Abrissmaßnahmen oder Demontagen der Kälte- und Klimaanlageanlagen.
4. Durch die Novelle der BayBO zum 01.01.2008 wurde die Verfahrensfreiheit bei Beseitigungen von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung (Art. 57 Abs. 1 Nr. 2) im Vergleich zum bisherigen Recht deutlich ausgeweitet. Die bisher teilweise gängige Praxis der internen Informationsübermittlung aus den Abrissanzeigen von der Baubehörde an die anderen Stellen innerhalb der Kreisverwaltungsbehörde wird stark eingeschränkt, wenn nicht ganz unterbunden.

## 6. Rechtsvorschriften

### 6.1 Europäische Vorschriften, u.a.:

- Verordnung (EG) 2037/2000 vom 27. Juni 2000, über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen, zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 473/2008 der Kommission vom 29. Mai 2008. Eine Novelle der Verordnung (EG) 2037/2000 wird derzeit erarbeitet.  
Die Verordnung enthält u.a. Vorgaben zur Produktion, Inverkehrbringen, Verwendung, Emissionskontrolle (Rückgewinnung), Handel und Überwachung geregelter Stoffe. FCKW, H-FCKW, Halone und andere ozonschichtschädigende Stoffe sind in mehrere Gruppen eingeteilt.
- Verordnung (EG) 842/2006 vom 17.03.2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase (sogenannte F-Gase-Verordnung).  
Die EG-Verordnung regelt u.a. die Reduzierung der Emissionen von fluorierten Treibhausgasen, die Rückgewinnung, die Ausbildung und Zertifizierung für Unternehmen und dessen Personal, welches mit der Installation, Wartung oder Instandsetzung befasst ist.
- Weitere Verordnungen zur Verordnung (EG) 842/2006, z.B. VO Nr. 303-306/2008, über Mindestanforderungen für die Zertifizierung von Unternehmen und Personal.

## 6.2 Nationale Vorschriften, u.a.:

- Die Chemikalien-Ozonschichtverordnung (ChemOzonSchichtV) ergänzt in Deutschland die Verordnung (EG) 2037/2000 und ersetzt die FCKW-Halon-Verbotsverordnung von 1991.

Die ChemOzonSchichtV regelt u.a. das Verbot zum Inverkehrbringen von R 22 sowie die Verantwortlichkeiten für die Rückgewinnung von geregelten Stoffen. Gem. § 3 Abs. 1 ist dafür der Besitzer der Einrichtung oder des Produkts verantwortlich, das den geregelten Stoff enthält, wobei er die Erfüllung seiner Verpflichtung auf Dritte übertragen kann. Hersteller und Vertreiber sind gem. § 3 Abs. 2 verpflichtet, die Stoffe und Zubereitungen nach Gebrauch zurückzunehmen oder die Rücknahme durch einen Dritten sicherzustellen. Gem. § 4 Abs. 1 hat derjenige, der Einrichtungen oder Produkte entsorgt, ein Austreten dieser Stoffe und Zubereitungen in die Atmosphäre zu verhindern oder sofern dies nach dem Stand der Technik nicht möglich ist, auf das dem Stand der Technik entsprechende Maß zu reduzieren. Eine Zuwiderhandlung ist gem. § 6 als Ordnungswidrigkeit bewehrt. Die ChemOzonSchichtV wurde 2007 und 2008 ergänzt.
- Chemikalien-Klimaschutzverordnung (ChemKlimaschutzV), gilt nur für F-Gase  
Die ChemKlimaschutzV ergänzt in Deutschland die EG-Verordnung 842/2006. Sie beinhaltet u.a. Anforderungen zur Verhinderung des Austritts von fluorierten Treibhausgasen in die Atmosphäre, an die Rückgewinnung und Rücknahme geregelter Stoffe, an die persönlichen Voraussetzungen für bestimmte Tätigkeiten sowie an die Zertifizierung von Betrieben. Die ChemKlimaSchutzV trat am 01.08.2008 in Kraft.
- BayBO  
Die BayBO wurde zum 1.1.2008 geändert und enthält weitere Vereinfachungen bei der Anzeigepflicht für Umbau- und Abbruchmaßnahmen, insbesondere hinsichtlich der Verfahrensfreiheit zur Beseitigung von „sonstigen Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung“ (Art. 57 Nr. 2). Nach Nr. 2 c sind „sonstige Anlagen zur technischen Gebäudeausrüstung“ verfahrensfrei. Rechtliche Grundlagen und Handlungsempfehlungen zu bisheriger Rechtslage sind in der LfU-Publikation „Kontaminierte Bausubstanz - Erkundung, Bewertung, Entsorgung: Arbeitshilfe: Kontrollierter Rückbau“, S. 8f beschrieben. Hinweise an die Evakuierung von Kälte- und Klimaanlageanlagen sind nicht enthalten.
- KrW-/AbfG, zuletzt geändert am 19.07.2007
- NachwV, zuletzt geändert am 19.07.2007
- Abfallzuständigkeitsverordnung (AbfZustV), in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. November 2005, zuletzt geändert am 08.01.2007 (BayGVBl 2007 S. 57) geregelt.
- ASiMPV  
Die Verordnung über Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Arbeitsschutzes, der Sicherheitstechnik, des Chemikalien- und Medizinprodukterechts“ (ASiMPV) vom 2. Dezember 1998, zuletzt geändert durch Verordnung vom 04.09.2007 (GVBl S. 636) enthält in seiner Anlage III ein Verzeichnis mit einer Übersicht der Zuständigkeiten der genannten Bereiche. Durch die neue ChemKlimaschutzV muss die ASiMPV noch an die neue Rechtslage angepasst werden.
- ElektroG  
Gem. BMU-Hinweise zum Anwendungsbereich des ElektroG vom 24. Juni 2005 fallen fest mit einem Gebäude installierte Kälte- und Klimaanlageanlagen nicht unter den Anwendungsbereich des ElektroG.

## 7. Möglichkeiten zur Verringerung der Emissionen an Treibhausgasen bei Kälteanlagen in Supermärkten<sup>5</sup>

Bei Kälteanlagen von Supermarktketten können die Treibhauseffekte durch folgende Maßnahmen verringert werden:

- Reduzierung der direkten Treibhausgasemissionen
  - Verbesserte Dichtigkeit  
So haben typische deutsche Supermarktkälteanlagen jährliche Kältemittelverlusten von ca. 5 – 10 % der gesamten Füllmenge, d.h. bis zu ca. 100 kg/Verbrauchermarkt. Über 80 % der Leckagen stammen von mechanischen Verbindungen.
  - Reduzierung der Kältemittelmenge  
Durch optimierte Wärmetauscher kann die Füllmenge deutlich reduziert werden. Geringere Kosten für Anschaffung bzw. Entsorgung sind wirtschaftlich interessant. Die geringeren Füllmengen führen gleichzeitig zu geringeren Kältemittel-Leckage-Emissionen.
  - Einsatz von Kältemittel ohne oder mit sehr niedrigem GWP  
Hier kommt insbesondere die Kühlung mit CO<sub>2</sub> in Frage.
- Reduzierung der indirekten Treibhausgasemissionen
  - Reduzierung des Energieverbrauchs  
Durch die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromerzeugung trägt eine sogenannte Verbundanlage in einem Supermarkt zwischen zwei- und viermal soviel zum anthropogenen Treibhauseffekt bei, wie durch Ihre direkten Kältemittellemissionen. Die Energieeffizienz ist also oftmals wichtiger als die Wahl des Kältemittels.
  - Nutzung regenerativer Energien  
Z.B. durch Photovoltaikanlagen auf den großen Dächern der Supermärkte
- Grundsätzliche Erhöhung der behördlichen Überwachung

## 8. Weitere Informationen zum Thema, z.B.:

- Umweltbundesamt, Texte 5/01, Ersatz des Kältemittels R22 in bestehenden Kälte- und Klimaanlageanlagen, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-k/k1939.pdf>
- Umweltbundesamt, Texte 12/08, Vergleichende Bewertung der Klimarelevanz von Kälteanlagen und –Geräten für den Supermarkt, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3624.pdf>
- LfU - UmweltWissen FCKW und FCKW-Ersatzstoffe 2008, s. [http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_22\\_fckw.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_22_fckw.pdf)
- LfU-Broschüre „Klima schützen – Kosten senken, Energie sparen bei Kälteanlagen im Lebensmittelhandel“, 2006  
[http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2\\_minderung/doc/lebensmittel.pdf](http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/co2_minderung/doc/lebensmittel.pdf)
- Trends und Perspektiven für Supermarkt-Kälteanlagen, Prof. Dr. Michael Kauffeld, Hochschule Karlsruhe, KI – Kälte, Luft, Klimatechnik, April 2008

---

<sup>5</sup> Trends und Perspektiven für Supermarkt-Kälteanlagen, Prof. Dr. Michael Kauffeld, Hochschule Karlsruhe, KI – Kälte, Luft, Klimatechnik, April 2008, S. 25

- Homepage des Umweltbundesamts zum Thema Klimaschutz, s.  
<http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/index.htm>
- LfU-Information „R22 in Wärmepumpen, s.  
[http://www.izu.bayern.de/aktuelles/detail\\_aktuelles.php?pid=01140101011125](http://www.izu.bayern.de/aktuelles/detail_aktuelles.php?pid=01140101011125)
- Impulsprogramm für Klimaschutzmaßnahmen an gewerblichen Kälteanlagen des BMU, s.  
[http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/nationale\\_klimaschutzinitiative/impulsprogramm\\_kaelteanlagen/doc/41744.php](http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/nationale_klimaschutzinitiative/impulsprogramm_kaelteanlagen/doc/41744.php)