

# **Kältemittelinventar in Europa 1990 bis 2010 Prognosen zur Entwicklung von Kältemittelbank und Emissionen in der EU von 2006 bis 2030**

## **Zusammenfassung**

Autoren: D. CLODIC, S BARRAULT

Mitarbeiter: A. LANCRENON

18. Oktober 2011

### 1. Zielsetzung

- Diese Studie verfolgt zwei Ziele: zum einen wird die Entwicklung der Kältemittelbank, des Kältemittelbedarfs und der Kältemittlemissionen von 1990 bis 2010 analysiert und zum anderen werden zwei Prognosen erstellt, wie sich diese in den nächsten zwanzig Jahren bis 2030 weiterentwickeln könnten.
- Das “F-Gas Szenario” basiert auf der kompletten Umsetzung der F-Gase Verordnung sowie auf der Einführung von Kältemitteln mit niedrigerem Treibhauspotenzial (Global Warming Potential - GWP) und weiteren Verbesserungen entsprechend derzeitiger Markttendenzen.
- Das “F-Gas Plus Szenario” ist ein ehrgeizigeres Szenario basierend auf einer aggressiveren Einführung von Kältemitteln mit niedrigerem GWP-Wert.
- Beide Szenarien bieten eine Einschätzung des zeitlichen Rahmens und der Machbarkeit im Hinblick auf die Einführung von Kältemitteln mit niedrigerem GWP-Wert basierend auf ihrer Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit unter Beibehaltung oder Verbesserung der Energieeffizienz wie vorgeschrieben durch die F-Gase Verordnung. Entsprechend ermöglichen sie eine Einschätzung der Kältemittelmengen (umgerechnet in CO<sub>2</sub>-Äquivalente), die bis 2030 benötigt werden.
- Die Ergebnisse zeigen die maximale Reduzierung von Bedarf und Emissionen bis 2030 und können als Basis zur Erstellung von “Phase-Down” Szenarien (schrittweise Reduzierung der auf den Markt gebrachten Kältemittelmengen) verwendet werden. Es ist allerdings zu beachten, dass das F-Gas Plus Szenario auch derzeit noch nicht verfügbare Technologien beinhaltet, für die noch entsprechende Machbarkeitsstudien durch die Produkthersteller (OEMs) durchgeführt werden müssen.

### 2. Hinweise zum Verständnis der Studie

- Diese Studie analysiert sowohl bereits verfügbare als noch nicht verfügbare Technologien und Kältemittel.
- Wenn nicht anderweitig erklärt, wurden Kältemittelooptionen und Gemische mit niedrigerem durchschnittlichen GWP-Wert < 300 als REF300 kategorisiert und solche mit einem durchschnittlichen GWP-Wert von < 700 als REF700.
- Es ist wahrscheinlich, dass die Industrie in den nächsten Jahren weitere energieeffiziente Kältemittellösungen mit verschiedenen GWP-Werten entwickelt. Daher dürfen die verwendeten GWP-Kategorien weder als GWP-Grenzwerte noch als Verbote interpretiert werden.
- Es ist zu beachten, dass Phase-Down Szenarien grundsätzlich sowohl auf dem GWP-Wert als auch auf der Kältemittelmenge beruhen. Daher wurden in den F-Gas und F-Gas Plus Szenarien im Hinblick auf beste verfügbare Technologien beide Faktoren berücksichtigt, um mindestens dieselbe Energieeffizienz und Leistung zu erzielen. Für noch nicht verfügbare Technologien wurde dies noch nicht ermittelt und bedarf weiterer Untersuchung.
- Die Marktdurchdringung von Kältemitteln wurde bestimmt unter Berücksichtigung von Energieeffizienz, Kosten und Sicherheitsaspekten. Im F-Gas Szenario basiert sie auf

aktuellen Markttendenzen und im F-Gas Plus Szenario auf maximaler technischer Machbarkeit (inklusive noch nicht verfügbarer Technologien).

- Beiden Szenarien liegt mindestens die Erzielung desselben Energieeffizienzniveaus wie mit derzeitigen HFKW-Technologien zugrunde.
- Aufgrund zeitlicher Beschränkungen konnte eine weitere Analyse der Energieeffizienz im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt werden, obwohl dieser Aspekt eindeutig eine Schlüsselrolle für die Auswahl von Kältemitteln entsprechend ihrer Anwendung spielt. So steigen zum Beispiel die Energieeffizienzanforderungen für die meisten Produkte (Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik) aufgrund der Ökodesign- und Gebäudeeffizienzrichtlinien in den nächsten Jahren, was wiederum die Wahl der Kältemittel einschränken kann. Daher wird eine Folgestudie in Erwägung gezogen, um die Gesamt-Treibhausgasemissionen inklusive direkter Kältemittellemissionen und indirekter Emissionen aufgrund des Energieverbrauchs zu ermitteln (Total Equivalent Warming Impact – TEWI).

### **3. Die Methodologie**

- Die den Berechnungen zugrunde gelegten Werte sind die des 4. IPCC Reports (IPCC - Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung) und berücksichtigen damit neueste wissenschaftliche Erkenntnisse.
- Die Kältemittelbank für die EU-27 folgt den Regeln des IPCC für nationale Treibhausgasbanken. Die Methode baut auf von „unten nach oben“ („bottom-up“) und leitet die Kältemittelmengen von den Mengen ab, die in den auf dem Markt installierten Anlagen enthalten sind (Kältemittelbank). Folgende Sektoren werden berücksichtigt: Haushalts-, Gewerbe- und Industriekälte; Transportkälte, stationäre Klimaanlage und Chiller sowie mobile Klimaanlage.
- Die Kältemittelbank berücksichtigt alle Kältemitteltypen: FCKWs, HFCKWs, HFKWs, Kohlenwasserstoffe, Ammoniak und CO<sub>2</sub>. Weitere Daten stammen aus Marketingstudien, verschiedenen Fachpublikationen, der RIEP Datenbank und internationalen Websites der Vereinten Nationen oder FAO.
- Emissionsfaktoren wurden abgeleitet von verfügbaren Unterlagen wie zum Beispiel Kältemittelrechnungen für Serviceleistungen und den für Kälte- und Klimaanlagebetreiber obligatorischen Erklärungen.
- Die Methodologie für die Prognosen in F-Gas und F-Gas Plus Szenarien basieren auf der Modellierung der installierten Anlagen und dem erwarteten Marktwachstum.
- Die Modellierung der Bank bezieht folgende Schlüsselfaktoren ein: Lebensdauer der Anlagen, Kältemittelfüllmenge, Emissionsrate, Rückgewinnungsrate am Ende der Lebensdauer, eingesetztes Kältemittel, Retrofits, Markt und Produktion von Anlagen.
- Es ist zu beachten, dass die Definition von Kältemittelbedarf variieren kann. Ein wichtiger Faktor ist die Einbeziehung der in vorbefüllten Anlagen befindlichen Kältemittelmengen, die in die EU importiert bzw. aus der EU exportiert werden. Diese Studie bezieht diese Mengen zwar nicht in der Bedarfsberechnung ein, berücksichtigt sie aber in den Bank- und Emissionsdaten. Eine Anpassung der Zahlen ist angedacht, um direkte Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu ermöglichen.

## 4. Wichtigste Ergebnisse

### 4.1. Kältemittelbank: 1990 bis 2010

- In der EU-27 sind die Emissionen an CO<sub>2</sub> Äquivalenten von 170 Millionen Tonnen in 1990 auf 147 Millionen Tonnen in 2010 gesunken (Abbildung ES-2), obwohl sich die Kältemittelbank von rund 200.000 Tonnen in 1990 auf ca. 510.000 Tonnen in 2010 mehr als verdoppelt hat (Abbildung ES-1). Dies bedeutet ein jährliches Wachstum von rund 5% und lässt sich erklären aus dem Ausstieg aus FCKWs und HFCWs gemäß OAS Verordnungen (OAS = Ozonschicht abbauende Substanzen) der EU und aus der Einführung der F-Gase Verordnung in 2006.

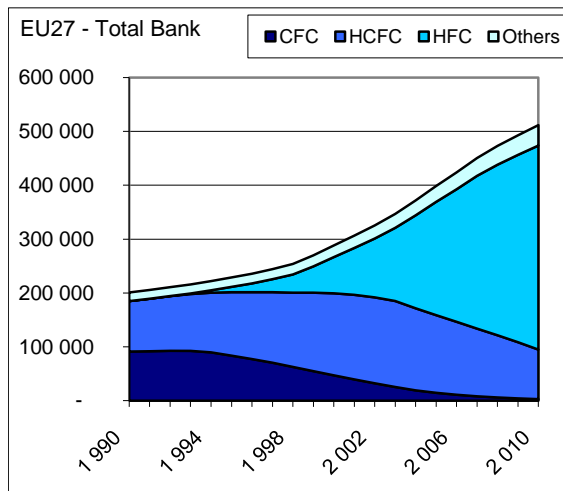


Abbildung ES 1-EU-Kältemittelbank von 1990 bis 2010.

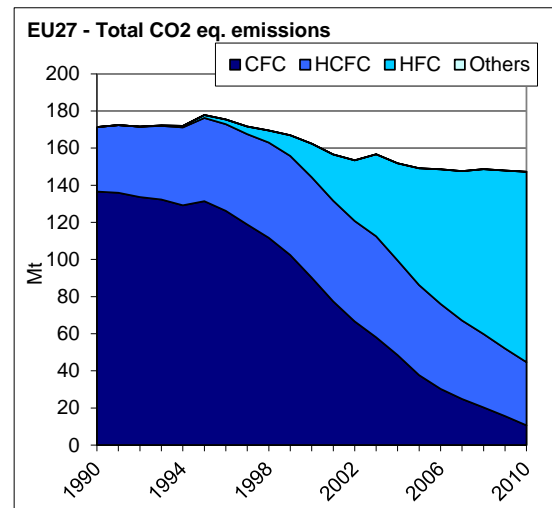


Abbildung ES 2-EU CO<sub>2</sub> Äquivalente Emissionen.

### 4.2. Emissionsszenarien: 2010 bis 2030

- Sowohl unter dem F-Gas als auch unter dem F-Gas Plus Szenario steigt die Kältemittelbank von 2010 bis 2030 von rund 510.000 Tonnen auf 800.000 Tonnen (F-Gas Plus, Abbildung ES-4) bzw. 900.000 Tonnen (F-Gas, Abbildung ES-3) um 60% bzw. 75% an. Dieser Anstieg erklärt sich aus dem wirtschaftlichen Wachstum, das bei 2% für die EU-15 und 4% für die neuen EU-Länder angesetzt wurde, der Umstellung bestehender Anlagen sowie aus dem zunehmenden Einsatz von Klimaanlage und Wärmepumpen, die ihrerseits zur Reduzierung der Gesamt CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen. Die Reduzierung von 15% unter dem F-Gas Plus Szenario im Vergleich zum F-Gas Szenario erklärt sich aus einer verstärkten Reduzierung der Leckageraten, besserer Rückgewinnung der Kältemittel am Lebensende der Anlagen und einer Reduzierung der Kältemittelmengen.

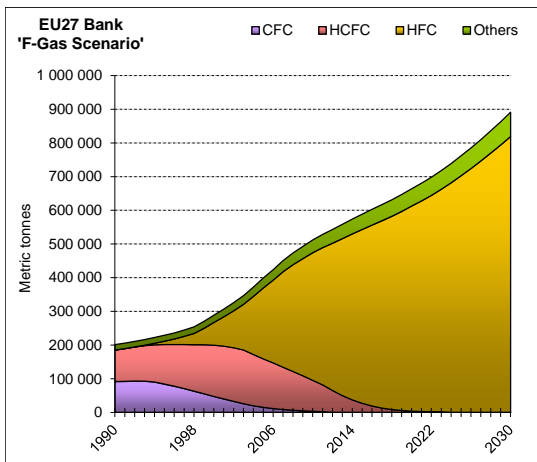


Abbildung ES 3- Kältemittelbank, F-Gas Szenario

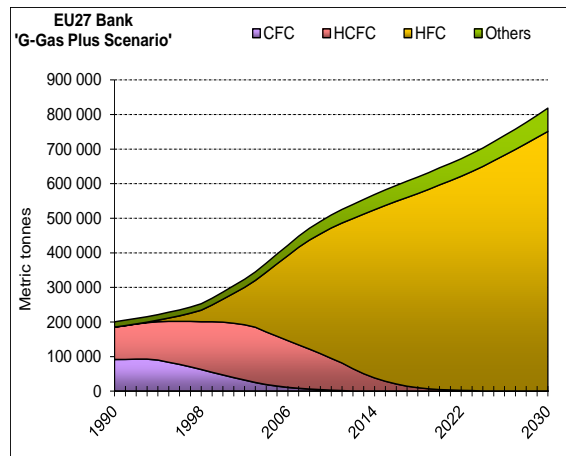


Abbildung ES 4- Kältemittelbank, F-Gas Plus Szenario

- **Trotz der wachsenden Kältemittelbank sinken die Emissionen an CO<sub>2</sub> Äquivalenten unter beiden Szenarien ganz erheblich: unter dem F-Gas Szenario von 147 Millionen Tonnen in 2010 auf 124 Millionen Tonnen in 2030 (Abbildung ES-5) und auf 57 Millionen Tonnen unter dem F-Gas Plus Szenario (Abbildung ES-6).** Das entspricht einer Reduzierung von 15% bzw. 60%. Das wesentlich höhere Reduktionspotenzial unter dem F-Gas Plus Szenario leitet sich aus verbesserter Anlagendichtheit und einem schnelleren Übergang von Kältemitteln mit hohem GWP-Wert zu solchen mit niedrigerem GWP-Wert ab.

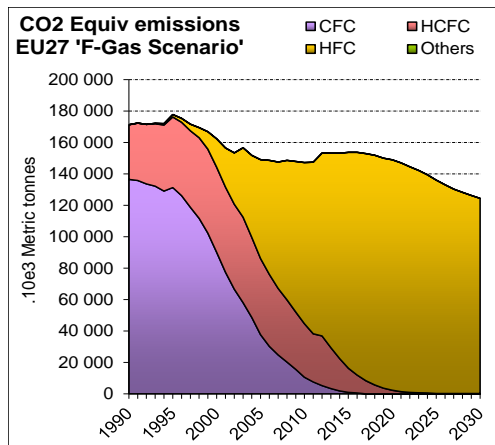


Abbildung ES 5-EU CO<sub>2</sub> Äquivalente Emissionen, F-Gas Szenario

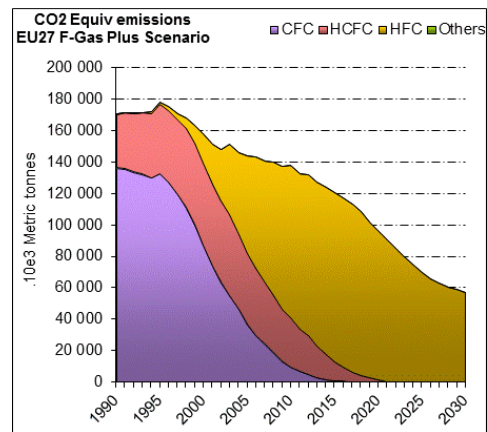


Abbildung ES 6- CO<sub>2</sub> Äquivalente Emissionen – F-Gas Plus Szenario

### 4.3. Gesamtbedarfsprognose an HFKWs: 2010 bis 2030

- Die HFKW Bedarfsprognose in dieser Studie bezieht Kältemittelmengen für neu in der EU produzierte Anlagen ein, Kältemittelmengen für die Nachfüllung neuer und für die Nachfüllung (Service) bestehender Anlagen.
- Sowohl F-Gas als auch F-Gas Plus führen zu einer deutlichen Reduzierung des Kältemittelbedarfs ausgedrückt in CO<sub>2</sub> Äquivalenten. Unter dem F-Gas Szenario sinkt der Bedarf um ca. 9% von 136 Millionen Tonnen auf 124 Millionen Tonnen. Unter dem F-

Gas Plus Szenario ist die Reduzierung noch deutlicher mit einem Rückgang von mehr als 60% auf 49 Millionen Tonnen.

- Verbesserte Rücknahme, Recycling und Rückgewinnung von Kältemitteln am Ende der Lebensdauer von Anlagen ermöglicht weitere Flexibilität und führt zu einer weiteren Reduzierung des Bedarfs.

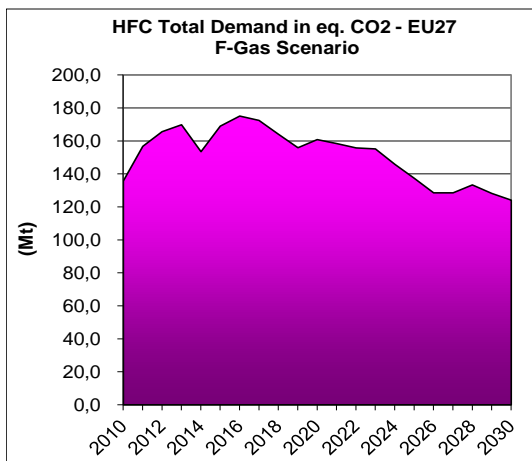


Abbildung ES-7 - CO<sub>2</sub> Äquivalente des jährlichen HFKW Bedarfs (2010 - 2030). F-Gas Szenario

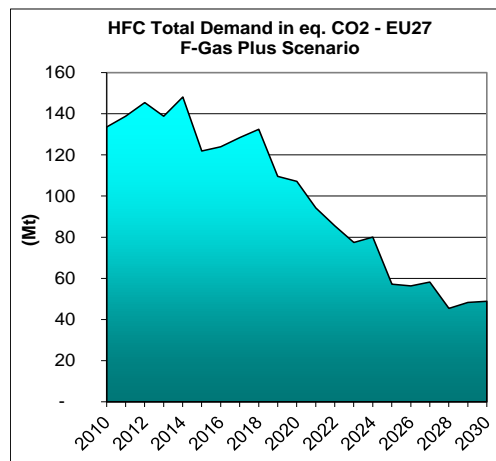


Abbildung ES-7 - CO<sub>2</sub> Äquivalente des jährlichen HFKW Bedarfs( (2010 - 2030).F-Gas Plus Szenario

## 5. Kosten

- Die mit der Umsetzung der F-Gase Verordnung verbundenen Kosten werden auf 8,90 EUR/Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalente geschätzt, basierend auf einer Anzahl von 228.000 zu zertifizierenden Technikern. Bei einer höheren Anzahl von Technikern in der EU-27 steigen diese Kosten. Allerdings beziehen sie nicht die Vorteile ein, die sich aus präventiver Wartung ergeben (wie z.B. verbesserte Energieeffizienz und störungsfreier Betrieb). Auch die Rücknahme von Kältemitteln am Ende der Lebensdauer von Anlagen erweist sich als kosteneffizient mit 2 EUR/Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalente basierend auf einem durchschnittlichen CO<sub>2</sub> Äquivalent-Wert von 1870 kg CO<sub>2</sub> / kg an Kältemittel.
- Die Kosten für die Umstellung auf Kältemittel mit niedrigerem GWP-Wert wurden im Rahmen dieser Studie nicht analysiert. Da die Produktion neuer Kältemittel mit niedrigerem GWP-Wert auf anspruchsvolleren chemischen Prozessen beruhen, sind höhere Kosten zu erwarten als bei der Einführung von HFKWs zum Ersatz ozonabbauender Substanzen (OAS) der Fall war. OEMs werden erhebliche Investitionen zu tätigen haben, um neue Kältemittel freigeben zu können. Diese Kosten können gemindert werden, falls die neuen Kältemittel mit den bestehenden vergleichbar sind im Hinblick auf ihre thermodynamischen Eigenschaften, Leistung und Materialverträglichkeit.

## 6. Schlussfolgerung

- Das F-Gas Szenario zeigt, dass das Dichtheitsprinzip der F-Gase Verordnung sowie die Verbesserung der Qualitätsstandards und Weiterentwicklungen der Technologie basierend auf derzeitigen Markttendenzen zu einer deutlichen Reduzierung des Kältemittelbedarfs im Hinblick auf Emissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten führen.

- Der deutliche Unterschied zwischen F-Gas und F-Gas Plus Szenario zeigt, dass Raum für zusätzliche Maßnahmen besteht, die die F-Gase Verordnung ergänzen können.
- Eine Reduzierung der auf den Markt zu bringenden HFKW-Mengen basierend auf dem Gehalt an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten scheint eine effektive Maßnahme zur Minderung der Klimawirkung von Kälte- Klima und Wärmepumpensystemen zu sein. Ein solcher „Phase-Down“ lässt die Wahl des am besten geeigneten Kältemittels für die entsprechenden Anwendungen zu und ermöglicht die Berücksichtigung von Energieeffizienz, Sicherheit, Kosten und Umweltverträglichkeit sowie des regionalen Klimas.
- Es ist zu beachten, dass eine Senkung des GWP-Werts von Kältemitteln eine Neueinschätzung der Sicherheitsaspekte erfordern kann. Neue HFKWs mit niedrigerem GWP-Wert sowie R-32 sind leicht brennbar („mildly flammable“), Kohlenwasserstoffe sind extrem brennbar und erfordern zusätzliche Analysen für ihren sicheren Einsatz. Weitere wichtige Eigenschaften werden noch untersucht und die Sicherheitsnormen werden derzeit überarbeitet. In allen Fällen bleibt die Herstellerhaftung ein Schlüsselfaktor für die Entscheidung für oder gegen ein bestimmtes Kältemittel.