



**DKV Deutsche Kälte-Klima-Tagung  
Bremen, 22.-24. November 2000**

## **Prognose der R-134a-Emissionen aus Fahrzeug-Klimaanlagen bis 2010/20**

*Winfried Schwarz, Öko-Recherche, Büro für Umweltforschung, Frankfurt/M.*

In Kyoto wurden 1997 bekanntlich drei fluorierte Stoffe neu in den bisher drei Gase umfassenden "Korb" der zu reduzierenden Treibhausgase aufgenommen, darunter als wichtigste Gruppe die HFKW. Hinter dieser Entscheidung werden - wahrscheinlich nicht zu Unrecht - Interessen amerikanischer Energieunternehmen vermutet, die ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung möglichst wenig senken wollen. Wie auch immer: Das Emissionsniveau dieser 6 Korbgase zusammen, nicht jedes für sich, soll weltweit bis 2008/2012 um 5,2% gegenüber dem 1990er Niveau sinken. Deutschland hat sich sogar zu einer 21%-igen Senkung verpflichtet.

Damit geriet der HFKW-134a, der drei Viertel der HFKW-Weltproduktion ausmacht, schon sieben Jahre nach seiner Markteinführung unter internationalen Druck. HFKW sind die Ersatzstoffe für FCKW, die von Chemischer Industrie und dem überwiegenden Teil der Kälte- und Klimatechniker favorisiert werden.

Für die Umweltpolitik entstand daraus zunächst einmal ein statistisches Problem: Wo kommen die fluorierten Gase überhaupt vor? In welchen Mengen werden sie eingesetzt? Wieviel emittieren kurz- bis langfristig in die Atmosphäre? Gibt es Möglichkeiten zur Emissionsminderung?

In Deutschland wurde unser Forschungsbüro mit der Klärung dieser Fragen beauftragt. Es entstand 1999 eine Studie für das Umweltbundesamt (Öko-Recherche 1999), die auch in das Klimaschutzprogramm 2000 der Bundesregierung einging.

### **Pkw-Klimaanlagen zweitgrößter HFKW-Emittent: bis 3500 t/a**

Nach unserer Studie werden im Jahr 2010/11 unter Fortschreibung des bisherigen Trends (business-as-usual Szenario) die inländischen HFKW-Emissionen 20 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente betragen. Das sind dann etwa 2,5% aller Treibhausgasemissionen.

Kältemittel (nur R-134a) aus Pkw-Klimaanlagen machen davon knapp ein Viertel aus, nämlich etwa 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Sie sind nach stationären Kälte- und Klimaanlageanwendungen der mengenmäßig zweitgrößte HFKW-Emittent. Die Kenngröße für das globale Erwärmungspotential (GWP) von R-134a ist 1300, d.h. das 1300-fache von CO<sub>2</sub>. Jene 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente errechnen sich aus ca. 3500 metrischen Tonnen, die wir als Emissionsmenge für 2010/11 abgeschätzt haben.

Wir haben auch die Emissionen für die sonstigen mobilen Klimaanlageanlagen prognostiziert, die sich in Bussen, Nutzfahrzeugen, Schienenfahrzeugen, Schiffen befinden. Deren Kältemittel-Emissionen erhöhen diejenigen der für sich genommenen Pkw-Klimaanlagen jedoch lediglich um 5 Prozent. Darum geht es im folgenden ausschließlich um Pkw-Klimatisierung.

### **Klimawirkung: 2/3 durch Kraftstoffmehrverbrauch und 1/3 durch direkte Kältemittel-Emissionen**

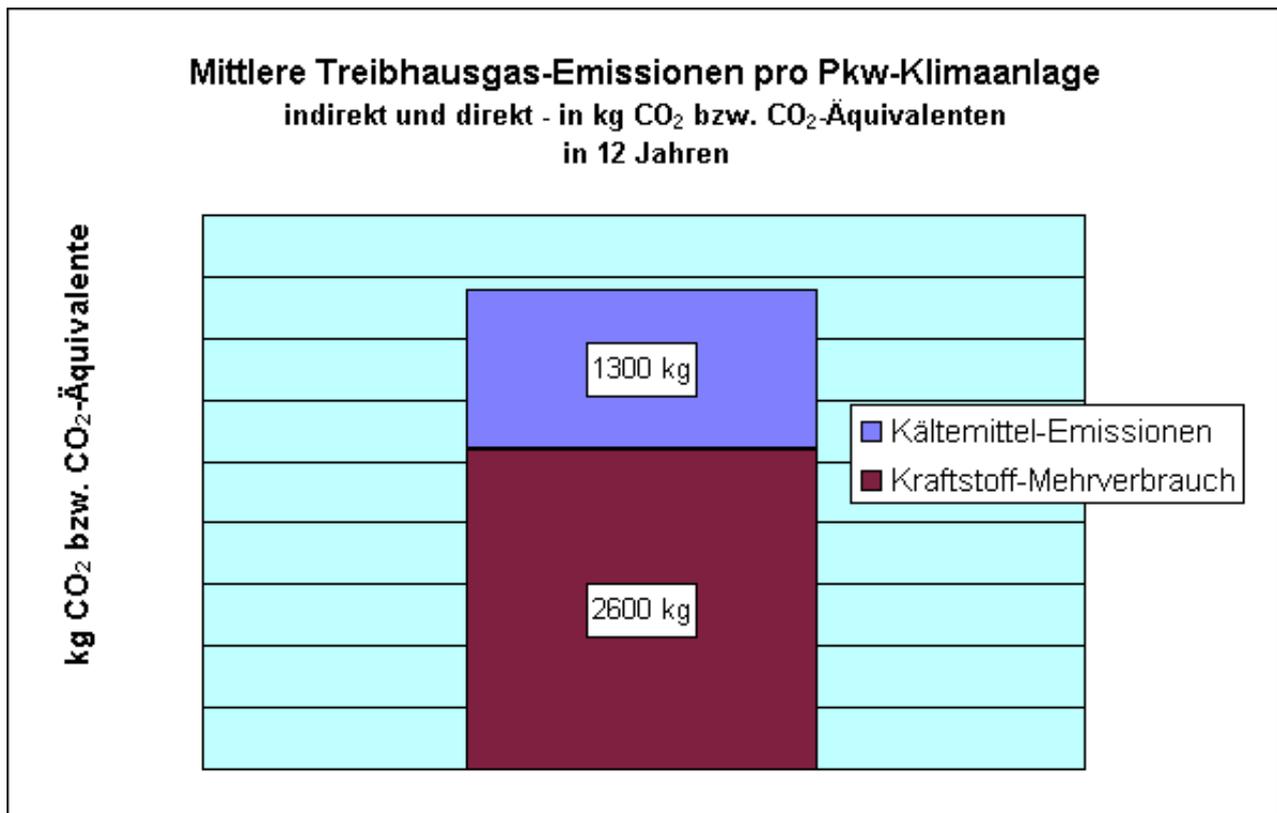
Vorher noch ein Wort zu der Frage direkter und indirekter Treibhausbeitrag durch Pkw-Klimaanlagen, wofür sich der Begriff TEWI etabliert hat. Es gilt seit den Studien aus dem Hause Behr (1997) als mehr oder weniger verbürgt, daß der durchschnittliche Kraftstoff-Mehrverbrauch durch eine Pkw-Klimaanlage in unserer Klimazone bei knapp 100 Liter jährlich liegt. Bei einer 12-jährigen Fahrzeuglebensdauer summiert sich der Mehrverbrauch somit auf 1200 Liter, die zu rund. 2,6 t CO<sub>2</sub> verbrennen.

Die direkten Emissionen von R-134a hängen von der Emissionsrate ab. Die Krux besteht darin, daß es nirgendwo

auf der Welt empirische Studien zum Langzeit-Emissionsverhalten von Pkw-Klimaanlagen gibt. Das ist zwar nicht verwunderlich, weil die ersten 134a-Klimaanlagen erst seit 1990 betrieben werden. Aber auch zu R-12 gibt es dergleichen nicht. Es wird nur immer wieder beruhigend betont: "Die Emissionen von 134a sind längst nicht so hoch wie die von R-12, als man noch mit drei Füllmengen pro Lebensdauer kalkulieren mußte". Es wird u.a. auf den jetzt sorgfältigeren Umgang bei der Wartung hingewiesen (Zwischenabsaugung), auf die geringeren Verluste während der Nutzung (insbesondere wegen der diffusionsdichteren Schläuche mit Nylon-Auskleidung), auf die mögliche Absaugung bei der Verschrottung. Doch so interessante Fragen bleiben unbeantwortet wie etwa das Emissionsverhalten bei den drei Betriebszuständen

1. Motor aus, AC aus (etwa 95% der 8760 Jahresstunden),
2. Motor an, AC aus (etwa 5% der 8760 Jahresstunden),
3. Motor an, AC an (etwa 2% der 8760 Jahresstunden).

Daß während aller Betriebszustände Emissionen vorkommen (auch bei Stillstand) und daß sich die Emissionen bei laufendem Motor kaum danach unterscheiden, ob die Klimaanlage arbeitet oder nicht - dies gilt zwar in weiten Kreisen als Hypothese, aber untermauert durch Feldmessungen ist dies nicht.



**Diagramm 1. Mittlere Treibhausgas-Emissionen pro Pkw-Klimaanlage in kg CO<sub>2</sub> bzw. CO<sub>2</sub>-Äquivalenten im Zeitraum von 12 Jahren. Zwei Drittel entstehen durch Kraftstoff-Mehrverbrauch, ein Drittel entsteht durch direkte Kältemittellemissionen (R-134a).**

Die meisten Experten schätzen die Emissionsrate für das durchschnittliche Fahrzeug auf "ungefähr 10%", wenn man Verluste bei der Wartung, im Betrieb (einschließlich Unfallschäden) und bei der Altfahrzeugentsorgung zusammenfaßt. Aus den USA waren kürzlich auf der SAE-Tagung 71 Gramm pro Jahr für ein Durchschnittsfahrzeug zu hören. Allerdings waren das auch nur Expertenschätzungen. Messungen an wirklichen Straßenverkehrs-Fahrzeugen gibt es meines Wissens nicht.

Nehmen wir nun als Untergrenze einen 10%-igen Jahresverlust und eine Füllmenge von 0,84 kg (das ist die durchschnittliche Füllmenge für 1997 in Deutschland neuzugelassene werkseitig klimatisierte Fahrzeuge), dann belaufen sich in 12 Jahren die R-134a-Emissionen auf 1 kg. In Begriffen der Klimawirkung ausgedrückt sind das 1,3 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Zur Erinnerung: CO<sub>2</sub> aus dem Kraftstoffmehrverbrauch macht pro Durchschnitts-Pkw 2,6 t aus.

Somit entstammt der gesamte Treibhausbeitrag einer durchschnittlichen Pkw-Klimaanlage zu zwei Dritteln aus mehr Kraftstoff (hauptsächlich für den Kompressorantrieb) und zu einem Drittel aus entwichenem Kältemittel.

Allein daran zeigt sich das hohe Einsparpotential, nämlich ein ganzes Drittel, wenn es gelingt, gleich effiziente Klimaanlagen zu bauen und auf dem Markt zu etablieren, die keine treibhausrelevanten Kältemittlemissionen erzeugen.

### Alte FCKW-Emissionen als Prognosemaßstab untauglich

Wer sich mit Alternativen zu HFKW-Kältemitteln befaßt, hört als Einwand immer wieder: HFKW sind eine sehr gute Lösung. Denn erst durch sie wurde der FCKW- Ersatz überhaupt erst möglich. Der ersetzte FCKW-12 hatte ja nicht nur zur Schädigung der Ozonschicht beigetragen, sondern mit einem GWP von 8000 auch sechs Mal so viel zum Treibhauseffekt wie R-134a (GWP: 1300).

Das ist zweifellos richtig. Aber erstens werden FCKW im Klimaprotokoll gar nicht behandelt. Sie gelten durch das Montrealer Protokoll gewissermaßen als "erledigt", auch wenn sie es zugegebenermaßen noch nicht sind. Zweitens: Das Argument mit dem geringeren Treibhauseffekt kommt nicht zufällig meist aus der stationären Kälte-Klima-Technik, gar nicht so sehr aus der mobilen Klimatisierung. Der Grund ist einfach. Stationäre Systeme sind, was den Kältemittelverbrauch angeht, durchaus ebenfalls als "stationär" zu bezeichnen. Damit ist gemeint: Es werden heute und auch wohl künftig insgesamt nicht mehr HFKW eingesetzt als früher FCKW oder HFCKW. Bei unserer Prognose des 2010-HFKW-Bestands für das Umweltbundesamt konnten wir für stationäres Kälte-Klima den FCKW-Altbestand als Orientierungsgröße heranziehen.

Das geht bei der Pkw-Klimatisierung nicht. Dafür ist der frühere FCKW-Bestand zu klein. Sein Höchstbestand von 2000 t R-12 im Jahr 1993 ist bereits 1996 von der metrischen Tonnage her durch R-134a übertroffen worden, und auch in der Klimawirkung sind die entsprechenden FCKW-Emissionen in wenigen Jahren durch R-134a überflügelt. Und dies sogar, wenn man für FCKW-Altanlagen 30% und für HFKW-Anlagen nur 10% jährliche Kältemittelverluste unterstellt.

Der Anstieg der Pkw-Klimatisierung hat in Deutschland (ich spreche hier nicht von den USA oder Japan) erst nach 1990 eingesetzt, mit einer unerwarteten Dynamik. Die Ausrüstungsrate der jährlichen Pkw-Neuzulassungen betrug 1992 erst 9%. Drei Jahre später - 1995 - lag sie bereits bei 24% und übertraf 1997 mit 52% erstmals die Hälfte aller Neuzulassungen. Der Anstieg setzt sich fort. 1998 waren es bereits 68%. Alle vorausgesagten Sättigungswerte für die Ausstattungsrate werden regelmäßig übertroffen. Wir nehmen an, daß die AC-Rate für Neuzulassungen in- und ausländischer Herkunft zusammen bis 2004 auf die hohe Rate von 87% steigt und dann längerfristig auf diesem Niveau bleibt. Ich bin mir aber nicht mehr so sicher, ob die Realität nicht auch diese Annahme wieder überholen wird.

Mit anderen Worten: Die historischen FCKW-Emissionen aus mobilen Klimaanlagen taugen nicht als Vergleichsmaßstab für die Abschätzung der künftigen treibhauswirksamen HFKW-Emissionen. Das heißt wiederum: Die prognostische Abschätzung der 134a-Emissionen aus Pkw-Klimaanlagen erfordert ein Modell mit dynamischen, nichtstationären Annahmen.

### Vorgehensweise und Annahmen der Emissionsprognose

Welches sind nun die wichtigsten Annahmen in unserer Studie? In Prognosen werden immer vereinfachende Annahmen gemacht, die durch die Realität nur mehr oder weniger bestätigt werden. Das Problem ist bei der Vorausschau auf 2010/2020 nicht, daß sie überhaupt Annahmen braucht, sondern daß diese offengelegt werden. Dieser Gesichtspunkt ist in einigen in jüngerer Zeit veröffentlichten Studien für die EU oder für einzelne EU-Länder unterbelichtet. Das ist schade, denn nur transparente Prognosen können von Außenstehenden kritisiert und somit weiterentwickelt werden.

In unserer Studie gingen wir folgendermaßen vor. Zunächst erfragten wir bei allen sieben inländischen Herstellern und allen 21 Importeuren mit über 8000 verkauften Pkw-Einheiten für sämtliche 1995 bis 1998 in Deutschland abgesetzten insgesamt 202 Modelle neben der Absatzzahl auch die jeweilige Klimatisierungsrate und entsprechende Anlagen-Füllmenge - von Alfa Romeo 145 bis VW Passat. Das war manchmal einfach, wenn ein Hersteller, wie etwa Toyota, für sämtliche Modelle eine einzige Klimaanlage einsetzt mit nur 0,65 kg Füllmenge. Das war komplizierter, wenn Hersteller in jedes Modell eine andere Anlage einbauen. Auf diese Weise, glauben wir, konnten wir den Trend der inländischen Pkw-Klimatisierung gut erfassen.

Bei ausländischen Marken stieg von 1995 bis 1998 die Klimatisierung von 12% auf 42%, bei inländischen Marken verlief sie auf höherem Niveau: von 30% auf 74%. Die spezifische Füllmenge sank bei ausländischen Marken von 0,77 auf 0,73 kg. Bei deutschen Marken war sie ebenfalls rückläufig, aber auf höherem Niveau. Sie sank von 0,86

auf 0,83 kg.

Der starke Trend zur Pkw-Klimatisierung der inländischen Neuzulassungen sowie der - immerhin merkliche - Trend zur Verkleinerung der Anlagen, das sind neben den vom VDA erhaltenen statistischen Werten der jährlichen Neuzulassungen und ihrer Aufteilung nach in- und ausländischen Marken die einzigen empirischen Werte, die in das Rechenmodell eingehen. Sie umfassen nur die Jahre vor 1998. Für die Folgezeit wurden bestimmte Annahmen gemacht. Diese sind folgende.

1. Die Neuzulassungen betragen bis 2020 jedes Jahr 3,6 Mio. Stück (Das ist der Mittelwert der Jahre 1995-1999).
2. Zwei Drittel der Neufahrzeuge stammen aus inländischer und ein Drittel stammt aus ausländischer Produktion (Das ist ebenfalls der Mittelwert der Jahre 1995-1999). Dieser Punkt ist insofern wichtig, weil sich die inländischen und ausländischen Marken hinsichtlich der Füllmenge der Klimaanlage nicht unbedeutend unterscheiden.
3. Die AC-Quote der Neuzulassungen erreicht bei inländischen Pkw-Marken 90% im Jahr 2001 und bleibt danach konstant. Bei ausländischen Marken beträgt der entsprechende Plateauwert 80% und gilt ab 2005. Der Durchschnittswert beträgt dann für Neuzulassungen 87%. Der gesamte Pkw-Bestand erreicht dieses Niveau 12 Jahre später, d.h. etwa 2016.
4. Die Lebensdauer einer neuen Klimaanlage beträgt 12 Jahre.
5. Die durchschnittliche Füllmenge neuer Anlagen sinkt bis 2010 wie bisher um jährlich 1%. Das bedeutet für die mittlere Füllmenge einen Rückgang von 0,86 auf 0,73 kg. Ab 2010 wird keine weitere Füllmengensenkung mehr erwartet.
6. Die laufende Emissionsrate beträgt konstant 10% auf den Bestand. Exakter: 10% auf die Summe aus dem halben Bestand des Vorjahres und dem halben Bestand des laufenden Jahres:  $10\% \times (0,5 \times \text{Bestand } n-1 + 0,5 \times \text{Bestand } n)$ .
7. Die Kältemittelverluste der Rückgewinnung bei der Altautoentsorgung betragen konstant 30%.

Die interessanten Annahmen sind sicherlich die unter 6. und 7. genannten über das Emissionsverhalten der Pkw-Klimaanlagen.

### **Konstante Emissionsraten von 10% bzw. 12,5%**

Mangels Messung (s.o.) gilt in unserem Modell eine laufende Emissionsrate von konstant 10% auf den angehäuften Kältemittelbestand. 10% pro Jahr entsprechen bei 12-jähriger Nutzung 120% Kältemittelverlust auf die Anlagenfüllung: z.B. zwei halbe Nachfüllungen als Emissionsausgleich und zwei Mal 10% Wartungsverlust. Wir halten das für eine Untergrenze. (Weitere Schätzungen der Emissionsrate siehe AFCE 1998; IPCC 2000; UNEP-RTOC 1998; Baker 1999; Preisegger 1999.)

Dazu kommen - 12 Jahre nach der Neuzulassung, also ab 2005 - Entsorgungsemissionen. Unterstellt werden Kältemittelverluste bei der Altautoverschrottung von konstant 30% auf die volle Anlage. Dies ist sicher ein heikler Punkt. Denn fast jeder weiß, wie wenig ernst bisher die Vorschrift der Altautoverordnung genommen wird, auch die Klimaanlage vor dem Shreddern ordnungsgemäß zu entleeren. Uns ist kein Demontagebetrieb bekannt, der überhaupt über ein geeignetes Absauggerät verfügt. Sicher gibt es unter den über 1000 inländischen Betrieben aber welche! Wir waren nun so optimistisch und haben angenommen, daß dies ab 2005 sehr viel besser ist, dann, wenn in großem Ausmaß Jahrgänge zur Verschrottung anstehen, die 134a als Erstbefüllung erhalten hatten und wenn die EU-Altautorichtlinie umgesetzt ist.

Andererseits sind wir nicht so blauäufig, um anzunehmen, Altagos würden dem Verwerterbetrieb mit frisch gefüllter Klimaanlage zugeführt. (Darum nehmen wir auch 30% Kältemittelverlust und nicht 70% Rückgewinnung an. Das ist ein Unterschied.) Es ist auch klar, daß sich zahlreiche Altagos der geordneten Verschrottung durch Gebrauchtwagenexport ins - östliche - Ausland entziehen, wo den Kältemitteln wenig Aufmerksamkeit zuteil wird. 30% Verschrottungsverlust scheint uns ab 2005 kein absolut unsolider Wert. Es ist übrigens der Wert, den der Inselstaat Japan bis 2010 für Kältemittel aus Altfahrzeugen anstrebt (Tujibayashi 1999).

Die Gesamtemissionsrate pro durchschnittlicher Klimaanlage beträgt somit 12,5%. Die 150%, von denen 120% im laufenden Betrieb und 30% bei der Entsorgung entweichen, sind auf 12 Jahre bezogen 12,5.

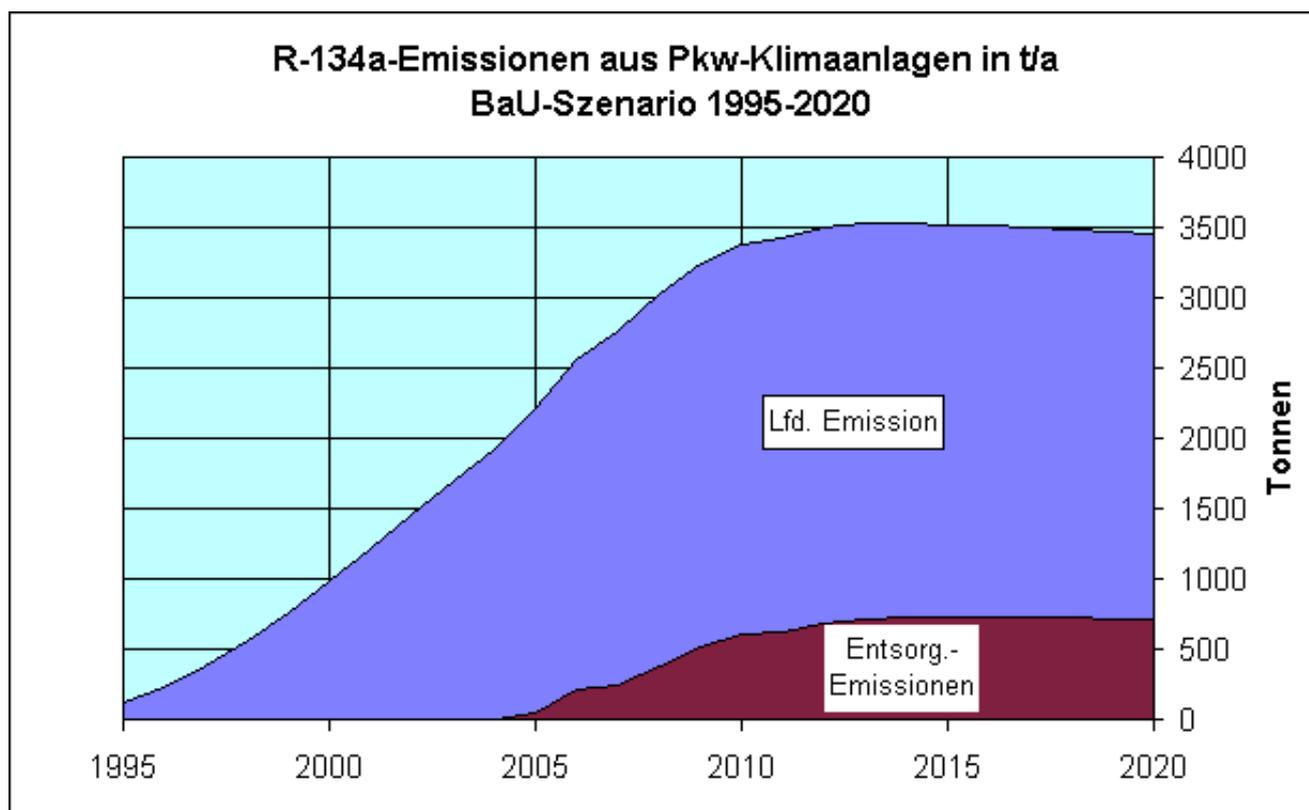
### Prognoseergebnisse für 1995 bis 2020 (Business-as-Usual)

In der grafischen Darstellung (siehe Diagramm 2 auf der nächsten Seite) für die Jahre 1995 bis 2020 zeigen die R-134a-Gesamt-Emissionen aus inländischen Pkw-Klimaanlagen eine zunächst (bis 2010) steil ansteigende Tendenz. Danach bleiben sie bis 2020 und danach grundsätzlich auf dem hohen Niveau.

Die laufenden Emissionen (10% auf den Kältemittelbestand) erreichen 2012 ihren Spitzenwert bei 2800 t. Die Kältemittelmenge im gesamten Fahrzeugbestand beträgt dann ca. 28 000 t. Danach sinken die laufenden Emissionen bis 2020 um über 50 t, weil der Effekt der Füllmengenverkleinerung noch weiterwirkt.

Die Entsorgungsemissionen (30% der Füllmenge des Verschrottungsjahrgangs) nehmen dagegen noch bis 2016 zu. Sie haben - den Modellannahmen gemäß - 12 Jahre nach der größten Jahreszufuhr von R-134a in neuen Klimaanlagen ihr Maximum. Das ist 2016/17 der Fall - bei über 700 t. Bis 2020 spielen sich die Entsorgungsemissionen auf 700 t ein.

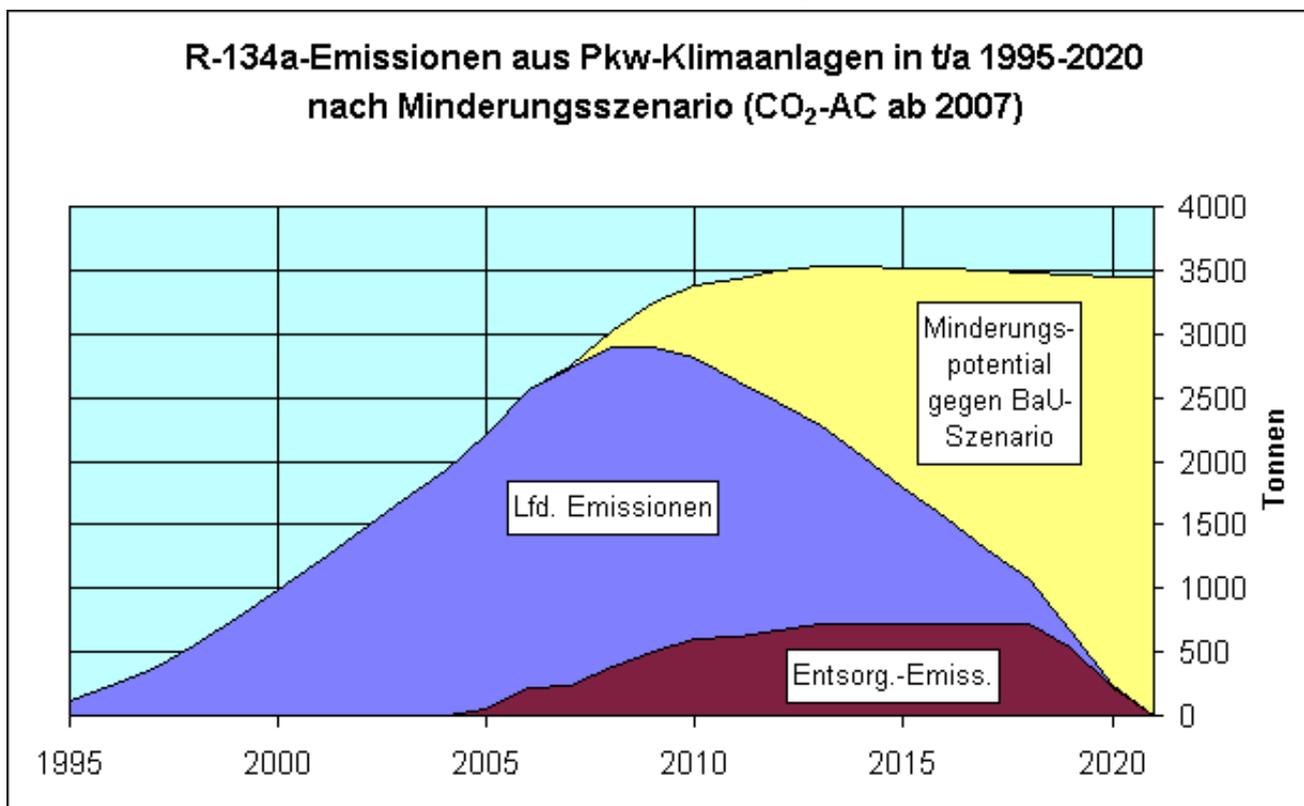
Die Gesamtemissionen (Gesamtrate: 12,5%) haben ihr Maximum zwischen 2012 und 2016. Sie gipfeln bei 3530 t im Jahr 2013. Das Erwärmungspotential dieser Emissionen beträgt dann 4,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. Diagramm 4).



**Diagramm 2. Laufende und Entsorgungs-Emissionen von R-134a aus Pkw-Klimaanlagen 1995-2020 in t/a nach BaU-Szenario in Deutschland. Die laufenden Emissionen (obere Fläche) erreichen 2012 einen Spitzenwert von über 2800 t. Die Entsorgungsemissionen (untere Fläche) setzen ab 2005 ein und steigen bis über 700 t im Jahr 2016. Die Gesamtemissionen gipfeln bei über 3500 t im Jahr 2013.**

### Minderungsszenario mit CO<sub>2</sub>-Pkw-Klimaanlagen ab 2007

Die Betriebsweise von Pkw-Klimaanlagen (Vibrationen, offene Verdichter, flexible Leitungen) setzt der Emissionsminderung von R-134a Grenzen. Verzicht auf die Klimaanlage mag vom Standpunkt des globalen Klimaschutzes die beste Lösung sein, ist aber unrealistisch, seit Klimaanlagen auch in Europa Massenprodukte sind (s. dazu Holdack-Janssen 1998). Als Ersatzkältemittel mit nur geringem direktem Treibhauspotential ist vor allem CO<sub>2</sub> aussichtsreich. Auf die technischen Details dieser Alternative wird hier nicht eingegangen. Es soll hier nur das Emissionsminderungspotential grafisch präsentiert werden, das aus einer durchaus denkbaren Serieneinführung im Jahr 2007 resultieren würde. Modellhaft wird unterstellt, daß innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren neue Klimaanlagen statt mit R-134a ausschließlich mit CO<sub>2</sub> in Neufahrzeugen installiert werden. Diagramm 3 zeigt das Minderungspotential ab 2007 gegenüber dem reinen R-134a-Modell.

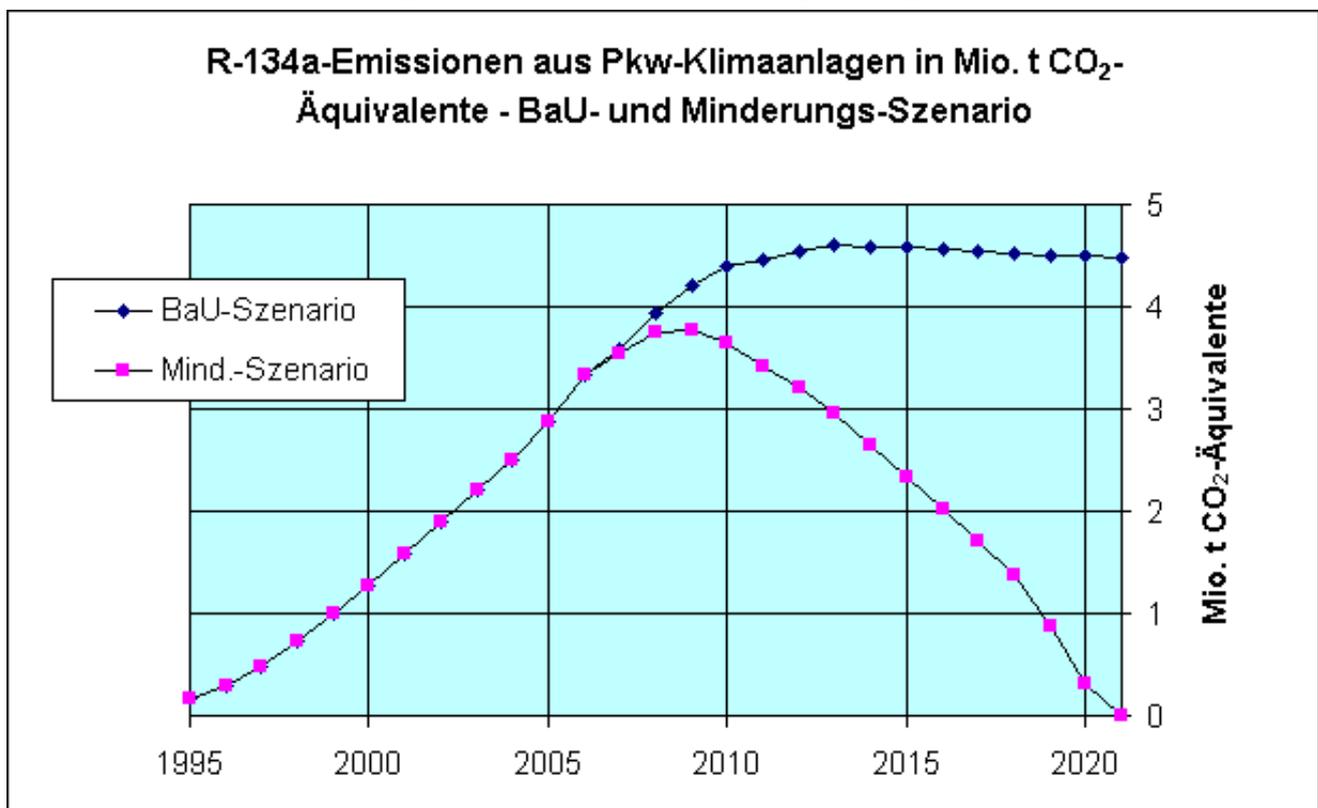


**Diagramm 3. Lfd. und Entsorgungsemissionen von R-134a aus Pkw-Klimaanlagen 1995-2020 in t/a nach Minderungsszenario. Mit umfassender Einführung von CO<sub>2</sub>-Anlagen ab 2007 sinken die lfd. R-134a-Emissionen (mittlere Fläche) ab 2009 kontinuierlich bis auf Null im Jahre 2021. Entsorgungsemissionen gibt es im selben Jahr auch nicht mehr. Der Abstand zu den Gesamtemissionen des reinen R-134a-Modells (gelbe Fläche) stellt das Emissions-Minderungspotential dar. Es erhöht sich bis 2010 auf fast 600 t, bis 2015 auf 1700 t und bis 2021 auf fast 3500 t.**

Die umfassende Serieneinführung von CO<sub>2</sub>-Pkw-Klimaanlagen als Ersatz für Anlagen mit R-134a kann in der Durchschnittsbetrachtung innerhalb von zwölf Jahren jährliche Kältemittlemissionen im Umfang von 3500 t zum Verschwinden bringen. Dieser Effekt wäre ab dem Jahr 2021 möglich.

### **Beitrag zum Treibhauseffekt: 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente oder Null**

Wie sich im Zeitverlauf zwischen 1995 und 2020 der Beitrag zum Treibhauseffekt durch die R-134a-Emissionen einmal nach dem reinen R-134a-Szenario und das andere Mal nach dem Minderungsszenario (CO<sub>2</sub>-Klimaanlagen ab 2007) entwickeln kann, zeigt Diagramm 4.



**Diagramm 4. R-134a-Emissionen aus Pkw-Klimaanlagen in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten nach Business-as-Usual- und Minderungs-Szenario. Der Unterschied zwischen dem Beitrag zum Treibhauseffekt durch die HFKW-Gesamt-Emissionen beginnt mit dem angenommenen Jahr der Umstellung 2007. Im reinen R-134a-Modell bleiben die Emissionen zwischen 2010 und 2020 auf ca. 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Im Minderungsmodell sinken sie nach 2009 innerhalb von 12 Jahren auf Null.**

Durch die Serieneinführung von CO<sub>2</sub>-Klimaanlagen für Pkw könnten ab dem Jahr 2021 treibhauswirksame Emissionen im Umfang von 4,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten eingespart werden. Das ist immerhin ein halbes Prozent der gesamten inländischen Treibhausgasemissionen - ein beachtlicher Posten angesichts der Tatsache, daß sich die treibhauswirksamen Gesamtemissionen aus einer Vielzahl von für sich genommen meist kleinen Einzelquellen speisen, die bei der notwendigen Reduktion der Treibhausgase alle auf Minderungsmöglichkeiten zu überprüfen sind.

#### Zitierte Literatur

- AFCE (Alliance Froid Climatisation Environment), Projection à 15 ans des émissions de HFC, Rapport d'étude par L. Palandre, D. Clodic, A.M. Pougin, mai 1998
- Baker, James A. (Delphi Automotive Systems, Inc): Mobile Air Conditioning: HFC-134a Emissions and Emission Reduction Strategies, in: Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs, Petten, 26-28 May 1999;
- Behr GmbH & Co.: Motorkühlung und Klimatechnik: Technische Innovation '97. Darin: Brigitte Taxis-Reischl, energieverbrauch von Klimaanlagen und Wege zur Verbrauchsreduzierung. Sonderdruck aus ATZ Automobiltechnische Zeitschrift, 99. Jg., Heft 9/97, S. VII-X;
- Holdack-Janssen, Hinrich: Entwicklung der Pkw-Klimatisierung, in: Ki Luft- und Kältetechnik 1/1998, 8 ff.;
- [IPCC 2000 = Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, accepted by the IPCC Plenary at its 16th session held in Montreal, 1-8 May, 2000. Chapter 3;](#)
- [Öko-Recherche \(Schwarz, W./Leisewitz, A.\): Emissionen und Minderungspotential von HFKW, FKW und](#)

SF6 in Deutschland, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, Oktober 1999.

- Preisegger, Ewald (Solvay Fluor und Derivate GmbH): Automotive Air Conditioning Impact of Refrigerant on Global Warming, in: Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs, Petten, 26-28 May 1999;
- Tujibayashi, Yoshiyuki (Nissan Motor Co., Ltd.), Action plan related to emission control of HFC134a refrigerant for automobile air-conditioning systems, in: Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs, Petten, 26-28 May 1999;
- UNEP-RTOC 1998 = UNEP 1998 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee, 1998 Assessment, Nairobi 1998.