

Trends beim Einsatz von HFKW in Fahrzeugklimaanlagen*

Andrew Lindley, Runcorn (GB), Karsten Schwennesen, Frankfurt

Veröffentlichungen verschiedener Organisationen erwecken den Eindruck, daß ein Verzicht auf HFKW das weltweite Treibhausproblem lösen oder es einem Land ermöglichen könnte, damit seine Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls ganz oder zumindest weitgehend zu erfüllen. Diese Behauptungen sind nicht zutreffend und führen zur Verwirrung über die wirklich wichtigen Aspekte in der Debatte um den Klimawandel.

Diese Arbeit soll einen Überblick geben über die prognostizierten HFKW-Emissionen aus Fahrzeugklimaanlagen und diese in Relation zur Erderwärmung setzen. Dabei werden Verbesserungen sowohl bei HFKW-134a-Anlagen und ihrer Wartung als auch der Einfluß von Rückgewinnung und Wiederaufarbeitung auf den Bedarf an HFKW-134a-Frischware berücksichtigt. Die Daten zeigen, daß ein Verzicht auf HFKW praktisch keinen signifikanten Umweltvorteil während der Ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls ergäbe.

zum Autor

Dr. Andrew Lindley,
Regulatory
Affairs Manager,
ICI Klea,
Runcorn (GB)



zum Autor

Dr. Karsten Schwennesen,
Market
Development
Manager,
Deutsche ICI
GmbH,
Frankfurt



Erderwärmungseffekte durch Emissionen während der Ersten Verpflichtungsperiode

Die prognostizierten Beiträge verschiedener Stoffe zur Erderwärmung sind in Bild 1 dargestellt. Verschiedene Versionen dieser Darstellung wurden in den letzten Jahren veröffentlicht. Sie zeigt, daß der bei weitem größte Beitrag durch die CO₂-Freisetzung bei der Energieerzeugung aus fossilen Energiequellen erbracht wird.

Weitere große Beiträge stammen vom Methan (CH₄) und von Stickoxiden (N₂O). Der Einfluß der bereits verbotenen FCKW und der HFKW ist ebenfalls deutlich erkennbar.

Der aus der Verwendung von HFKW resultierende Beitrag zur gesamten Erderwärmung bis 2012, dem Ende der Ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls, ist nahezu null. Die entsprechende Farbfläche ist in dieser Skala nicht erkennbar. Der Verzicht auf HFKW brächte somit in diesem Zeitraum keinen erkennbaren Vorteil für die Umwelt.

Die Größe des HFKW-Beitrags zur Erderwärmung wird erst erkennbar bei Verwendung einer gespreizten Skala, wie in Bild 2 dargestellt. Die linke Graphik hat dieselbe Skala wie in Bild 1. Die rechte Graphik zeigt die gleichen Daten bei einer stark gespreizten Skala. Der Beitrag der HFKW bis 2012 beträgt

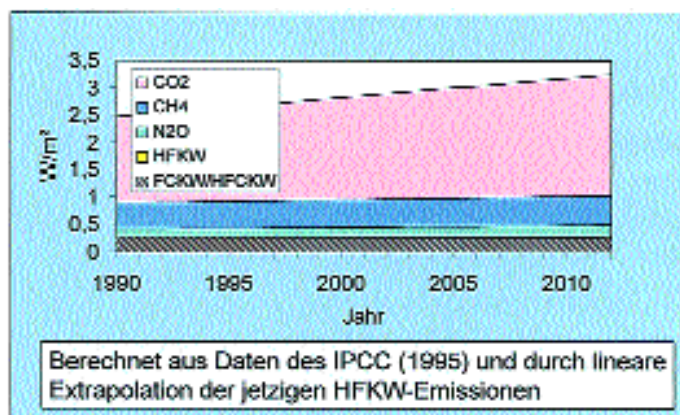


Bild 1
Emissionsbedingte
Klimawirksamkeit
während der Ersten
Verpflichtungsperiode

* Gehalten als Vortrag auf der European Automotive Air Conditioning Convention (EAAC) am 11./12.9.2000 in Frankfurt

weniger als 0,1% der durch den Menschen bewirkten Erderwärmung. Sogar bis 2050 würde bei verantwortungsvollem Umgang mit HFKW der Beitrag zur Erderwärmung lediglich 2% betragen.

Diese Initiativen unterscheiden sich deutlich von der Situation bei der Umstellung von FCKW 12 auf HFKW 134a Anfang der 90er Jahre. Damals war klar, daß der Verzicht auf FCKW 12 ein Kältemittel mit Ozonzerstörungspotential vollständig

Diese Ausarbeitung konzentriert sich auf den Einfluß, den verbesserte Anlagendichtheit und verstärkte Rückgewinnung auf die HFKW-Emissionen und auf den Bedarf an ungebrauchtem Kältemittel („Frischware“) haben werden. Dabei wird angenommen, daß HFKW 134a weiterhin das einheitlich verwendete Kältemittel in der Fahrzeugindustrie bleiben wird. Dadurch wird der Einfluß von Anlagenverbesserungen direkt deutlich. Große Potentiale zur Reduktion von Kältemittel-emissionen bestehen in reduzierten Füllmengen, verbesserter Dichtheit durch weiterentwickelte Komponenten, in optimierter Wartung mit Recycling und in der Rückgewinnung des Kältemittels bei der Verschrottung der Fahrzeuge.

Folgende Annahmen hinsichtlich spezifischer Verbesserungen werden als realistisch angesehen:

- Die Studie der „MACS Partnership“ vom März 2000 gibt eine Schätzung wieder, nach der die durchschnittlichen jährlichen Leckverluste pro Fahrzeug von 70 g/Jahr auf 40 g/Jahr reduziert werden können.
- Die Füllmengen werden weiter reduziert. Die durchschnittliche Füllmenge hängt in gewissem Maße vom Anteil der Kleinwagen mit Klimaanlage ab. Eine Füllmengenreduktion um 1% pro Jahr ist nicht unrealistisch.
- Daten aus den USA zeigen, daß durch bessere Qualität der Anlagen die Anzahl der erforderlichen Wartungen reduziert wird. Daraus resultieren geringere Kältemittelverluste bei Wartungsarbeiten.
- Verbesserte Verbindungen sind verfügbar. Diese reduzieren Kältemittelverluste wesentlich nicht nur im Betrieb, sondern auch bei Stillstand der Anlage. Dadurch wird ein Nachfüllen von Kältemittel seltener erforderlich. Lediglich eine geplante Wartung während der gesamten Nutzungsdauer eines Fahrzeugs wird für realistisch gehalten und neueste Entwicklungen lassen erwarten, daß noch weitere Verbesserungen möglich sind.

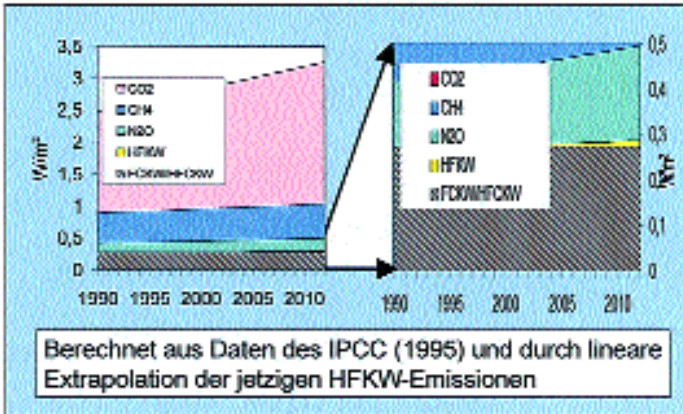


Bild 2
Emissionsbedingte Klimawirksamkeit während der Ersten Verpflichtungsperiode

Bemühungen der Industrie

HFKW haben ein Erderwärmungspotential und auch deswegen hat die Industrie seit ihrer Einführung daran gearbeitet, die Emissionen zu senken, die Dichtheit der Anlagen zu optimieren sowie Rückgewinnung und Recycling einzuführen. Die Geschwindigkeit der Fortentwicklung ist hoch und die in den vergangenen Jahren gemachten Prognosen über zukünftige Emissionen sind schon wieder überholt, da sie im Allgemeinen die bereits erfolgten oder geplanten Verbesserungen nicht berücksichtigen.

Die Fahrzeugklimaindustrie hat erkannt, daß Klimaanlage weiter verbessert werden müssen. Neben firmenspezifischen Projekten gibt es eine Reihe von industrieübergreifenden Initiativen, die den Beitrag von Fahrzeugklimaanlagen zur Erderwärmung zum Thema haben. Ein Beispiel ist die „MACS Voluntary Partnership“-Initiative zwischen SAE und EPA in den USA. Die Ziele dieser Initiative sind:

- Verbreitung verbesserter Entwicklungen und verbesserter Wartungsvorschriften zur Minimierung der Emissionen aus HFKW-134a-Anlagen.
- Zusammenarbeit bei Entwicklung und Erprobung der nächsten Generation von Fahrzeugklimaanlagen, die sowohl die Kundenanforderungen erfüllen als auch umweltverträglich, sicher, kostengünstig und zuverlässig sind.
- Information von Politik und Öffentlichkeit über die technischen Fortschritte.

eliminiert. Bei der Bewertung von HFKW-Anlagen heute muß die Industrie zunächst erst einmal feststellen, welche der verschiedenen Konzepte überhaupt einen Nutzen bei der Reduktion klimaschädigender Emissionen erbringen.

Dieses ist keine einfache Frage, da vielerlei Effekte in Betracht gezogen werden müssen wie:

- Welche HFKW-Daten werden als Ausgangspunkt herangezogen?
- Welche geographischen – und damit klimatischen Regionen – werden betrachtet?
- Welche Fahrzyklen werden betrachtet?
- Was für Rückgewinnungs- und Recyclingszenarien werden angenommen?
- Welches sind die unter Kostenaspekten effizientesten Lösungen?

Es gibt heute noch keine klaren Antworten. Sicher ist jedoch, daß Verbesserungen der HFKW-134a-Anlagen in jedem Fall ein Fortschritt sind.

Verbesserungen der HFKW-134a-Klimaanlagen

Beim Energieverbrauch der Anlagen sind beispielsweise Verbesserungen möglich durch reduzierte Wärmelasten und verbesserte Effizienz. Gerade bei geringen Emissionen von HFKW 134a ist der Vergleich des Energieverbrauchs der verschiedenen technischen Optionen sehr wichtig. Die Wahl der Testbedingungen kann dabei einen Einfluß auf das Ergebnis des Vergleichs haben. Verschiedene Quellen legen nahe, daß Energieeinsparungen in der Größenordnung von 10% bis 30% möglich sein könnten.

Verbesserungen bei Klimaanlage- und Rückgewinnung

Die Wartungspraxis im Bezug auf freiwillige Vorgaben oder gesetzlich geforderte Anforderungen ist in der EU unterschiedlich, wenngleich die Wartungsvorschriften in einer steigenden Anzahl von Mitgliedsländern überdacht werden. Deutschland und die Niederlande sind zwei Länder mit gut funktionierenden Regelungen, die bereits zu besserer Wartungspraxis und reduziertem Kältemittelbedarf geführt haben.

Die Rückgewinnung von Kältemittel bei der Verschrottung wird in der EU ab 2007 durch die Altfahrzeugrichtlinie erforderlich und ist bereits gängige Praxis in einigen Mitgliedsländern wie Deutschland und Niederlande. Weiterhin ist davon auszugehen, daß 70 % der jeweils in den Klimaanlagen vorhandenen Restmenge durch die Vorgaben in Japan zurückgewonnen werden. Die Rückgewinnung von Kältemittel bei der Verschrottung wird eine deutliche Reduzierung der Kältemittel-emissionen zur Folge haben.

Die grundlegenden Annahmen für die folgenden Prognosen stimmen mit den in der „MACS Partnership“ Studie von März 2000 geschilderten Verbesserungen überein und berücksichtigen die zukünftigen Vorgaben hinsichtlich der Rückgewinnung von Kältemitteln bei der Verschrottung. Von der Verwendung vollhermetischer HFKW-134a-Anlagen wird nicht ausgegangen, Verbesserungen in Technologie und Wartungspraxis sind jedoch berücksichtigt.

Prognose der Emissionen

Die in den folgenden Bildern dargestellten Szenarien basieren auf spezifischen Daten für die jeweils betrachteten Länder. Für jedes Jahr und jedes Land wurden die jährlichen Neuzulassungen, der Anteil der jeweils mit Klimaanlagen ausgestatteten Fahrzeuge, die Rückgewinnungsraten, und die jeweilige durchschnittliche Anlagenfüllmenge zugrundegelegt.

Für die Betrachtung des europäischen Marktes wurden Durchschnittswerte, ermittelt aus den Daten für die einzelnen Länder, zugrunde gelegt. Die für Europa angenommenen Werte sind am Beispiel von drei Jahrgängen in der folgenden Tabelle dargestellt.

	2000	2010	2020
Anteil der Kfz mit Klimaanlage	61 %	84 %	84 %
Jährliche Kältemittelverluste pro Fahrzeug	85 g	50 g	45 g
Durchschnittliche Füllmenge	730 g	680 g	620 g
Rückgewinnung bei Verschrottung	25 %	70 %	70 %

Tabelle 1
Daten für Europa

Die wesentlichen Annahmen für Europa sind:

- Der Anteil der mit Klimaanlagen ausgerüsteten Fahrzeuge steigt bis 2010 und stagniert danach auf dem erreichten Niveau.
- Kältemittelverluste durch Leckagen werden reduziert.
- Füllmengen werden reduziert.
- Rückgewinnung und Recycling werden zunehmend praktiziert.

Wie bereits gesagt, ist der Markt für Klimaanlagen innerhalb Europas unterschiedlich. Aufgrund der geschilderten Annahmen können für die verschiedenen Länder spezifische Emissionsprognosen geschätzt werden. Die folgenden Bilder geben einen Überblick über die zu erwartenden HFKW-Emissionen aus Fahrzeugklimaanlagen in Großbritannien, Deutschland und Italien. Auch eine Abschätzung für ganz Europa wird dargestellt.



Bild 3 Abschätzung der jährlichen R 134a-Emissionen aus Kfz-Klimaanlagen in Großbritannien

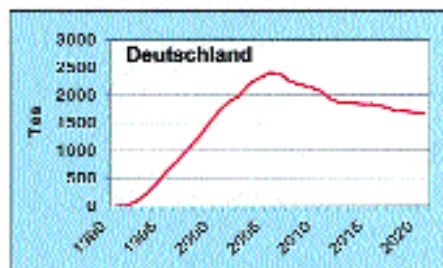


Bild 4 Abschätzung der jährlichen R 134a-Emissionen aus Kfz-Klimaanlagen in Deutschland

Bild 3 veranschaulicht das Szenario für Großbritannien. Der Anteil der mit Klimaanlagen ausgestatteten Fahrzeuge ist in Großbritannien in den vergangenen Jahren sehr rasch gestiegen. Einige Prognosen über zu erwartende Emissionen haben Bedenken geweckt, daß die Emissionen über die Erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls hinaus weiter steigen würden. Aus der hier dargestellten Prognose geht jedoch klar hervor, daß die Emissionen nach 2007 selbst ohne große technologische Veränderungen nicht weiter ansteigen werden.

Aufgrund derselben Annahmen für Deutschland und unter Berücksichtigung der Charakteristika des deutschen Marktes wird erwartet, daß die Emissionen im Jahr 2007 bei etwa 2500 Tonnen HFKW 134a ihr Maximum erreichen und danach zu sinken beginnen (Bild 4). Diese Prognose zeigt ein niedrigeres und früheres Maximum als das in einer Studie für das Umweltbundesamt von Dr. Winfried Schwarz und Dr. André Leisewitz 1999 prognostizierte Szenario. Der wesentliche Unterschied ist die Annahme, daß die jährlichen Leckraten geringer als die von Schwarz und Leisewitz angenommenen 10 % sein werden.

Der wichtige Aspekt der hier vorgelegten Projektion ist nicht der absolute Betrag der Emissionen – ohne Zweifel wird es hierzu auch abweichende Meinungen geben. Zu beachten ist vielmehr, daß es ein klar begrenztes Maximum geben wird und daß in der Zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls ab 2010 die Emissionen wieder sinken werden als Folge verbesserter Anlagendichtheit und besserer Wartungspraxis.

Die in Bild 5 dargestellte Prognose der Emissionen für Italien zeigt einen ähnlichen Verlauf mit einem Maximum im Jahre 2007. Danach werden unter dem Einfluß der Altfahrzeugrichtlinie die Emissionen bei der Verschrottung sinken.



Bild 5 Abschätzung der jährlichen R 134a-Emissionen aus Kfz-Klimaanlagen in Italien

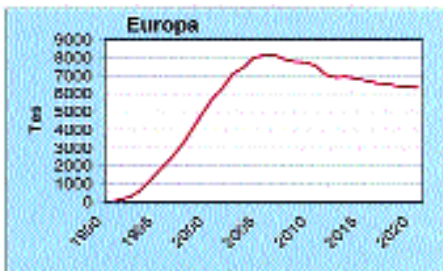


Bild 6 Abschätzung der jährlichen R 134a-Emissionen aus Kfz-Klimaanlagen in Europa

Die Anwendung dieser Annahmen auf die gesamte europäische Union ergibt sich aus Bild 6. Dieses ist der von March Consulting in einem Bericht für die Europäische Kommission 1998 geschilderten Prognose sehr ähnlich. In der hier vorliegenden Betrachtung wurden höhere Marktanteile für mit Klimaanlage ausgestattete Fahrzeuge angenommen. Dieses wird jedoch ausgeglichen durch Berücksichtigung verbesserter Anlagendichtheit, die vor Jahren noch nicht erwartet wurde.

Die Emissionen betragen im Jahre 2020 weniger als 0,3% der gesamten europäischen Treibhausgasemissionen. Es sei weiterhin darauf hingewiesen, daß die Fahrzeugindustrie eine ganze Reihe von Initiativen unternimmt mit dem Ziel, den Gesamtausstoß aller Treibhausgase aus Fahrzeugen zu reduzieren. Anstrengungen zur Verbesserung der Klimaanlagen sind daher auch im Kontext umfassenderer Maßnahmen zu sehen.

Einfluß der Rückgewinnung bei der Verschrottung

Bild 7 beleuchtet einen anderen sehr interessanten Aspekt, nämlich die signifikante Steigerung der Rückgewinnung bei der Verschrottung. Diese resultiert aus der Altfahrzeugrichtlinie in der EU (ab 2007) und aus dem Ziel in Japan, 70% des Kältemittels ab 2010 aus alten Fahrzeugen zurückzugewinnen. Es ist zu erwarten, daß eine große Menge HFKW 134a für Servicearbeiten an Fahrzeugklimaanlagen aus der Rückgewinnung bei der Verschrottung verfügbar sein wird.

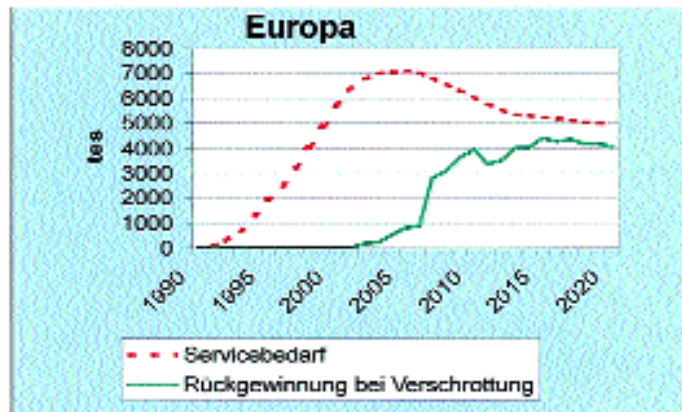


Bild 7 Mengenabschätzung für den Kfz-Servicebedarf und für aus Kfz zurückgewonnenes R 134a

Hier wird deutlich, daß durch die Rückgewinnung bei der Verschrottung tatsächlich etwa 80% des für Wartungsarbeiten an Fahrzeugklimaanlagen benötigten HFKW 134a bereitgestellt werden können. Dies ist eine beachtliche Menge und reduziert den Bedarf an „Frischware“ für den Servicebereich deutlich. Es ist zu erwarten, daß die Rückgewinnung bei der Verschrottung einen großen Einfluß auch auf anderen Märkten wie den USA haben wird. Der weltweite Bedarf an HFKW 134a Frischware wird somit stark reduziert.

Der hier gezeigte Bedarf für den Servicebereich entspricht etwa der während des Betriebs aus Fahrzeugklimaanlagen emittierten Menge.

Zusammenfassung

Die Dichtheit von Fahrzeugklimaanlagen wurde bereits wesentlich verbessert. Weitere Anlagenoptimierungen, verbesserte Wartung und Rückgewinnung bzw. Recycling werden Kältemittelmmissionen weiter reduzieren. Bei der Betrachtung verschiedener Konzepte sollten auch die Vorteile verbesserter Energieeffizienz von HFKW-Anlagen berücksichtigt wer-

den. Die Prognosen zeigen, daß die Kältemittelmmissionen aus dem Fahrzeugbereich während der Zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto Protokolls sinken werden, und zwar selbst unter der Annahme, daß HFKW 134a weiterhin in allen Klimaanlagen eingesetzt wird. Die verstärkte Kältemittelrückgewinnung bei der Verschrottung von Fahrzeugen wird den Bedarf an HFKW-134a-Frischware für den Wartungsbereich stark reduzieren. Nicht zuletzt sollten HFKW-Fahrzeugklimaanlagen auch im Kontext der gesamten Fahrzeugemissionen betrachtet werden. Die Industrie entwickelt bereits Konzepte zur Reduktion der Gesamtemissionen. □