

# Kältemittel in Fahrzeugklimaanlagen

Gabriele Hoffmann, Dr. Wolfgang Plehn,  
Umweltbundesamt

# Statements Umweltpolitik und -behörde

Juni 2009: Sigmar Gabriel, Bundesumweltminister

„Mit CO<sub>2</sub> steht eine umweltfreundliche Alternative zu R134a zur Verfügung und sie ist in der Praxis erprobt. Wenn die deutsche Autoindustrie auf ein ganz anderes Kältemittel setzt, das von den zuständigen Instanzen noch gar nicht auf seine ökologischen und gesundheitlichen Risiken geprüft ist, dann lässt sie sich auf ein hohes wirtschaftliches und technisches Abenteuer ein.“

September 2012: Jochen Flasbarth, Präsident des Umweltbundesamtes:

„Nun muss sich die Autoindustrie umgehend um eine langfristig umweltverträgliche Lösung kümmern. Wir raten hier dringend dazu, das natürliche Kältemittel CO<sub>2</sub> einzusetzen.“



Supermarktkälteanlagen  
in Europa über  
1.500 transkritische CO<sub>2</sub>-Anlagen  
1.000 CO<sub>2</sub>-Kaskadenanlagen

Kühlschränke und  
Getränkeautomaten mit CO<sub>2</sub>  
in Europa über 4.000 Stück



Heißwasser-Wärme-  
pumpen mit CO<sub>2</sub>  
Mehrere 10.000 in Japan

G-Snack vending machine Foto © Sanden Vendo Europe 2013

ECO Cute - CO<sub>2</sub> domestic hot water heat pump system Foto © Sanden 2013

# Exkurs mobile CO<sub>2</sub>-Kälteanlagen

Mobile CO<sub>2</sub>-Kälteanlage  
Einkammersystem



Mobile CO<sub>2</sub>-Kälteanlage  
Zweikammersystem



Seecontainer mit  
CO<sub>2</sub>-Kühlung im Feldtest



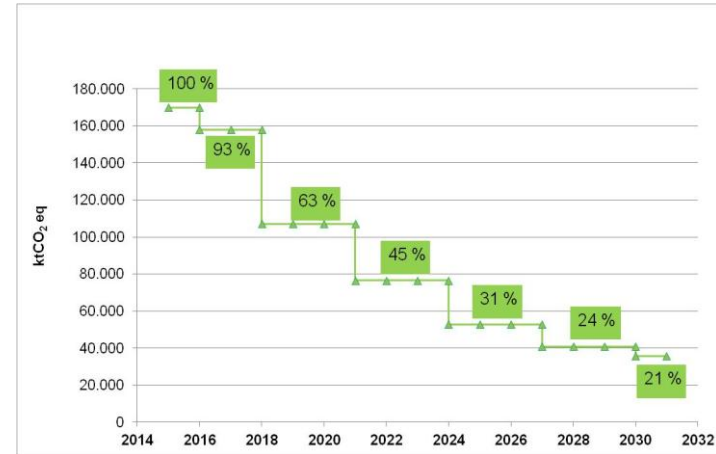
Mobile CO<sub>2</sub>-Kälteanlage im  
Feldversuch



# Verordnungsvorschlag EU F-Gas-Verordnung

Enthält drei Kernelemente:

1. Einführung einer schrittweisen Beschränkung der auf dem Markt verfügbaren Mengen an teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW) – „phase down“
2. Erlass von Verwendungs- und Inverkehrbringungsverboten
3. Beibehaltung und Ergänzung der Regelungen zu Dichtheitsprüfungen, Zertifizierung, Entsorgung und Kennzeichnung



UBA-Bericht



EPA-Network Schreiben an EU-Kommissare

# Exkurs mobile CO<sub>2</sub>-Klimatisierung



Foto © Konvekta-2010

36 Busse mit CO<sub>2</sub>-Klimaanlage in Deutschland



Foto © Konvekta 2013

Wärmepumpe im Bus seit 2010 im Feldtest

CO<sub>2</sub>-Anlage mit Wärmepumpe in elektrisch angetriebenem Regionalzug



Foto © UBA/ G. Hoffmann 2012

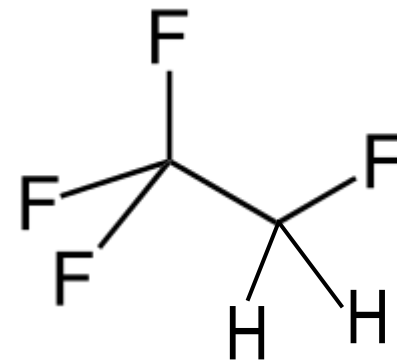
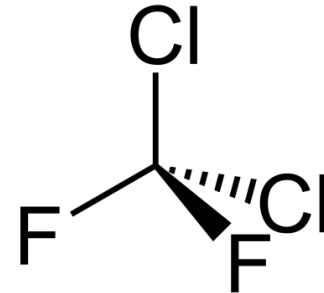
# Umwelteffekte von Klimaanlage

## Energieverbrauch durch Betrieb der Klimaanlage

- ✓ Messverfahren in der EU in Entwicklung und Erprobung an einzelnen Pkw

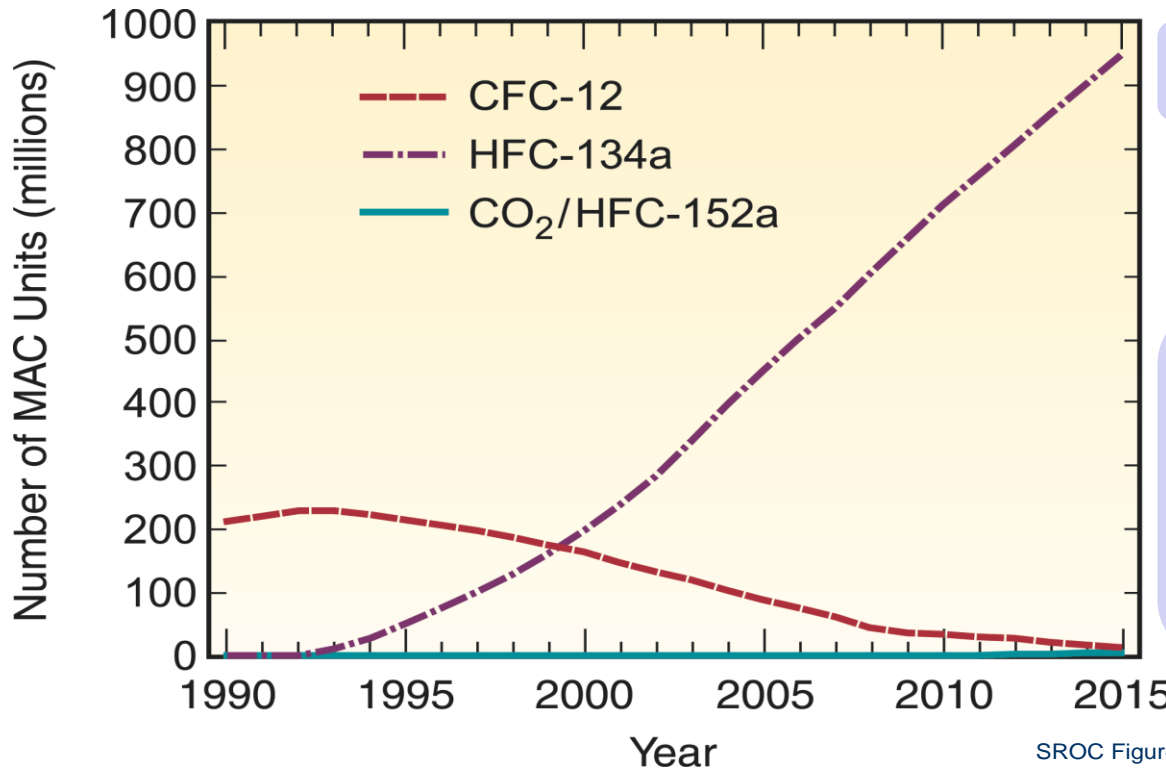
## Kältemittel

- I. FCKW R12 (Dichlordifluormethan)  
Ozonschicht schädigend
  - ✓ Montrealer Protokoll  
seit 1995 R12-Ersatz notwendig
- II. HFKW R134a (Tetrafluorethan)  
Treibhauspotential  $GWP_{100} = 1430$ 
  - ! Kyoto-Protokoll, EU Minderungsziele



# MAC: Anzahl von Pkw mit Klimaanlage weltweit

Mobile Air Condition fleet evolution from 1990 to 2015 in the BAU scenario

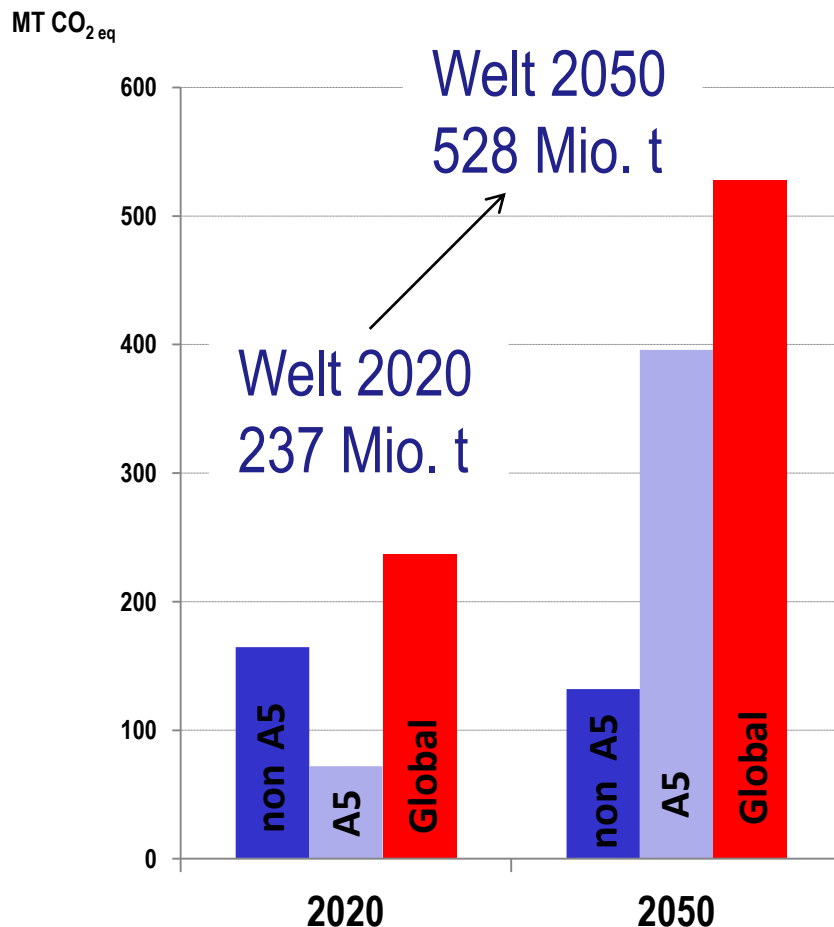


2015: 1 Milliarde MACs

2010: 1 Milliarde Pkw  
Schätzungen für  
2030: bis 2 Milliarden  
Fahrzeuge

SROC Figure TS -11

# MAC – Prognose der weltweiten Emissionen

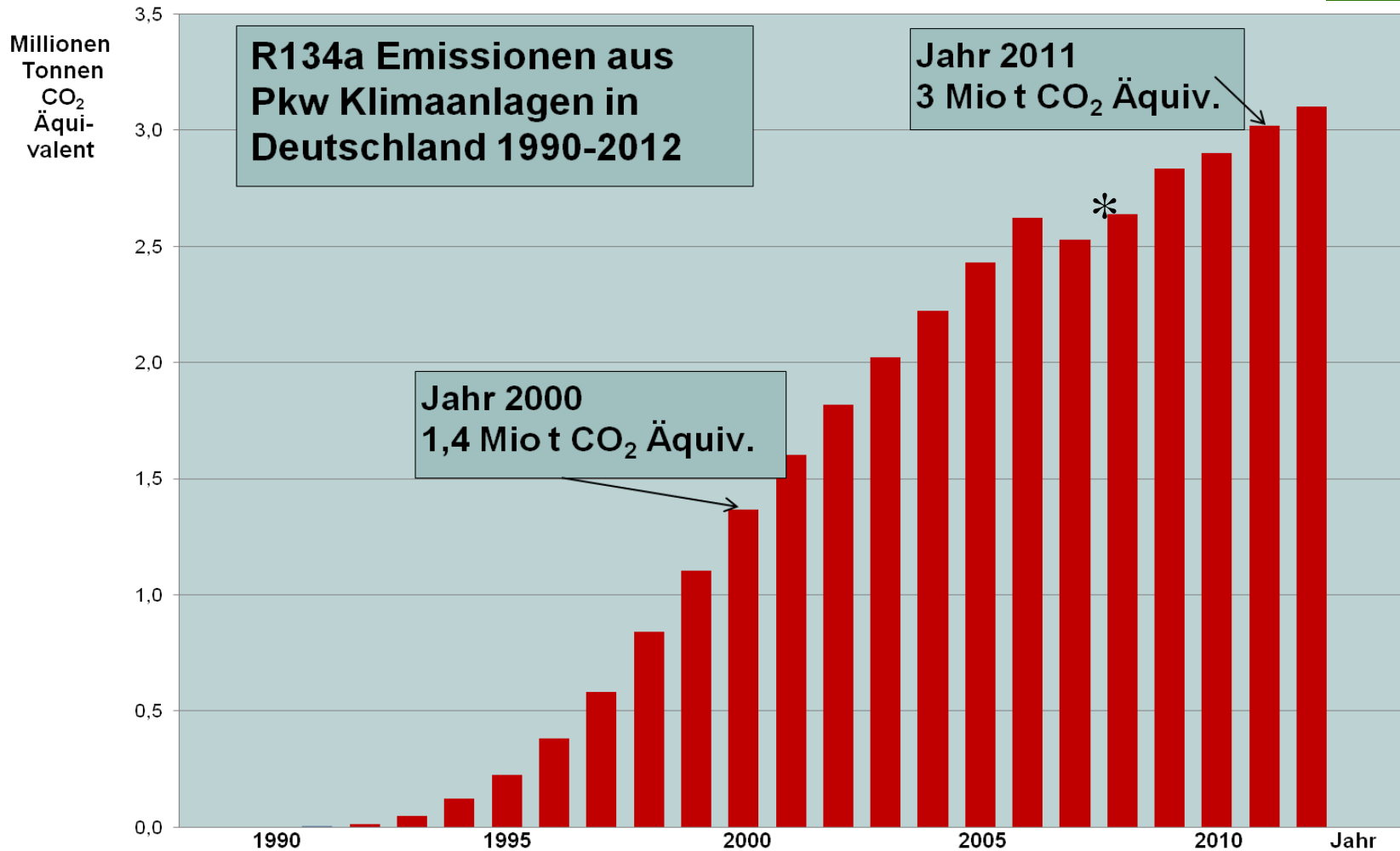


HFKW-Emissionen aus MAC  
in Megatonnen (Mt) CO<sub>2</sub>-Äquivalenten  
BAU(Business As Usual)-Szenario

non A 5 = Industrieländer  
A5 = Entwicklungsländer

Daten aus Gschrey, Barbara; Schwarz, Winfried. Projections of global emissions of fluorinated greenhouse gases in 2050. Climate Change Vol. 17/2009 und UNEP Technology and Economic Assessment Panel. Task Force Decision XX/8 Report: Assessment of Alternatives to HCFCs and HFCs and Update of the TEAP2005 Supplement Report Data. Nairobi, Kenya : UNEP, Mai 2009. (Grafik © UBA 2011)

# R134a Emissionen aus Pkw in Deutschland



\*) Bezugsgröße verändert (durch Änderung Statistik KBA)

# MAC-Richtlinie

Richtlinie 2006/40/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates über Emissionen aus Klimaanlage in Kraftfahrzeugen und zur Änderung der RL 70/156/EWG vom 17. Mai 2006

- **gilt nur für (Straßen)Fahrzeuge und nur für Pkw der Klasse M<sub>1</sub>: Pkw bis 8 Sitzplätze und Fahrer und Klasse N<sub>1</sub>, Gruppe I: leichte Nutzfahrzeuge mit Gewicht < 1.305 t**
- **verbietet Klimaanlage mit F-Gasen mit einem GWP > 150**  
ab **1. Januar 2011** für neue Fahrzeugtypen,  
ab **1. Januar 2017** für alle neuen Fahrzeuge der genannten Klassen
- Dichtheitsvorgaben für F-Gas-Klimaanlagen, Test: VO(EG) 706/2007/KOM
- ändert die EG-Typgenehmigungsrichtlinie (neue Fassung 2007/46/EG)
- ist in Deutschland in der StVZO §§ 47e und 72 geregelt

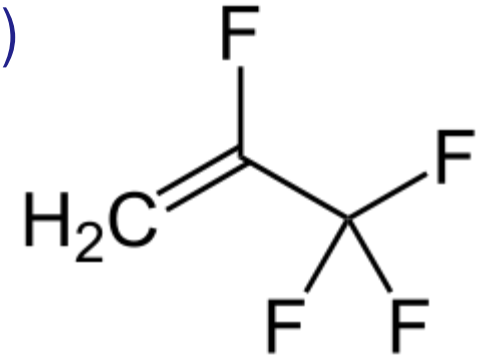
# Umsetzung der EU-MAC-Richtlinie

Umsetzung der MAC-Richtlinie erfolgt bisher nur verzögert

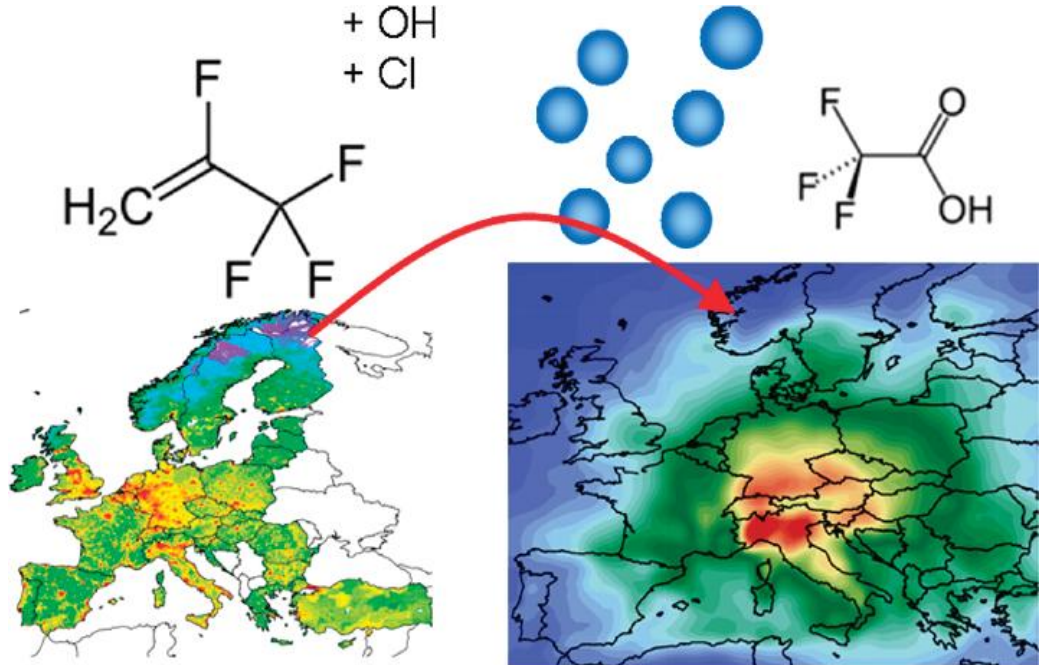
- I. ab 2006 sog. „Low-GWP“-Kältemittelmischungen untersucht (z.B. Fluid H, DP-1, JDH, AC1) und wieder verworfen
- II. späte Entscheidung für 1234yf (VDA erst 2010)
- III. Ausnahmen bis Ende 2016 für Einzel-Pkw und Kleinserien
- IV. viele Typgenehmigungen vor 1. Januar 2011
- V. Plattformentwicklung für lange Typbeibehaltung genutzt
- VI. Nichtverfügbarkeit von 1234yf, EU-KOM duldet Einfüllung von R134a bis 31. Dezember 2012
- VII. Rücktypisierung neuer Pkw-Typen auf alte Pkw-Typen
- VIII. 31. Oktober 2013: 78.581 Pkw in D mit 1234yf-Klimaanlage

# Kältemittel R1234yf (2,3,3,3-Tetrafluorpropen)

- ✓ kleines  $GWP_{100} = 4$
- brennbar, bildet stark ätzende Flusssäure (HF)
- Langzeittoxizitätstest fehlt
- chemisch instabil, Abbauprodukt TFA
- hohe Herstellungsenergie, teuer
- HFCKW als Zwischenprodukte
- bisher (2013) nur kleine Mengen verfügbar, Patente, Explosionsschutz in der Werkstatt, Entsorgung aufwendig
- R134a-Klimaanlage wurde adaptiert, daher irreguläres Nachfüllen mit R134a möglich
- ✓ Energieeffizienz akzeptabel
- Heizen mit Wärmepumpe nur bis  $0^{\circ}\text{C}$  (max.  $-5^{\circ}\text{C}$ ) möglich



# 1234yf – Atmosphärische Abbauprodukte



Bildung von  
Trifluoressigsäure  
 $\text{CF}_3\text{COOH}$  (TFA)  
in der Atmosphäre

TFA-Niederschlagsmenge aus R1234yf-Emissionen  
europäischer MACs:  
18 600 Tonnen/Jahr  
6.400 t/a nach Europa, 2/3 weltweit verteilt

Studien Nordamerika:  
3-5 fache TFA-Erhöhung im  
Niederschlag  
30-400 fache TFA-Erhöhung  
in saisonalen Gewässern

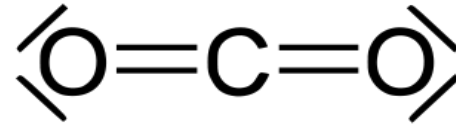
Quelle: Stephan Henne, Dudley E. Shallcross, Stefan Reimann, Ping Xiao, Dominik Brunner, Simon O'Doherty, and Brigitte Buchmann:  
*Future Emissions and Atmospheric Fate of HFC-1234yf from Mobile Air Conditioners in Europe*. Environmental Science & Technology,  
American Chemical Society Feb 1, 2012, Copyright © 2012, American Chemical Society

# 1234yf – Sicherheitsfragen

- 25.09.2012 1234yf brennt im Real-Life-Test: Daimler schließt Einsatz von 1234yf aus
- KBA informiert EU-KOM über Sicherheitsprobleme
- März 2013: Daimler AG, VW und BMW wollen CO<sub>2</sub> einführen
- KBA August 2013: R1234yf unsicherer als R134a  
“Hersteller sind für die Sicherheit ihrer Produkte verantwortlich”
- September 2013: Toyota verzichtet zunächst ebenfalls auf 1234yf
- Herbst 2013 neue Kältemittelmischung AC6 GWP<sub>100</sub>=130 in der Diskussion

# Kältemittel CO<sub>2</sub> (R744)

- ✓ kleiner  $GWP_{100}=1$
- ✓ nicht brennbar
- ✓ nicht toxisch
- ✓ chemisch stabil
- ✓ keine Abbauprodukte
  
- ✓ Energie zur Kältemittelgewinnung klein
- ✓ Kältemittel billig, weltweit verfügbar
  
- neue Anlagentechnik nötig
  
- ✓ Energieeffizienz vergleichbar mit R134a
- ✓ Heizen mit Wärmepumpe sehr effizient bis  $-20^{\circ}\text{C}$



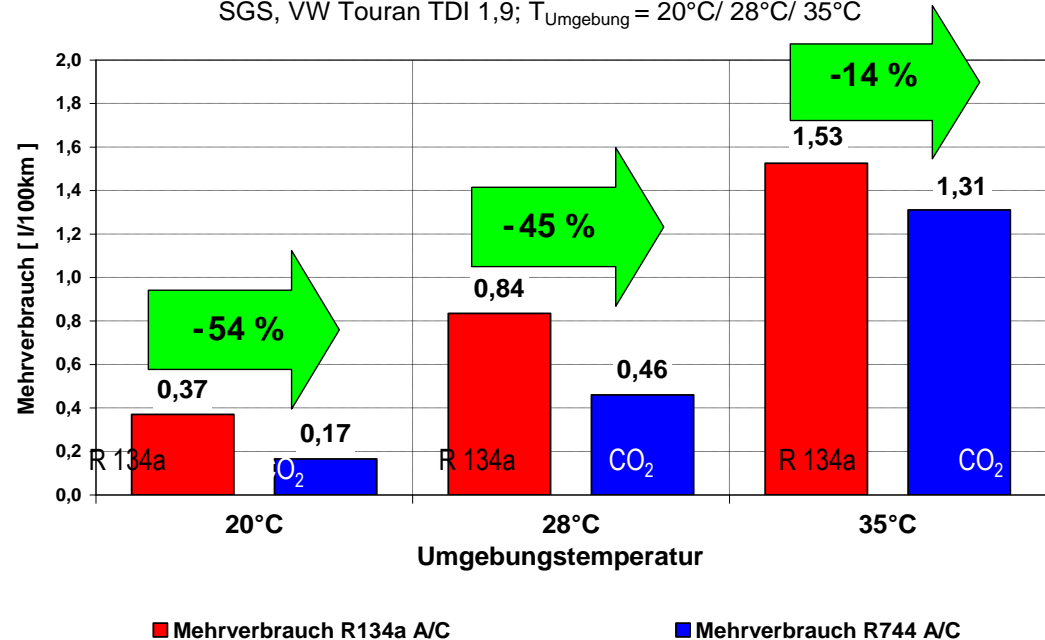
# Kältemittel CO<sub>2</sub> (R744) – UBA Pkw



UBA-Pkw seit 2009  
135.000 km gefahren

## NEFZ Verbrauchstest R134a versus R744

SGS, VW Touran TDI 1,9; T<sub>Umgebung</sub> = 20°C/ 28°C/ 35°C



Quelle: Graz, M. Investigation on Additional Fuel Consumption for a R134a and R744 AC-System in a VW Touran. VDA Alternate Refrigerant Wintermeeting, Saalfelden 11.02.2009

# CO<sub>2</sub> (R744) – Elektro-Autos

CO<sub>2</sub>-Kühl/Heiz Modul für E-Autos entwickelt in 3.Generation (2012)



Foto © UBA 2011

2. Generation 2011 getestet im Mitsubishi i-MiEV, 50% besser als PTC Heizer bei -7°C

Foto © UBA 2011



Foto © UBA 2012

Bei -10°C: Reichweite  
110 km elektrisch beheizt  
150 km Wärmepumpe  
180 km WP+ Umluftbetrieb

(Quelle: Konvekta 2012)

Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit



Kontakt:  
[wolfgang.plehn@uba.de](mailto:wolfgang.plehn@uba.de)  
[gabriele.hoffmann@uba.de](mailto:gabriele.hoffmann@uba.de)

Foto © Hoffmann/UBA 2009