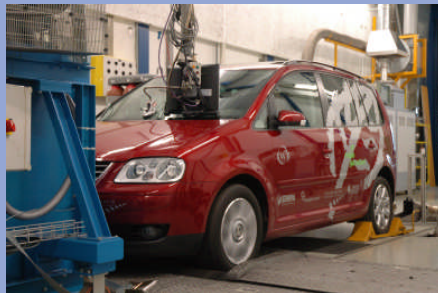


## Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten in aktuellen Personenwagen

Untersuchung der Emissionen von aktuellen Personenwagen mit konventionellen und direkteingespritzten Benzinmotoren, Dieselmotoren mit und ohne Partikelfilter, sowie Erdgasmotoren



## Wichtigste Ergebnisse in der Übersicht

Lufthygienische und klimarelevante Betrachtung

- Die Fahrzeuge sind aufgrund technologischer Weiterentwicklung sauberer geworden. Bei immer sauberer werdenden Fahrzeugen rückt die Emission von Treibhausgasen immer mehr in den Vordergrund.
- Trotz sinkender Abgasemissionen ist die Belastung der Atemluft durch Feinstaub und Ozon keinesfalls gelöst.
- Am saubersten schneiden Erdgasautos ab. Sie verursachen 21 Prozent niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen als Benzin- und 11 Prozent weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen als Dieselfahrzeuge und haben den geringsten Beitrag zur Ozonbildung.
- Schlecht sehen die Resultate für Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter aus. Dies unterstreicht die Forderung nach Partikelfilter für Dieselfahrzeuge



# Untersuchte Fahrzeuge

Zulassung nach Euro-4

## Konventionelle Benzinfahrzeuge

- Ford Mondeo 2.5
- Audi A4 3.0
- Seat Ibiza 1.2
- VW Polo 1.0
- Audi A3 1.6
- Mazda 3 2.0
- Opel Zafira 2.2
- Mercedes-Benz S 350 L 3.7
- Opel Astra 1.4
- VW New Beetle 1.6
- Volvo XC90 2.5
- Opel Corsa 1.8
- VW Passat 2.0
- BMW 330i 3.0

## Benzinfahrzeuge mit Direkteinspritzung

- VW Touran FSI 1.6
- Toyota Avensis 2.0

## Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter

- Opel Meriva 1.7
- VW Touran 2.0
- Opel Corsa 1.2
- Audi A3 2.0
- Seat Altea 2.0
- Honda Accord 2.2
- VW Golf 1.9

## Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter

- Toyota Avensis 2.0
- Opel Vectra
- VW Passat
- Peugeot 307 2.0
- Mercedes A 180 2.0
- BMW 530 3.0

## Erdgasfahrzeuge

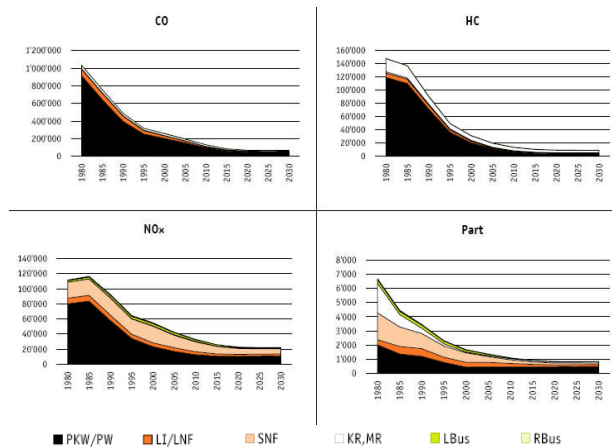
- VW Touran Ecofuel
- Fiat Multipla Bifuel
- Opel Zafira CNG



# Schadstoffemissionen

Noch ein Problem?

Die verkehrsbedingten Schadstoffemissionen nehmen gesamtschweizerisch gesehen deutlich ab.



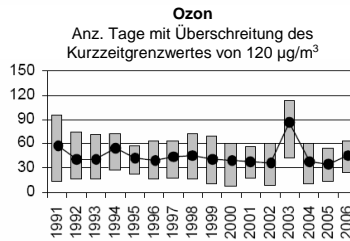
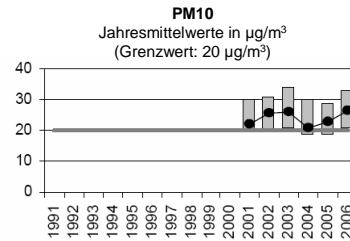
# Schadstoffemissionen

## Noch ein Problem?

Im Gegensatz zu den Emissionswerten nehmen die Immissionswerte in den Städten beim Feinstaub und dem Ozon kaum ab.

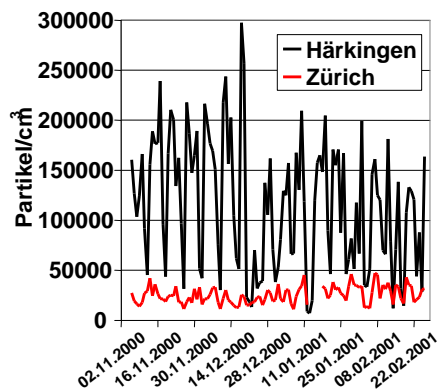
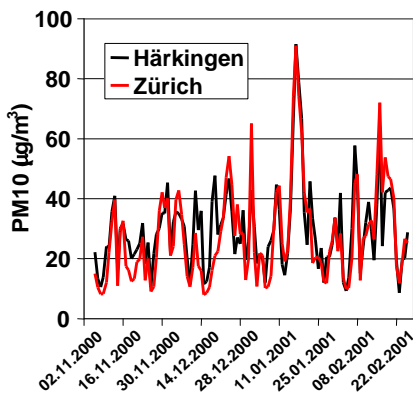
### Gründe:

- Partikelemissionen aus Verbrennungsmotoren sind so klein, dass sie nur sehr wenig zu der Masse (PM10) beitragen. Problematisch ist die hohe Anzahl von sehr kleinen Partikeln (<300 nm)
- Die Ozonbildung hängt nicht primär von der Konzentration sondern vom Vorhandensein von Vorläuferschadstoffen ab (Kreisläufe).



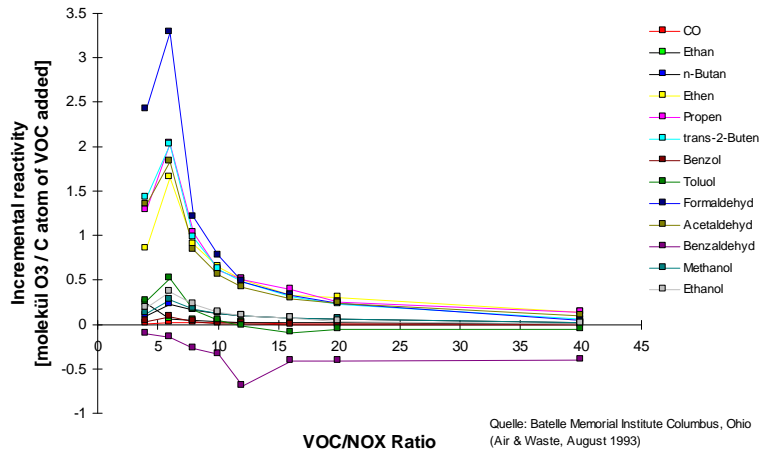
# Partikelemissionen

## PM10 und Partikel



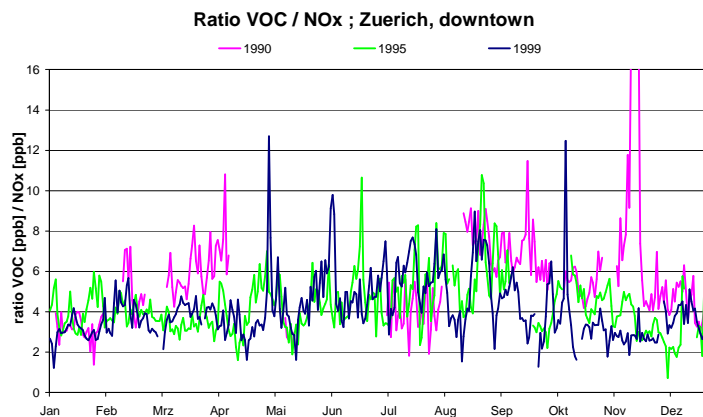
## Problem Ozon

### Ozonerhöhungsreaktivität der Kohlenwasserstoffe



## Problem Ozon

### Ozonerhöhungsreaktivität der Kohlenwasserstoffe



## Problem Ozon

Ozonerhöhungsreaktivität der Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoff	Max. Ozonbildungsreaktivität MIR [g O <sub>3</sub> /g H <sub>n</sub> C <sub>m</sub> ]
Methan	0.0148
Propan	0.48
Propen	9.40
1,3-Butadien	10.89
Benzol	0.42
Toluol	2.73
Formaldehyd	7.15
Acetaldehyd	5.52

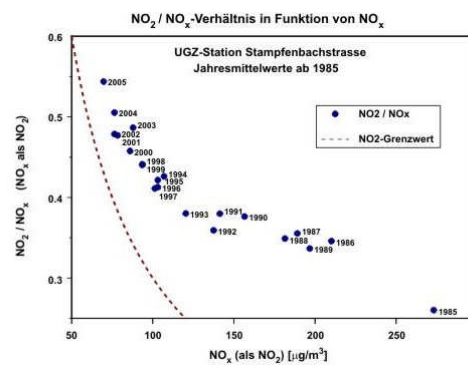
## Ozonbildung

Stickoxide = Stickstoffmonoxid + Stickstoffdioxid

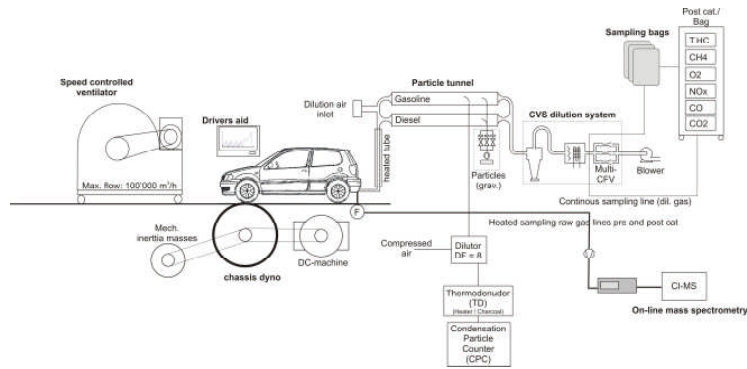
Die Stickoxidemissionen von Verbrennungsmotoren bestehen hauptsächlich (>90%) aus Stickstoffmonoxid (NO). Der Rest ist Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>).

Bei Dieselfahrzeugen erhöht sich der NO<sub>2</sub>-Anteil aufgrund der katalytischen Abgasnachbehandlung unter Sauerstoffüberschuss (Umwandlung von NO zu NO<sub>2</sub>).

**NO<sub>2</sub> erhöht die Ozonbildung direkt am Ort der Emission, während NO zuerst in NO<sub>2</sub> umgewandelt werden muss.**

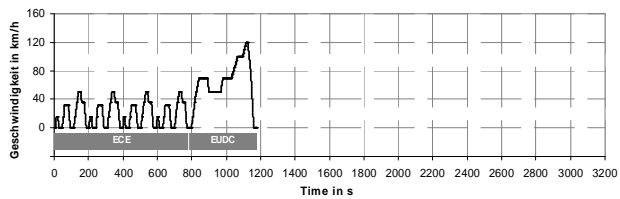


# Versuchsaufbau im Abgaslabor

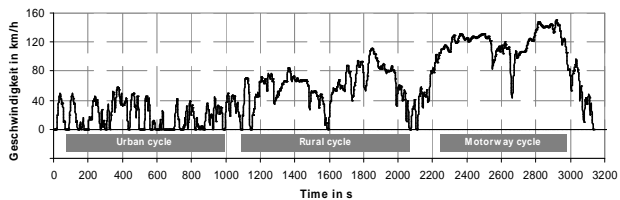


# Fahrprofile im Abgaslabor

Offizieller  
europäischer  
Fahrzyklus (NEFZ)

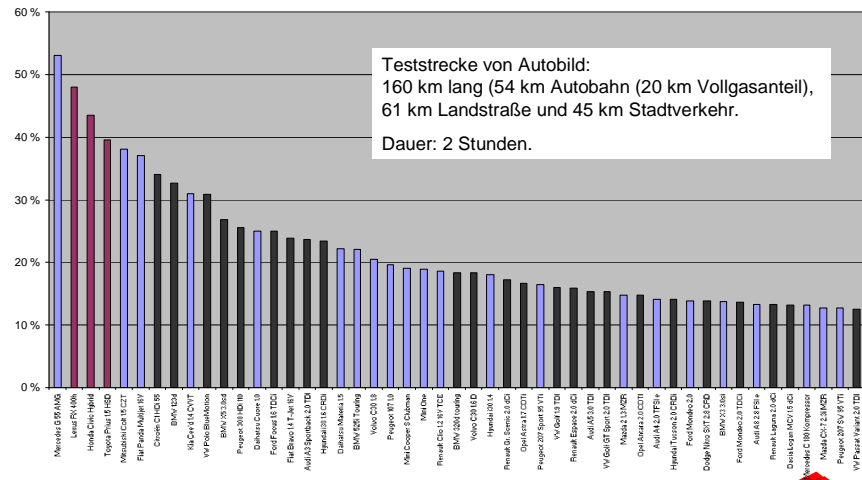


Realitätsnaher Artemis-  
Fahrzyklus (CADC)



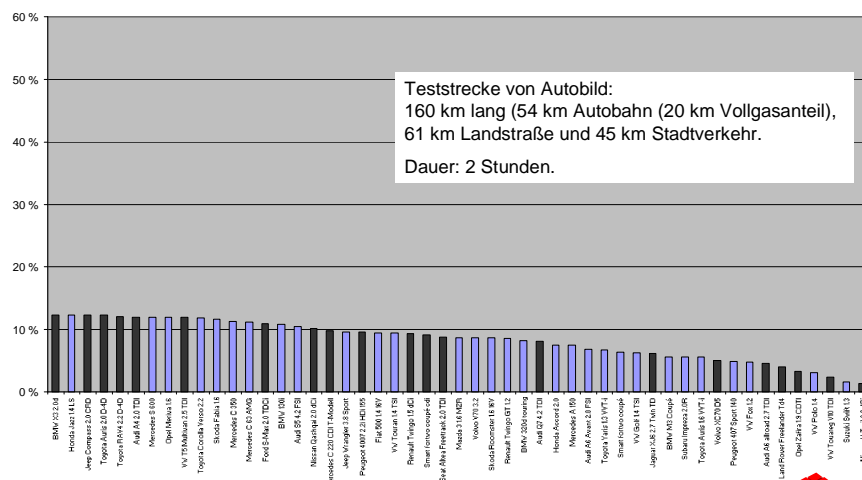
# Fahrprofile

Mehrverbrauch im realen Betrieb



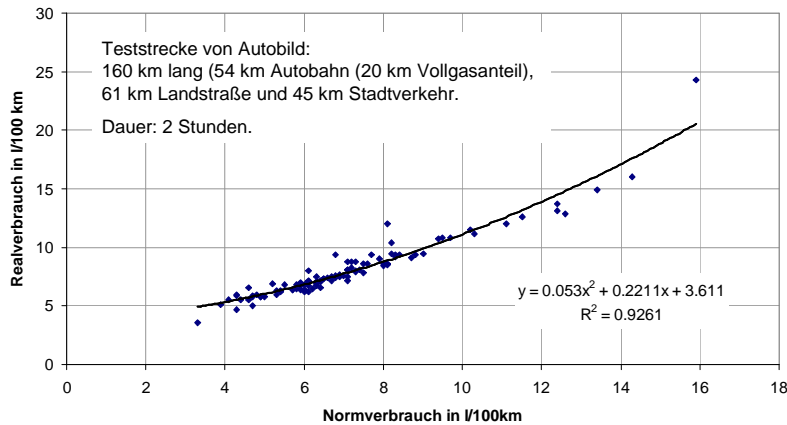
# Fahrprofile

Mehrverbrauch im realen Betrieb



# Fahrprofile

## Realverbrauch vs. Normverbrauch



# Ergebnisse

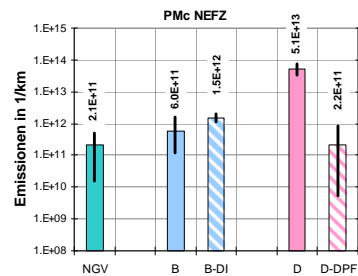
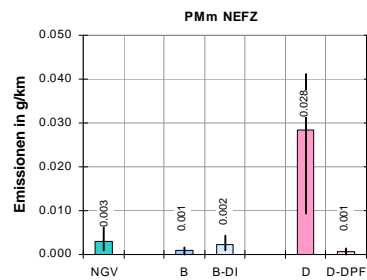
## Partikel

### Partikelmasse (PMm):

- Signifikanter Unterschied zwischen Dieselfahrzeugen ohne Partikelfilter und allen anderen Fahrzeugen
- Erdgas-, Benzin- und Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter weisen keinen signifikanten Unterschied auf.

### Partikelanzahl (PMc):

- Dieselfahrzeugen ohne Partikelfilter weisen einen rund 250 mal höhere Partikelanzahl auf, als alle anderen Fahrzeuge.
- Erdgas-, Benzin- und Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter weisen keinen signifikanten Unterschied auf niedrigem Niveau auf.



## Ergebnisse

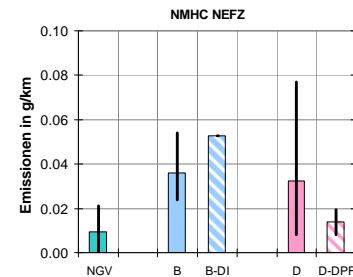
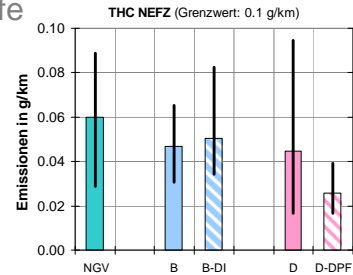
### Ozon-Vorläufer Kohlenwasserstoffe

#### Geamt-Kohlenwasserstoffe T.HC (HC):

- Erdgasfahrzeuge weisen im Mittel 30% höhere Werte auf als die Benzinfahrzeuge bzw. doppelt so hohe Werte wie die Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter.

#### Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe (NMHC):

- Erdgasfahrzeuge weisen die niedrigsten NMHC-Emissionen auf, gefolgt von die Dieselfahrzeugen und den Benzinfahrzeugen mit den höchsten Werten.



## Ergebnisse

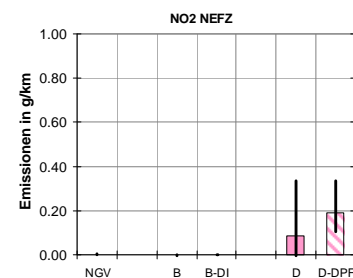
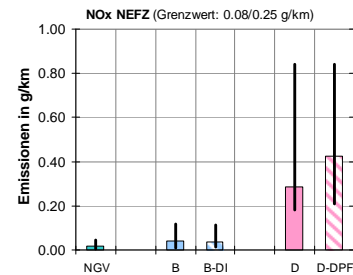
### Ozon-Vorläufer Stickoxide

#### Stickoxide (NOx)

- Erdgas- und Benzinfahrzeuge weisen im Mittel statistisch gesichert rund 10 Mal niedrigere NOx-Emissionen auf.

#### Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>):

- Erdgas- und Benzinfahrzeuge weisen praktisch keine NO<sub>2</sub>-Emissionen auf.
- Der NO<sub>2</sub>-Anteil der Dieselfahrzeuge liegt bei 20%, bei den Dieselfahrzeugen mit Partikelfilter bei 45%.

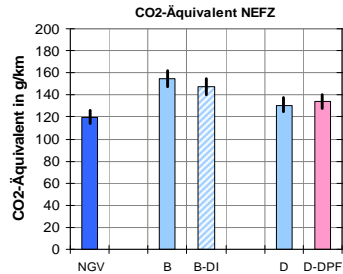


# Ergebnisse

## Treibhausgase (Modellrechnung)

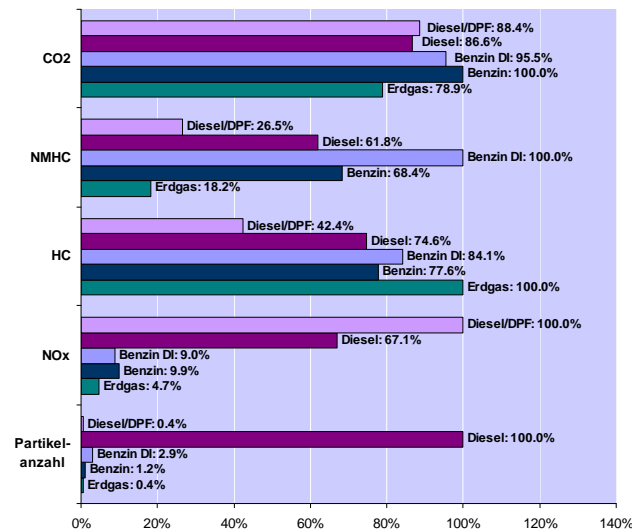
### Treibhausgase (CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>)

- Die Treibhausgasemissionen von Erdgasfahrzeugen liegen dank geringerem C-Gehalt im Treibstoff 21% unter denjenigen von Benzinfahrzeugen und 11% unter denjenigen der Dieselfahrzeuge.
- Die Methanemissionen der Erdgasfahrzeuge machen umgerechnet in ein CO<sub>2</sub>-Äquivalent im Mittel weniger als 1% der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus.



# Zusammenfassung

## Schadstoffemissionen im NEFZ



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**christian.bach@empa.ch**

**Vollständiger Bericht unter: [www.novatlantis.ch](http://www.novatlantis.ch)**

