



# Luftqualität und Fahrzeugemissionen – aktuelle Herausforderungen

**Christian Bach**

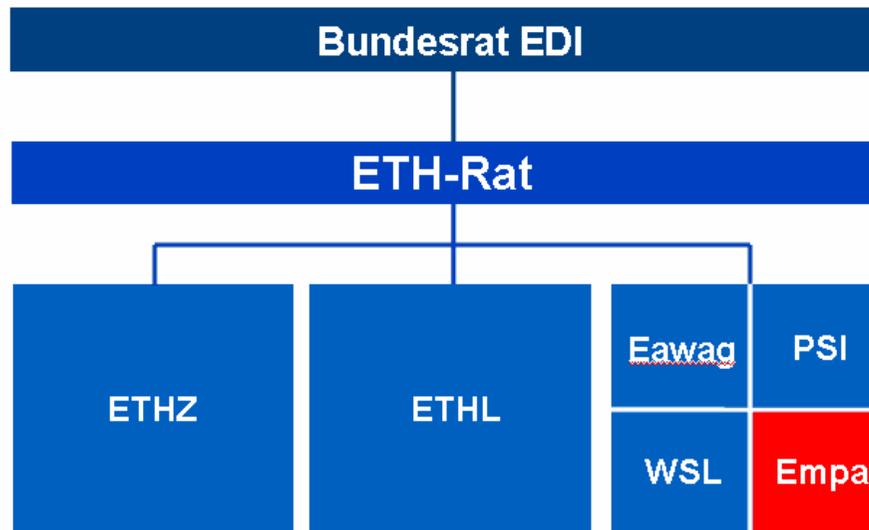
Abt. Verbrennungsmotoren

Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa  
8600 Dübendorf (CH)

# Inhalt

- **Wir über uns**
  - Empa
  - Abt. Verbrennungsmotoren
  
- **Luftschadstoffe**
  - Feinstaub
  - Ozon
  - Treibhausgase
  
- **Zusammenfassung**

# Empa



## Unique selling position der Empa:

- Umfassende Infrastruktur/Analytik
- Gutes Netzwerk zu Grundlagenforschung im ETH-Bereich und zur Industrie („Brückenfunktion“)
- Themenorientierte, inter- und transdisziplinäre Forschung

## Empa in Zahlen

- **830** wissenschaftl., techn., admin. Mitarbeitende, davon **130** Doktorierende  
**90** DiplomandInnen  
**80** Auszubildende
- **270** referierte (SCI/E) Publikationen
- **110** Seminare, Konferenzen @ Empa-Akademie
- **84** Mio. CHF Finanzierungsbeitrag des Bundes
- **33** Mio. CHF Drittmittel
- **5** interdisziplinäre Forschungsprogramme
- **3** Standorte (Dübendorf, St. Gallen, Thun)

# Abt. Verbrennungsmotoren

## Personal und Infrastruktur

### **23 Personen**

- 13 Wissenschaftler (4 Doktorierende)
- 5 FH-Ingenieure
- 5 Techniker/Konstrukteure/Laborantin

### **3 Rollenprüfstände**

- 10 Hz Abgasmassenmessung
- Temperaturbereich von -20 °C bis +40 °C

### **3 Motorenprüfstände**

- Leistungsbereich 130, 250, 680 kW
- Stationärer und dynamischer Betrieb
- Echtzeit-Fahrzeugemulation

### **Analytik**

- Abgas- und Partikelanalytik
- Oberflächenanalytik, Materialforschung

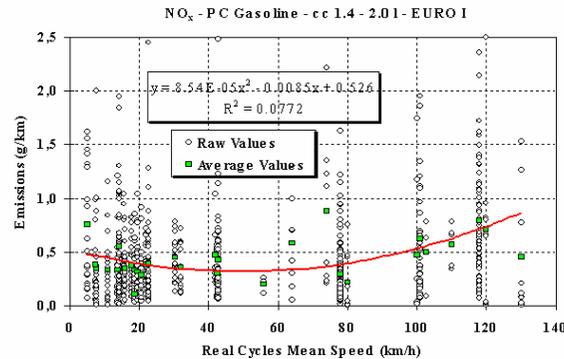
### **Finanzierung**

- 50% Budgetmittel mit Leistungsauftrag
- 10% durch Dienstleistungsaufträge
- 40% externe Forschungsfördermittel

# Aktivitäten Abt. Verbrennungsmotoren

## Abgasmodellierung

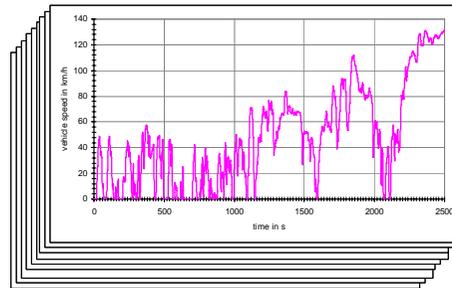
### COPERT III Model



- + Einfach, nachvollziehbar
- Ungenau ( $R^2 \sim 0.08$ )

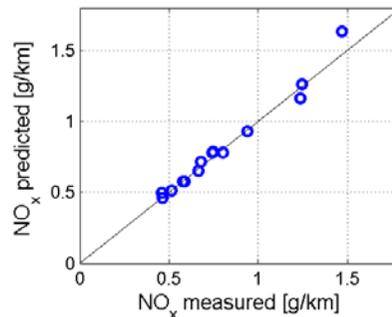
### Handbuch

12 Zyklen  
Korrektur-  
faktoren



- + Einfach, nachvollziehbar
- Begrenzter Anwendungsbereich (Macro scale, Steigung, Fahrstil, usw.)

### Empa Abgas- modell

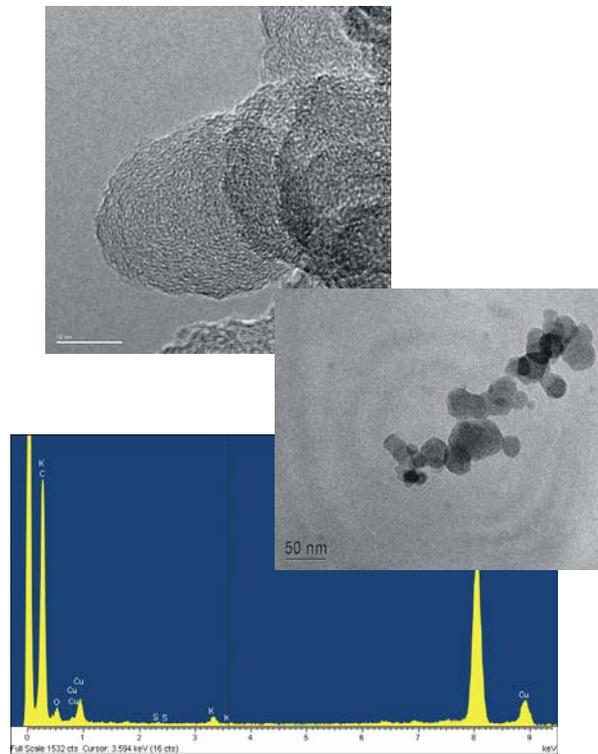


- + Stark erhöhte Genauigkeit, ( $R^2 > 0.9$ ); grosser Anwendungsbereich (micro scale, ...)
- Komplexere Methodik

# Aktivitäten Abt. Verbrennungsmotoren

Nicht limitierte Schadstoffe

## Russbildung



Struktur, Morphologie,  
Elementanalyse, ...

## Probenahme/ Messtechnik



Methodenentwicklung  
(Probenahme, Analytik)

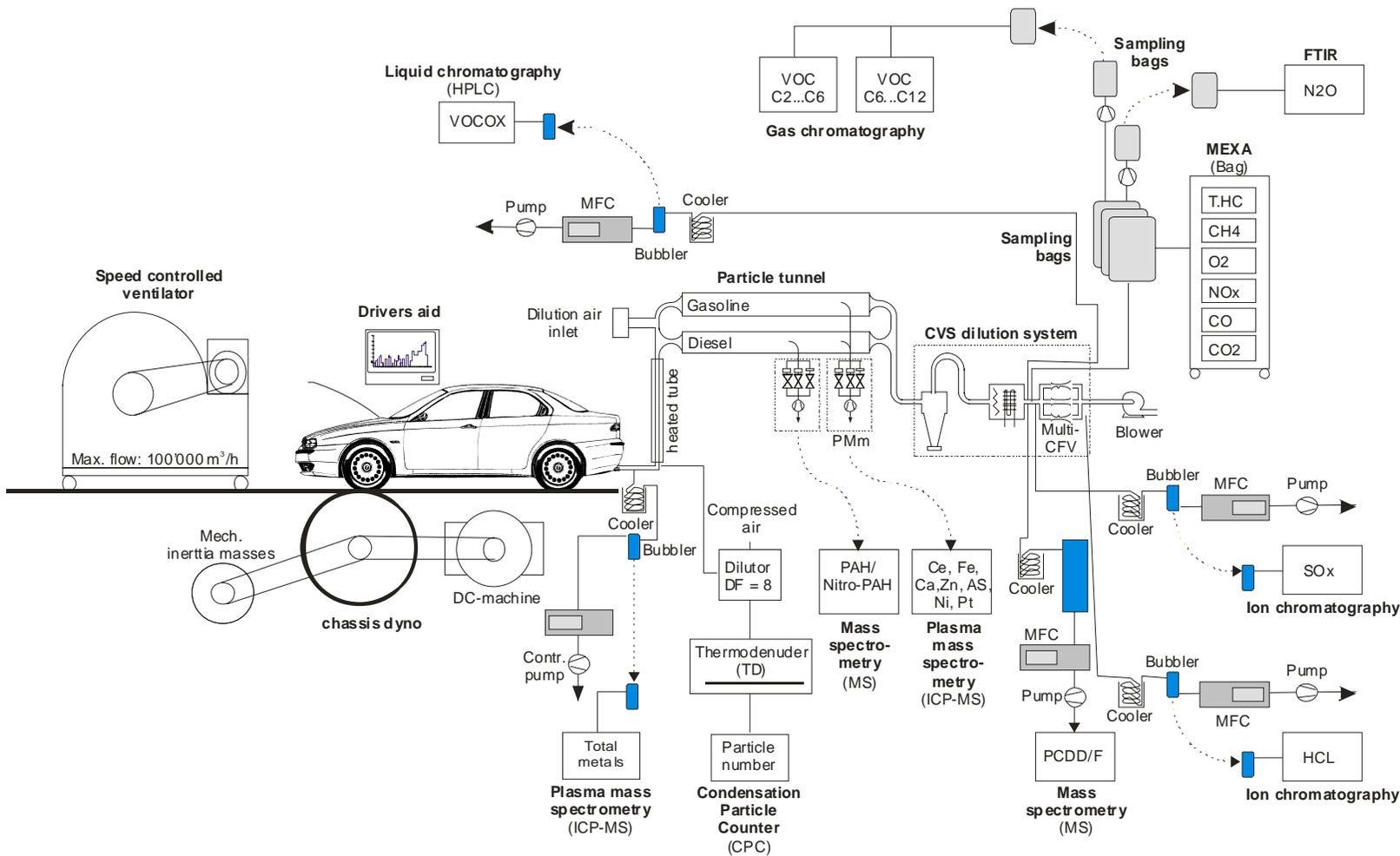
## Alternative Antriebe



H<sub>2</sub> Systememissionen

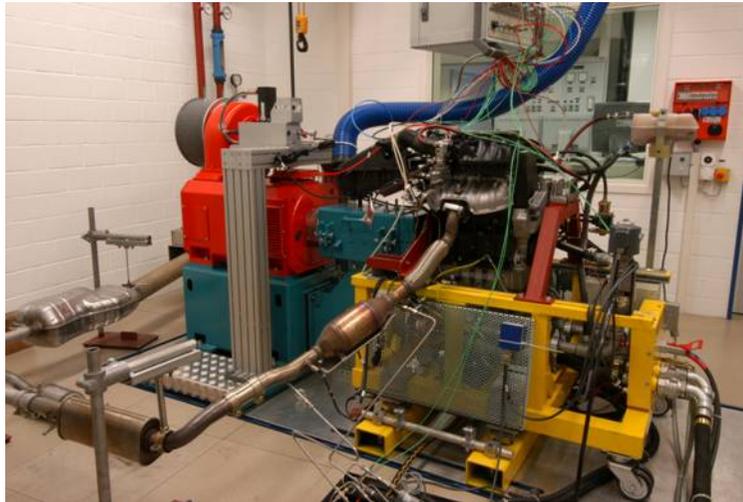
# Aktivitäten Abt. Verbrennungsmotoren

## Nicht limitierte Schadstoffe



# Aktivitäten Abt. Verbrennungsmotoren

## Entwicklung von Katalysatoren für Erdgasfahrzeuge



Empa, Christian Bach, 3. Oktober 2006, SATG-Fachtagung

### Katalysatorentwicklung

- Hardware in the-loop Simulation des Projektfahrzeuges auf dem dynamischen Motorenprüfstand
- Untersuchung von light-off und Umwandlungseffizienz, Sauerstoffspeicherverhalten, usw.



### Felderprobung

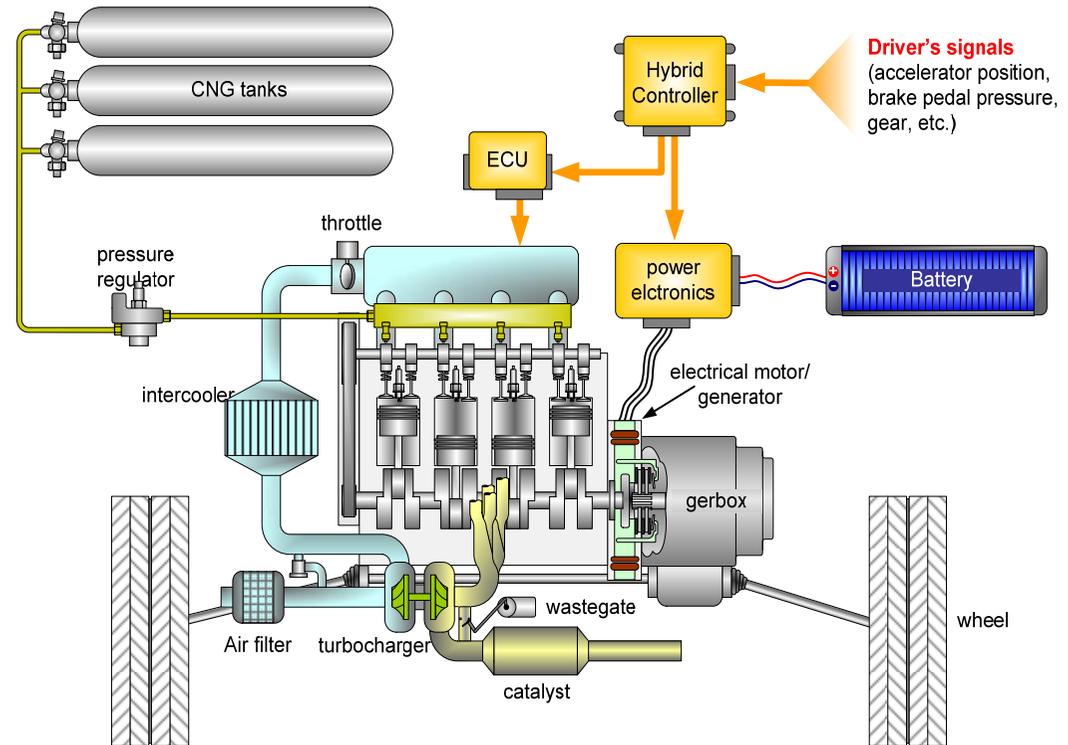
- Abgasmonitoring (30'000 km) der Katalysatoren in Prototypfahrzeugen bezüglich Dauerhaltbarkeit
- Untersuchung der Katalysatoren bez. Sinterungs- und Vergiftungseffekte (HRREM, XPS, TEM)



# Aktivitäten Abt. Verbrennungsmotoren

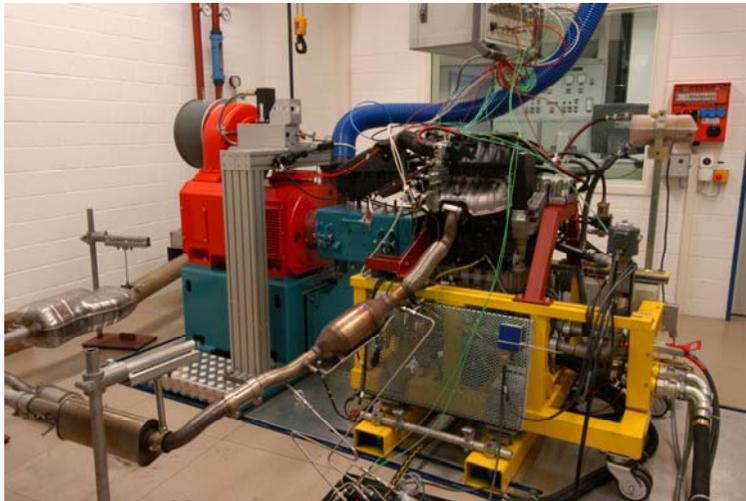
## Empa/ETH-Forschungsschwerpunkt Methangantriebe

- Entwicklung neuer Brennverfahren für Erdgas (effizient, sauber)
- Optimierung des thermodynamischen Kreisprozesses (erdgas-spezifisch)
- Downsizing Konzept (turboaufgeladen)
- Erdgas-Hybridantrieb (Auslegung auf Rekuperation, Anfahr-drehmoment, „Turboloch-kompensation“)



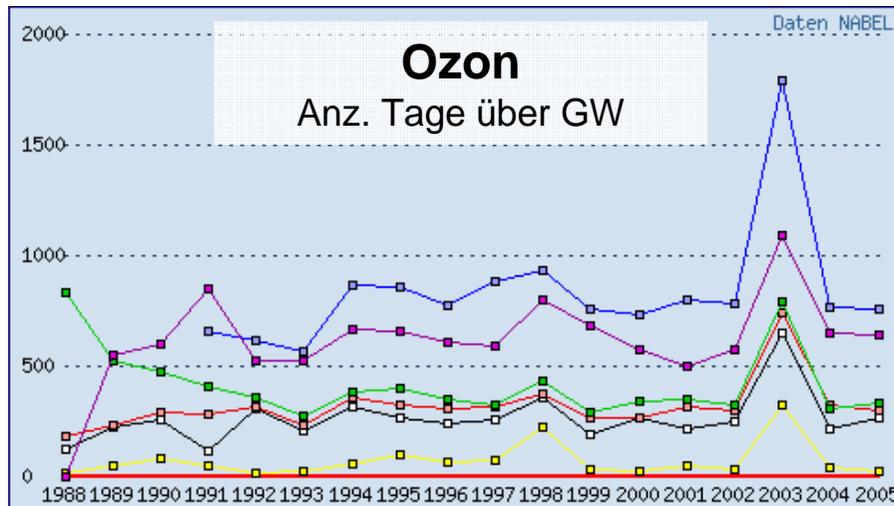
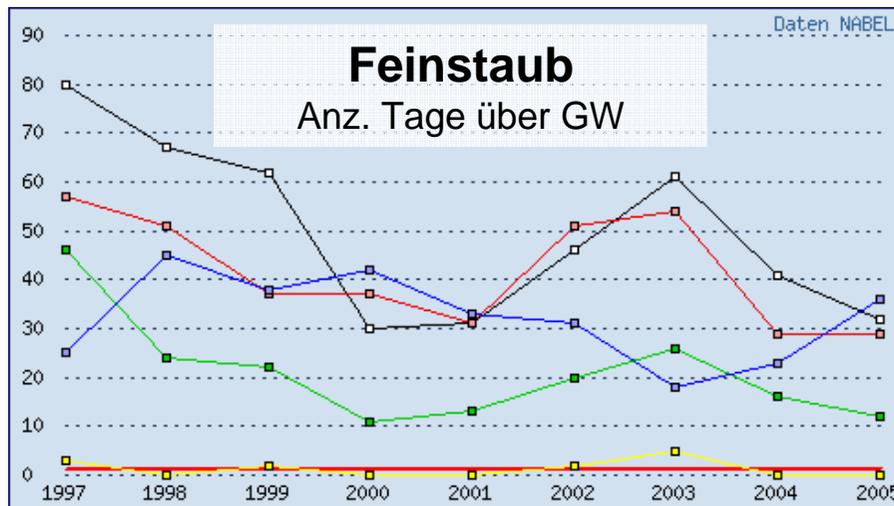
# Aktivitäten Abt. Verbrennungsmotoren

## Applikationsarbeiten auf dem Motorenprüfstand

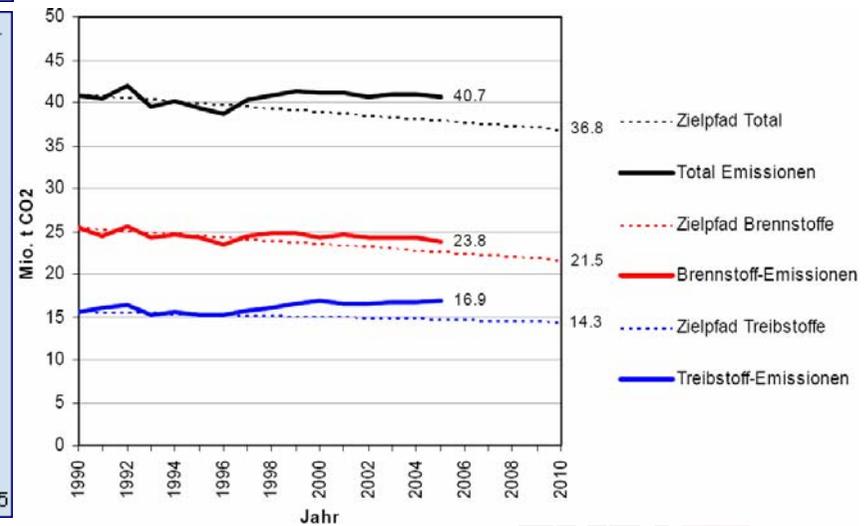


# Übersicht Luftschadstoffprobleme

## Feinstaub – Ozon - Treibhausgase



## Treibhausgase



# Feinstaub

## Beitrag des Verkehrs?

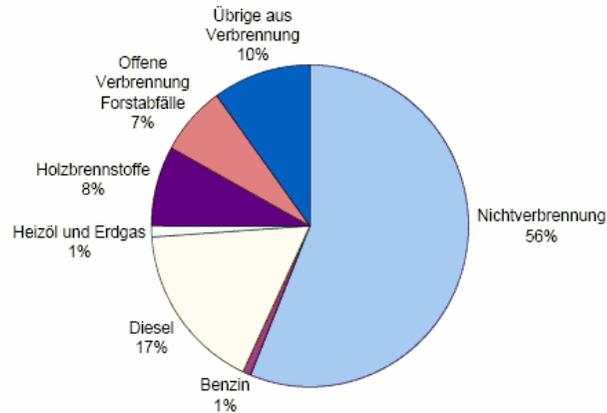


Abb. 1 Quellen der Feinstaub-Emissionen im Jahr 2000 (Gesamtmenge rund 21'000 Tonnen PM10)

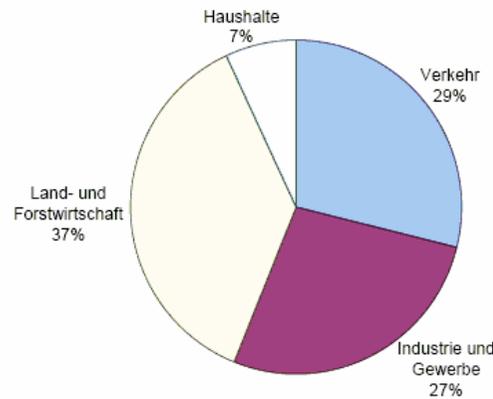
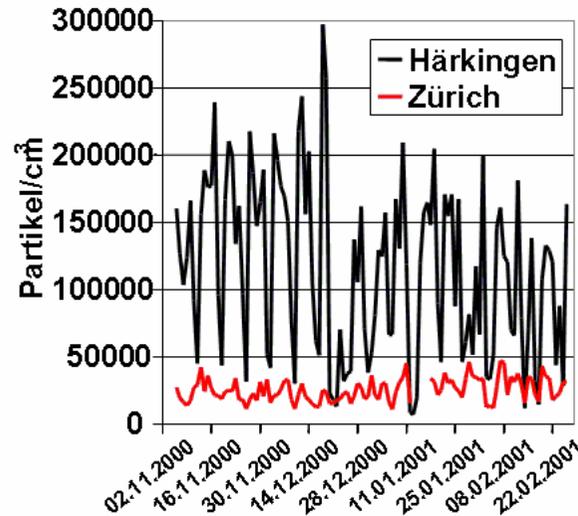
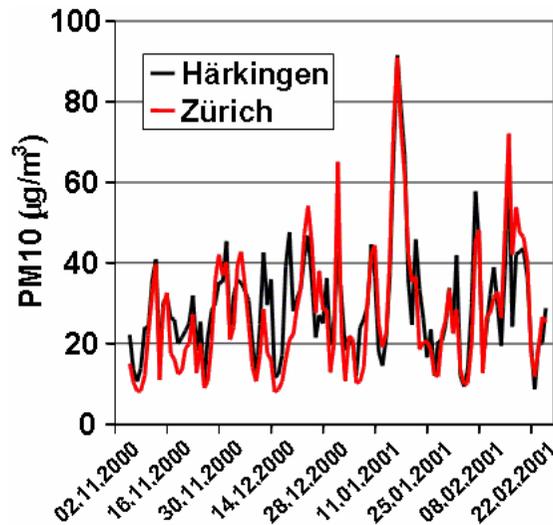


Abb. 2 Herkunft der Feinstaub-Emissionen im Jahr 2000 (Gesamtmenge rund 21'000 Tonnen PM10)

Anteil der PM10 aus Auspuff = 18%

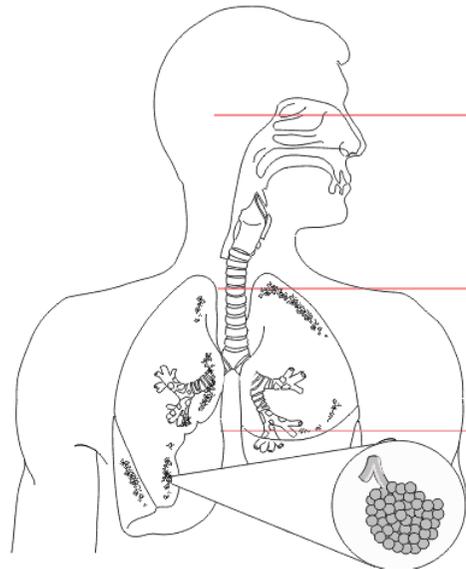
Anteil aus Nicht-verbrennung ist deutlich grösser.



Grösse der Auspuff-Partikel ist deutlich kleiner, d.h. Anzahl ist deutlich höher.

# Feinstaub

## Grössenklassen



Angriffsorte	Luftschadstoffe	
Nasen-Rachenraum	5-10 $\mu\text{m}$	<b>Partikel mit <math>\varnothing</math> 1 – 10 <math>\mu\text{m}</math></b> Verantwortlich für Erkrankungen im oberen Atemtrakt (Bronchitis, Asthma)
Luftröhre	3-5 $\mu\text{m}$	
Bronchien	2-3 $\mu\text{m}$	
Bronchiolen	1-2 $\mu\text{m}$	
Alveolen (Lungenbläschen)	0.1-1 $\mu\text{m}$	<b>Partikel mit <math>\varnothing</math> &lt;1 <math>\mu\text{m}</math> (PM1)</b> Verantwortlich für Erkrankungen in der Lunge (Krebs)

Mech. Erzeugte Partikel

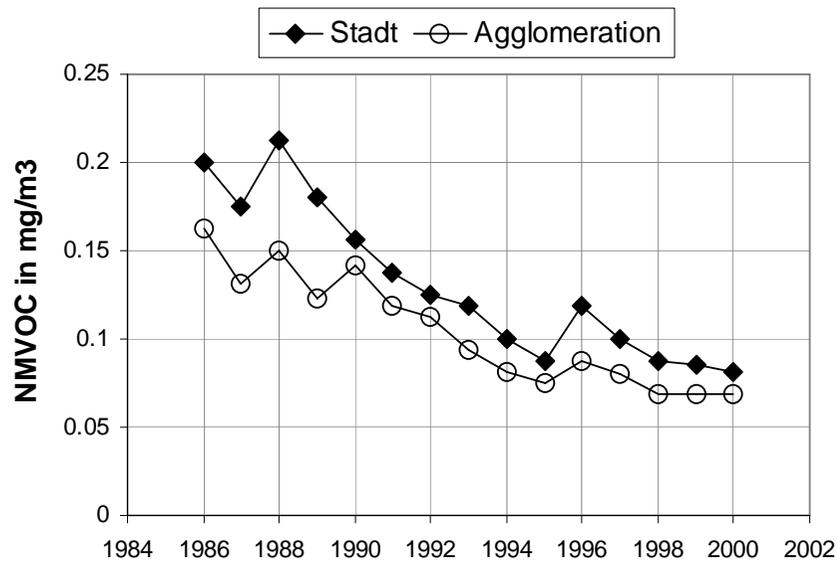


Auspuffpartikel

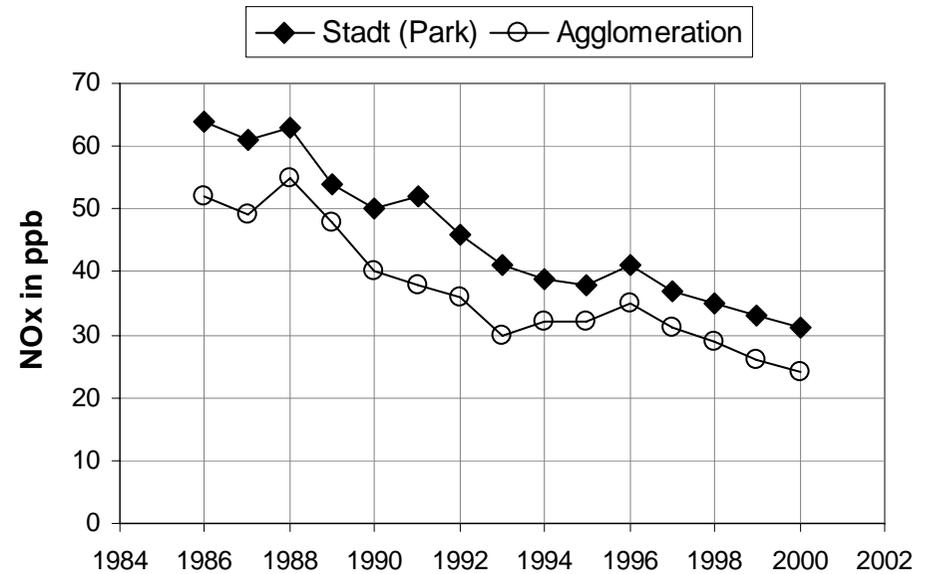
# Ozon

## Vorläuferschadstoffe VOC und NOx

### Flüchtige organische Verbindungen (NMVOC)



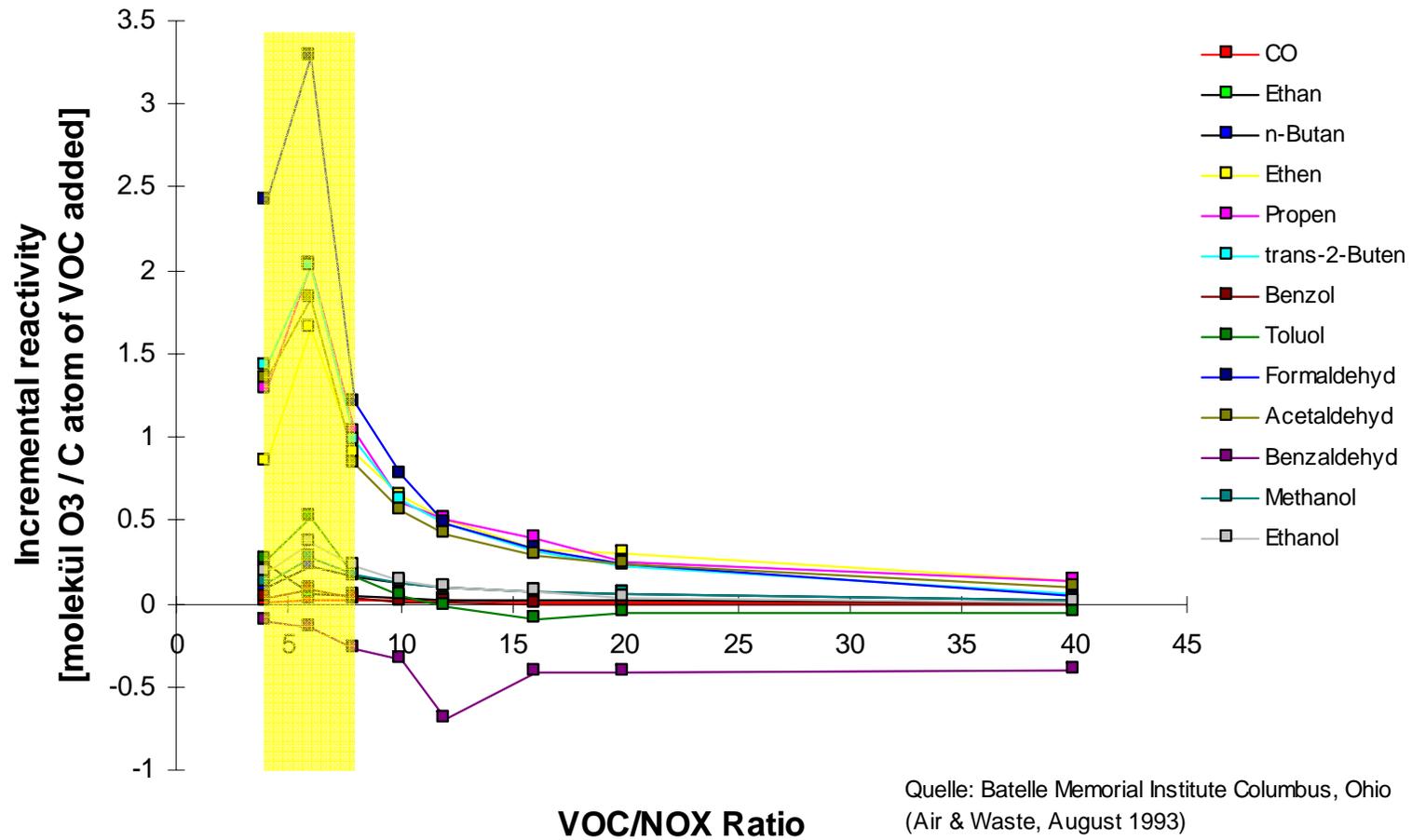
### Stickoxide (NOx)



Quelle: BUWAL (2001)

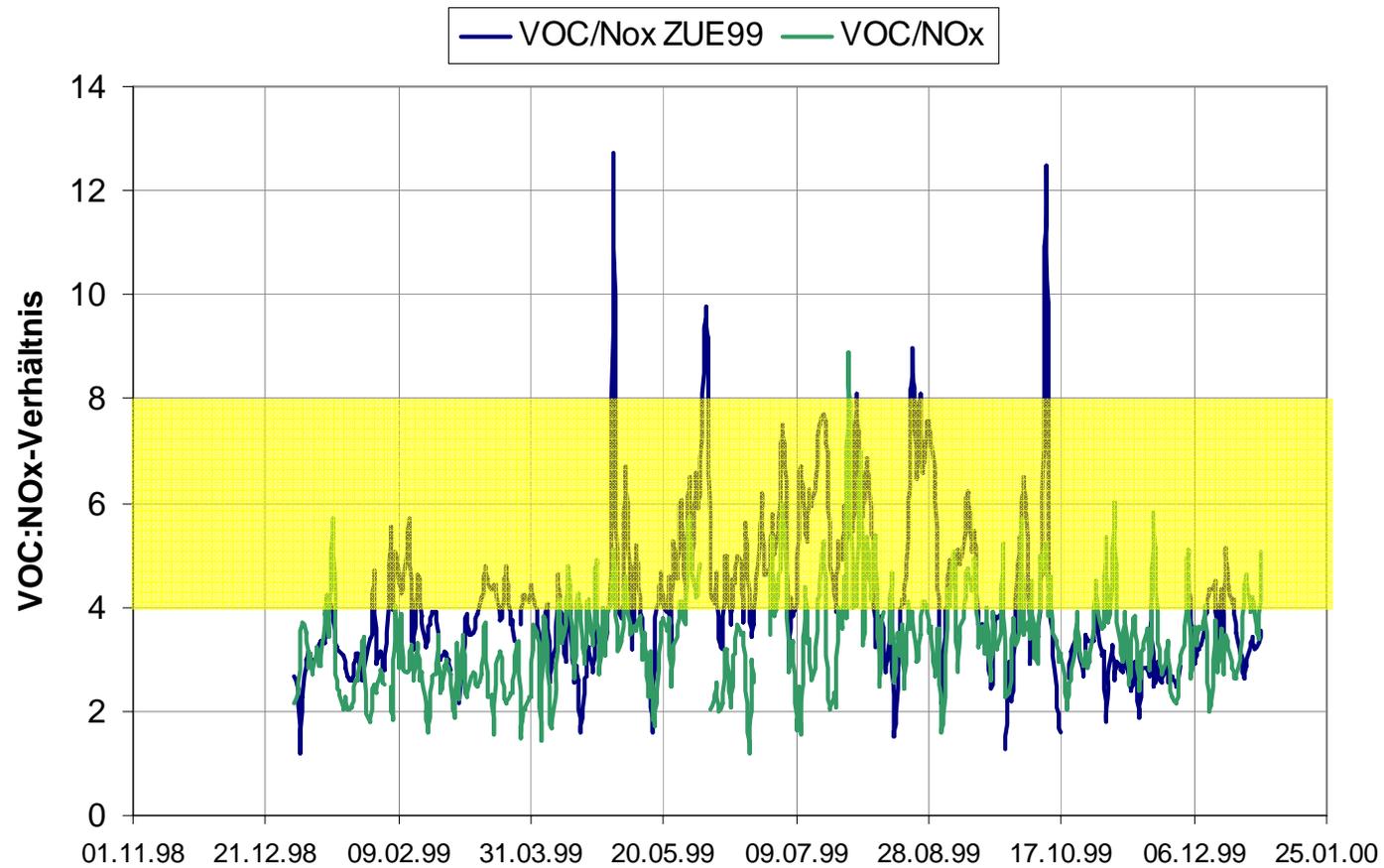
# Ozon

## Reaktivität der Umgebung



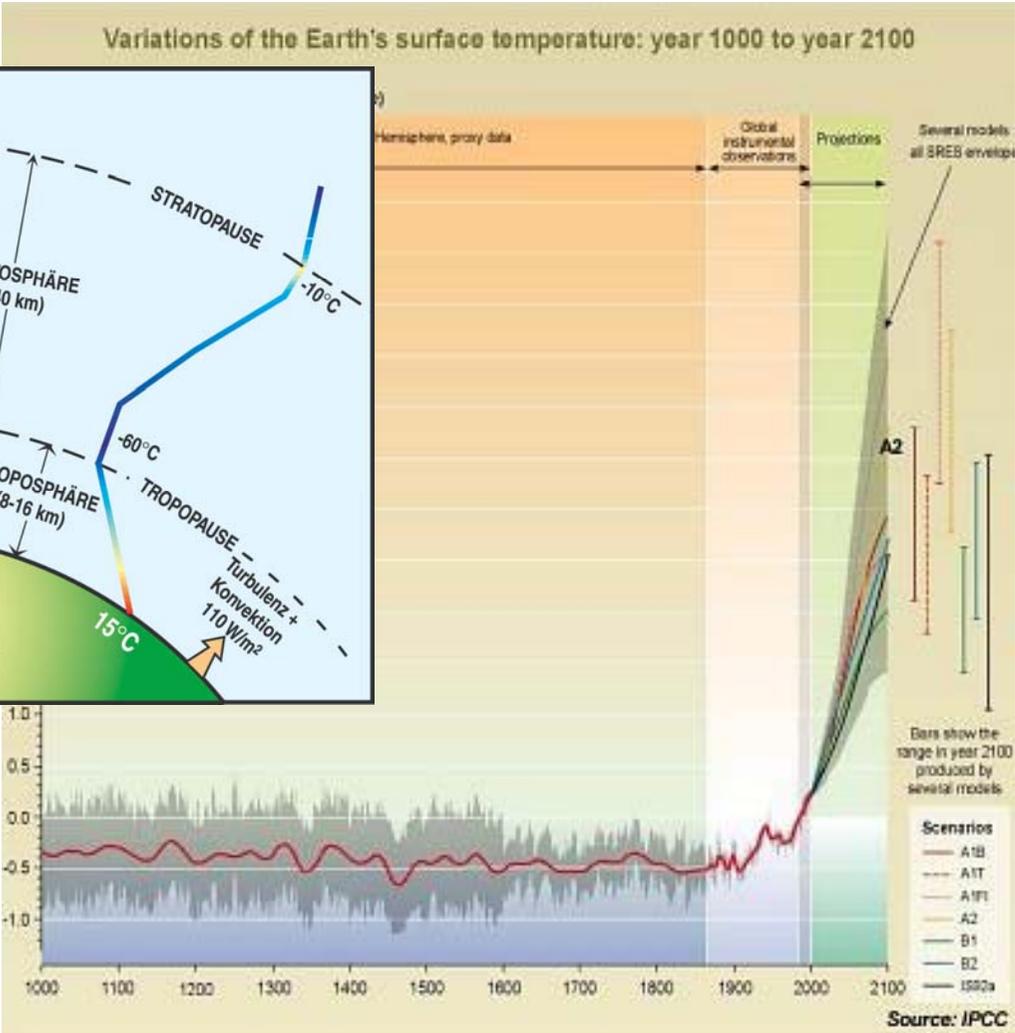
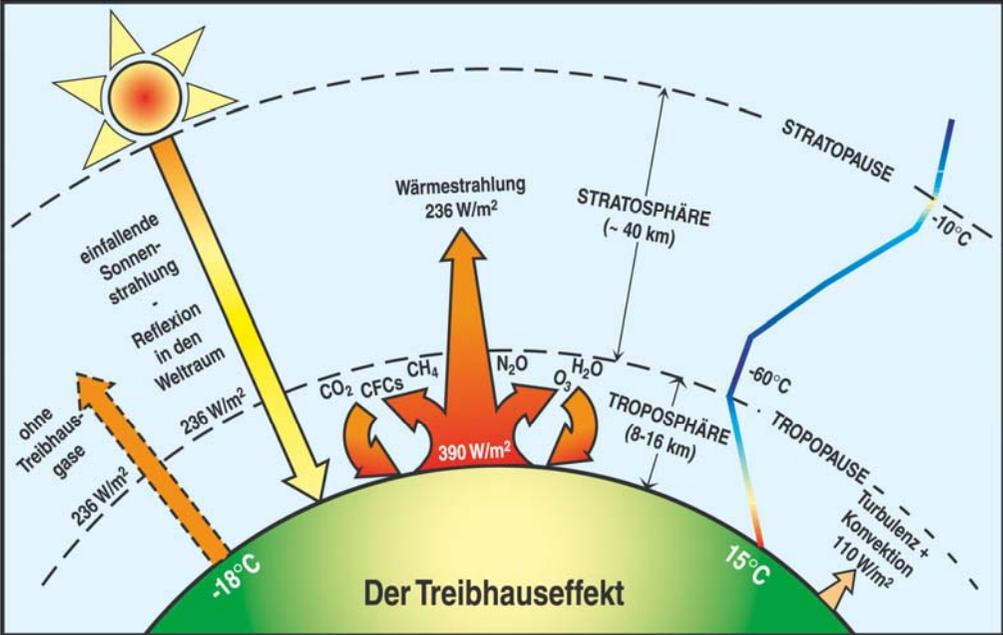
# Ozon

## Reaktivität der Umgebung



# Klimaveränderung

## Die Herausforderung des 21. Jahrhunderts



# Klimaveränderung

## Was sagt die Wissenschaft?

### **Wissenschaftszeitschrift „Nature“**

2005 war weltweit nahezu so warm, wie das Rekordjahr 1998. Damals konnten die hohen Temperaturen noch mit El Nino begründet werden. 2005 gibt es jedoch keine solche Erklärung.

### **National Oceanic and Atmospheric Administration University of East Anglia, Norwich**

1998 bleibt knapp wärmstes Jahr.

### **NASA Goddard Institute for Space Studies**

2005 schlägt bezüglich Welttemperatur das Rekordjahr 1998. Der Anstieg im vergangenen Jahr beträgt  $0.8^{\circ}\text{C}$ .

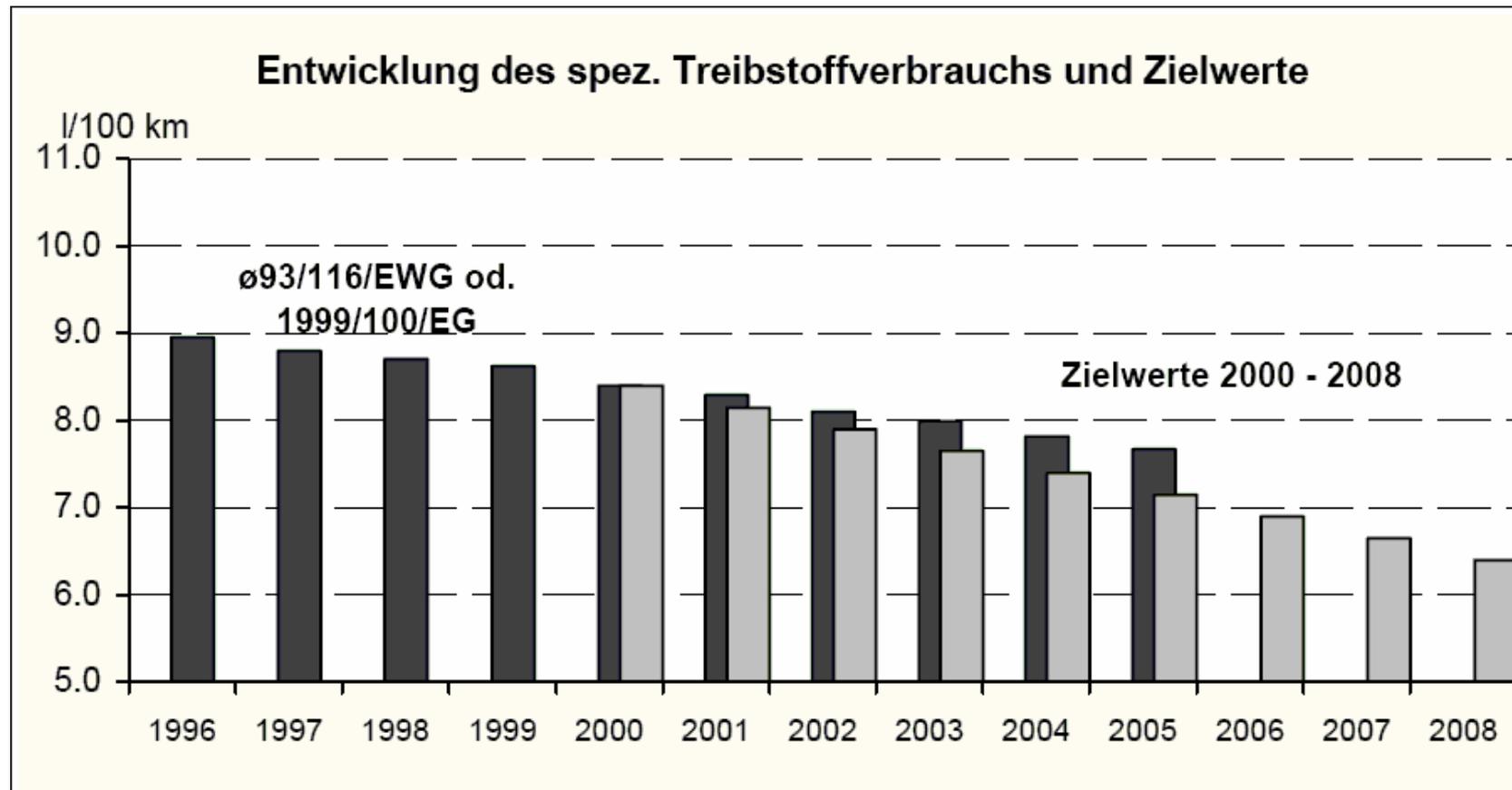
### **World Meteorological Organization (WMO)**

Temperatur der gesamten Erdoberfläche liegt  $0.48^{\circ}\text{C}$  über dem Jahresmittel von 1961-1990 und ist das damit zweitwärmste Jahr. Einen 2005-Rekord waren die 26 tropischen Wirbelstürme (davon 14 Hurrikans). Der bisherige Rekord aus dem Jahre 1933 lag bei 21 Wirbelstürmen.

# CO<sub>2</sub>-Verminderung

## Neuwagenflotte Schweiz

Quelle: AutoSchweiz (2006)



# CO<sub>2</sub>-Verminderung

## Bio-treibstoffe

Fuel		Gasoline, Diesel, Naphtha (2010 quality)	CNG	LPG	Hydrogen (comp., liquid)	Synthetic diesel (Fischer-Tropsch)	DME	Ethanol	MT/ETBE	FAME/FAEE	Methanol	Electricity
Resource												
Crude oil		X										
Coal					X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	X				X	X
Natural gas	Piped		X		X <sup>(1)</sup>	X	X				X	X
	Remote		X <sup>(1)</sup>		X	X <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>		X		X	X
LPG	Remote			X					X			
Biomass	Sugar beet							X	⇄			
	Wheat							X	X			
	Wheat straw							X				
	Sugar cane							X				
	Rapeseed									X		
	Sunflower									X		
	Woody waste				X	X	X	X			X	
	Farmed wood				X	X	X	X			X	X
	Organic waste			X <sup>(2)</sup>								X
	Black liquor				X	X	X				X	X
Wind											X	
Nuclear											X	
Electricity					X							

(1) with/without CO<sub>2</sub> capture and sequestration

(2) Biogas

# Zusammenfassung

- **Luftproblematik verbessert sich sehr langsam. Zu langsam vor allem in den Städten.**
- **Die lokalen Konzentrationen an Feinstaub und Ozon liegen noch weit über den Grenzwerten.**
- **Die Treibhausgasemissionen des Verkehrs nehmen zu, statt ab. Die offiziellen Verbräuche der Fahrzeuge nehmen 1-2%/Jahr ab. Sie beinhalten aber nicht den realen Betrieb der Fahrzeuge (z.B. Klimaanlage, elektrische Verbraucher, ...) und nicht die reale Fahrweise.**
- **Ziele der Empa:**
  - **Zielorientierte Verminderung der Luftbelastung (z.B. in den Städten)**
  - **Einführung kohlenstoffarmer und CO<sub>2</sub>-neutraler Treibstoffe (ganzheitliche Betrachtung, d.h. inkl. Bereitstellungsaufwand)**

# Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Bei Fragen:

**christian.bach@empa.ch**