

**UFOPLAN FKZ -206 43 200/01**  
**Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung (PAREST)**

**Referenzszenarien für Deutschland**  
**-**  
**Emissionen von Feinstaub und**  
**Aerosolvorläufern 2005 - 2020**

**PAREST Fachgespräch, UBA/Berlin, 10. Juni 2010**

**Wolfram Jörß**

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin

- Emissionen an Feinstaub und Aerosolvorläufern 2005 – 2020
- $PM_{10}$  &  $PM_{2,5}$  sowie  $SO_2$ ,  $NO_x$ , NMVOC,  $NH_3$
- Deutschlandweit aggregierte Emissionen
  - => räumliche Verteilung Emissionen D:  
Theloke / IER
  - => Europäische Emissionen & Verteilung:  
Denier van der Gon / TNO
- Minderungsmaßnahmen: Theloke / IER (II)
- Immissionen (Referenz & gemindert):  
Stern / FU Berlin

- **PAREST-Referenzszenario**
- Emissionen **2005** & Unsicherheiten
- **weitere CLE-Szenarien**
- Emissionsprojektionen bis **2020**
- **NEC-Richtlinie** 2010

- **Emissionsdatenbank ZSE** des UBA (2007)
- **Struktur des ZSE:**  $EM = AR * EF$   
ca. 900 Zeitreihen für AR und je 450-700 EF pro Schadstoff
- **ZSE 2007:** AR- und EF-Projektionen konsistent mit UBA-Berichten von 2007 (Nationales Programm NEC / Feinstaub) [UBA 2007], [Jörß und Handke 2007], [Jörß et al. 2007]
- Hinterlegtes **Energieszenario:**  
UBA Energie-Referenzszenario [UBA 2005]
  - benutzt für Nationales Programm NEC 2007 [UBA 2007]
  - basiert auf „Politikszenerarien III“ [Diekmann et al. 2004]
  - In ZSE 2007 integriert: kleinere Modifikationen bei Abfall & Sekundärbrennstoffen und Brennholz [Jörß 2007]
- **Verkehrsemissionen:** TREMOD 4.17 (Ende 2006)

- Verkehrsemissionen: TREMOD 4.17 (Ende 2006) + **Emissions-Minderungen 2010-2020 durch Euro 5 & 6 (Pkw), EURO VI (Lkw) + Autobahnmaut**  
Potenziale nach [Theloke et al. 2007] & [Jörß et al. 2007] für [UBA 2007] => **TREMOD 4.17M**
- **Inlandsprinzip** im Verkehr („Verbrauch statt Verkauf“)
- **Wiederaufwirbelung** von Straßenstaub (EF aus [Schaap et al. 2009]; AR (Fahrleistung) aus TREMOD)
- Volle Berücksichtigung **TREMOD MM** (mobile Maschinen)
- Neumodellierung ziviler **Flugverkehr** 2005 -2020: Emissionen der **LTO-Phase**, statt nur Inlandsflüge
- **Landwirtschaft**: Neue Modellierung 2005-2020 durch vTI

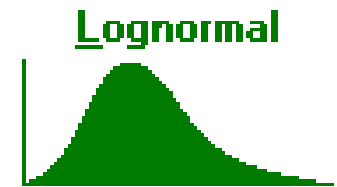
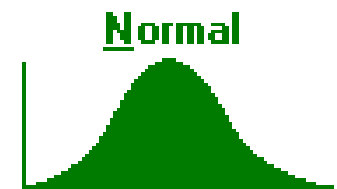
- PAREST-Referenzszenario
- **Emissionen 2005 & Unsicherheiten**
- weitere CLE-Szenarien
- Emissionsprojektionen bis 2020
- NEC-Richtlinie 2010

### Warum?

- **Sensitivitätsszenarien** für Immissionsmodellierung
- **Prioritäten** der Inventarverbesserung
- Indikator für **politische Bewertung**

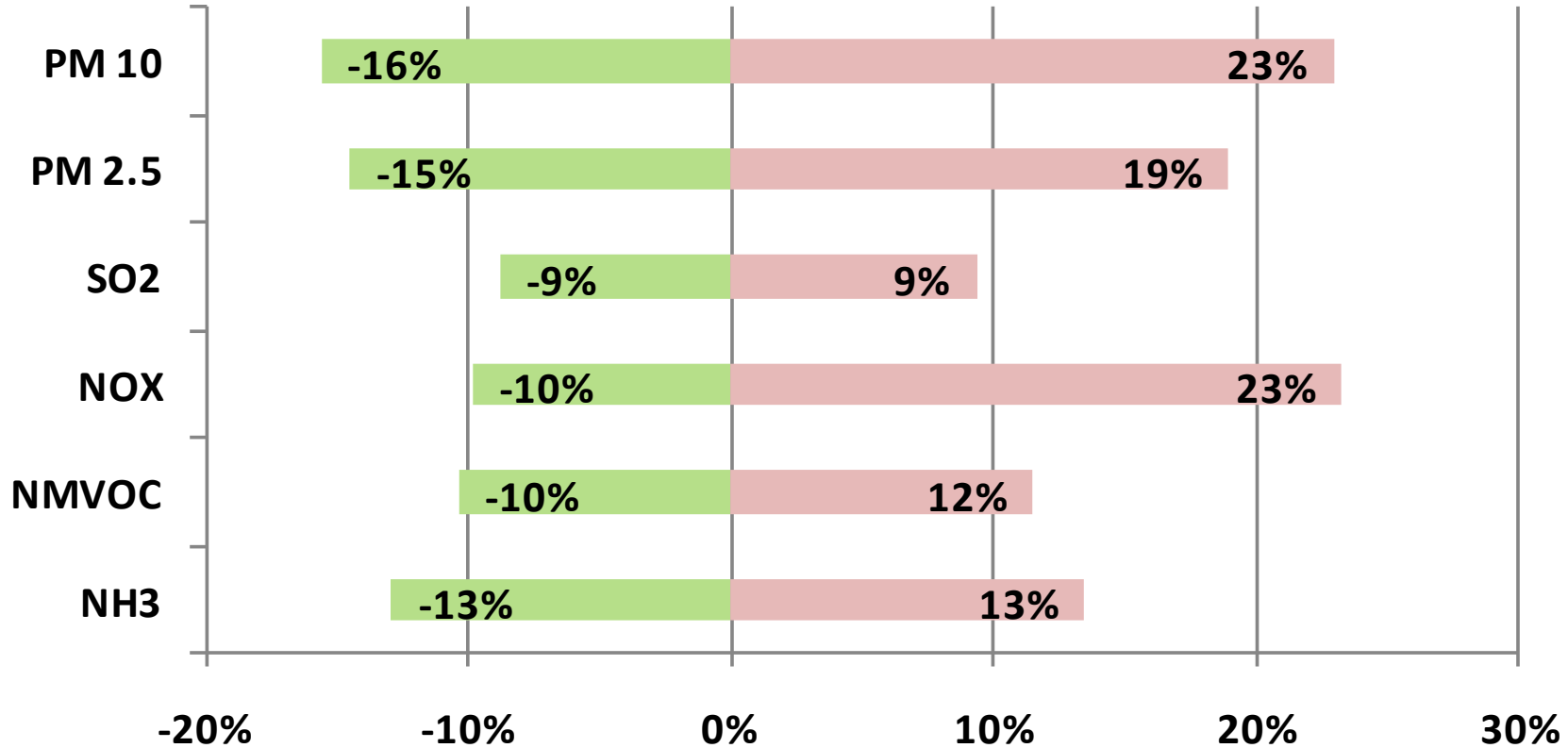
### Wie?

- **Monte Carlo-Simulation**
- Ersetzen ALLER Inputfaktoren durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen in ZSE & teilweise vorgelagerten Modellen
- Primär- und Sekundärliteratur + Expertenschätzungen für Parameter der Verteilungen
- Berücksichtigung von Korrelationen



### Unsicherheiten 2005 Deutschland

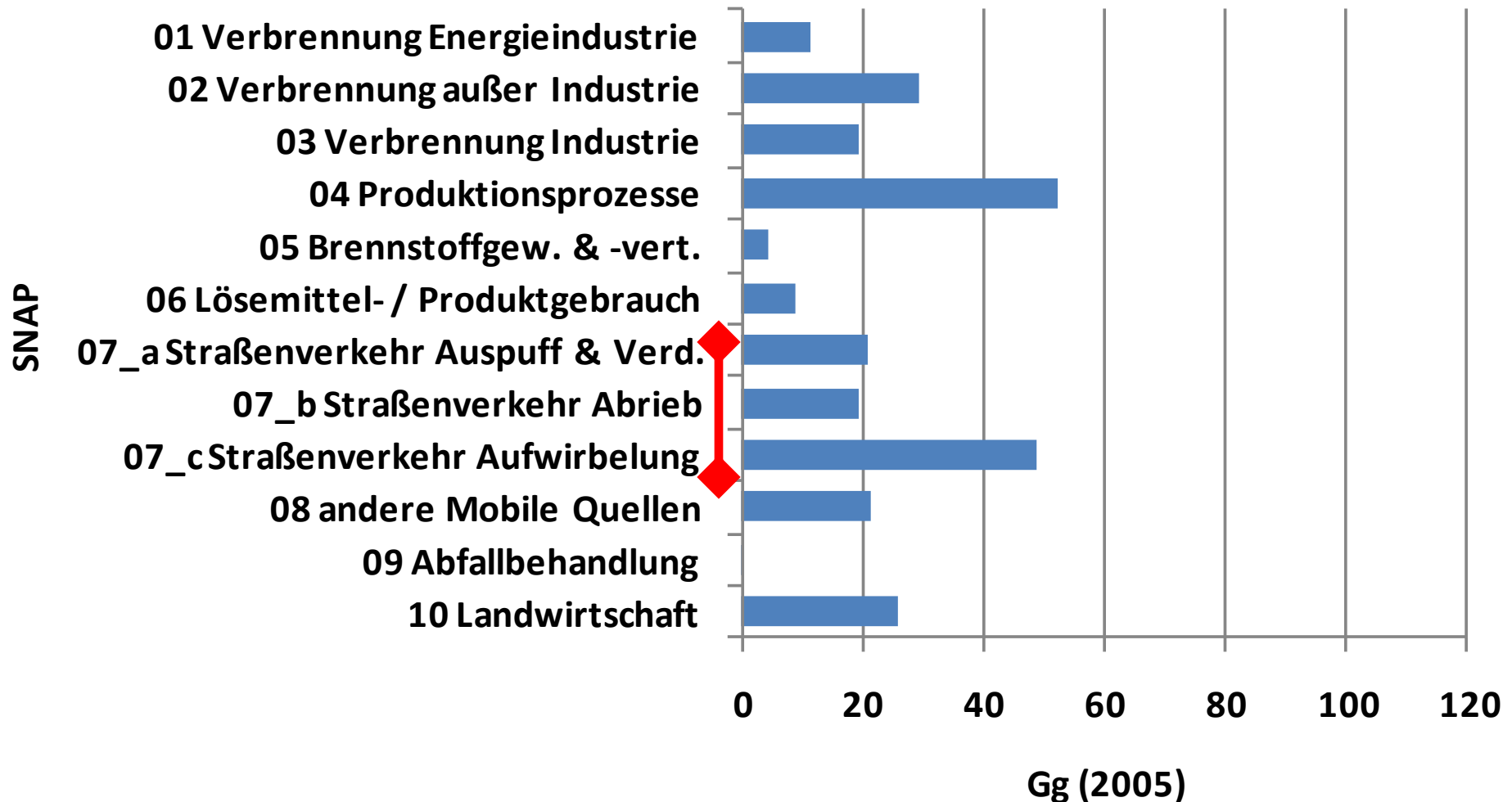
95%-Konfidenzintervalle



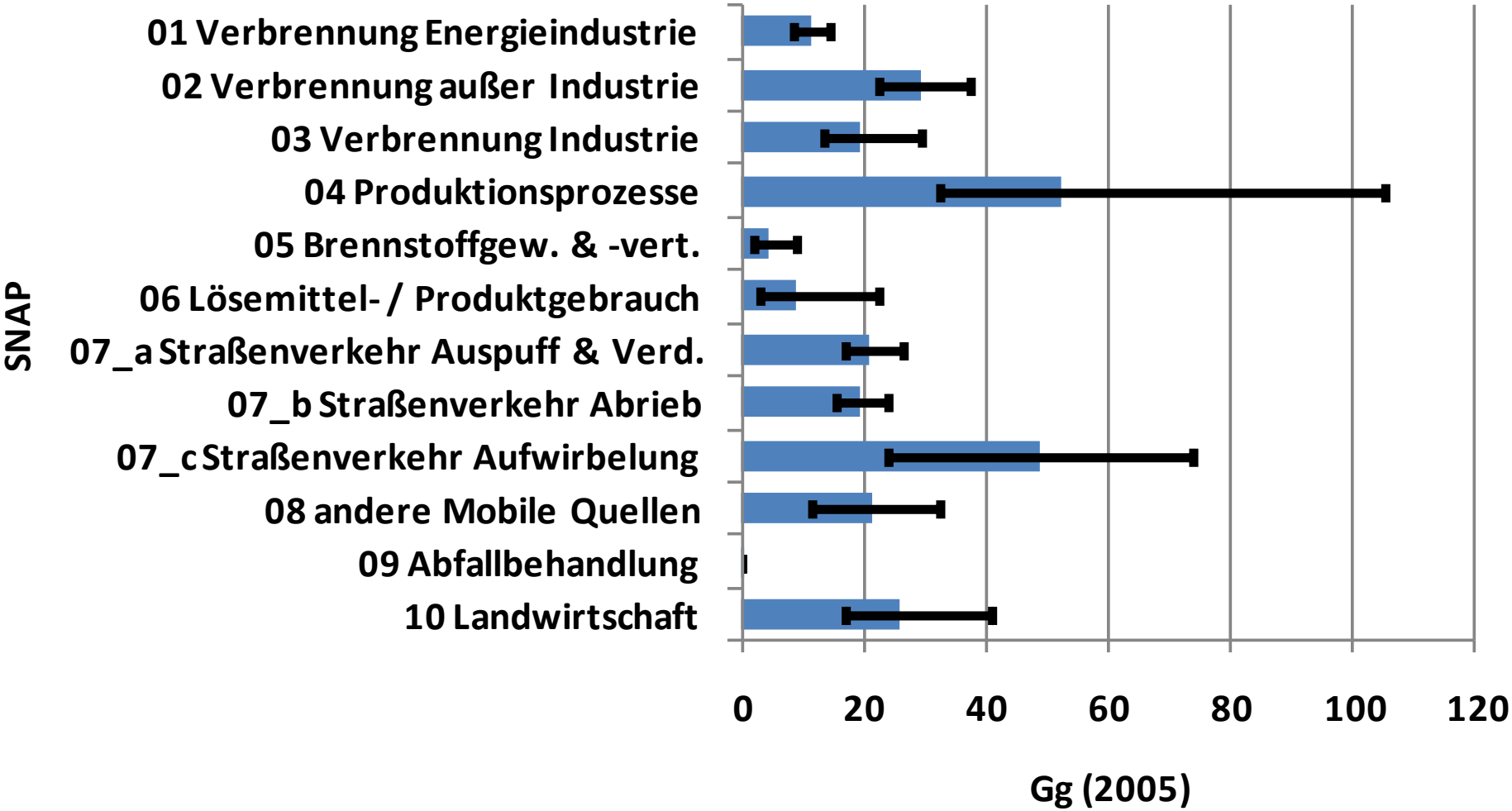
Vergleich: Unsicherheit THG 2007 D (alle Gase): +/-9,7 % [UBA 2010]



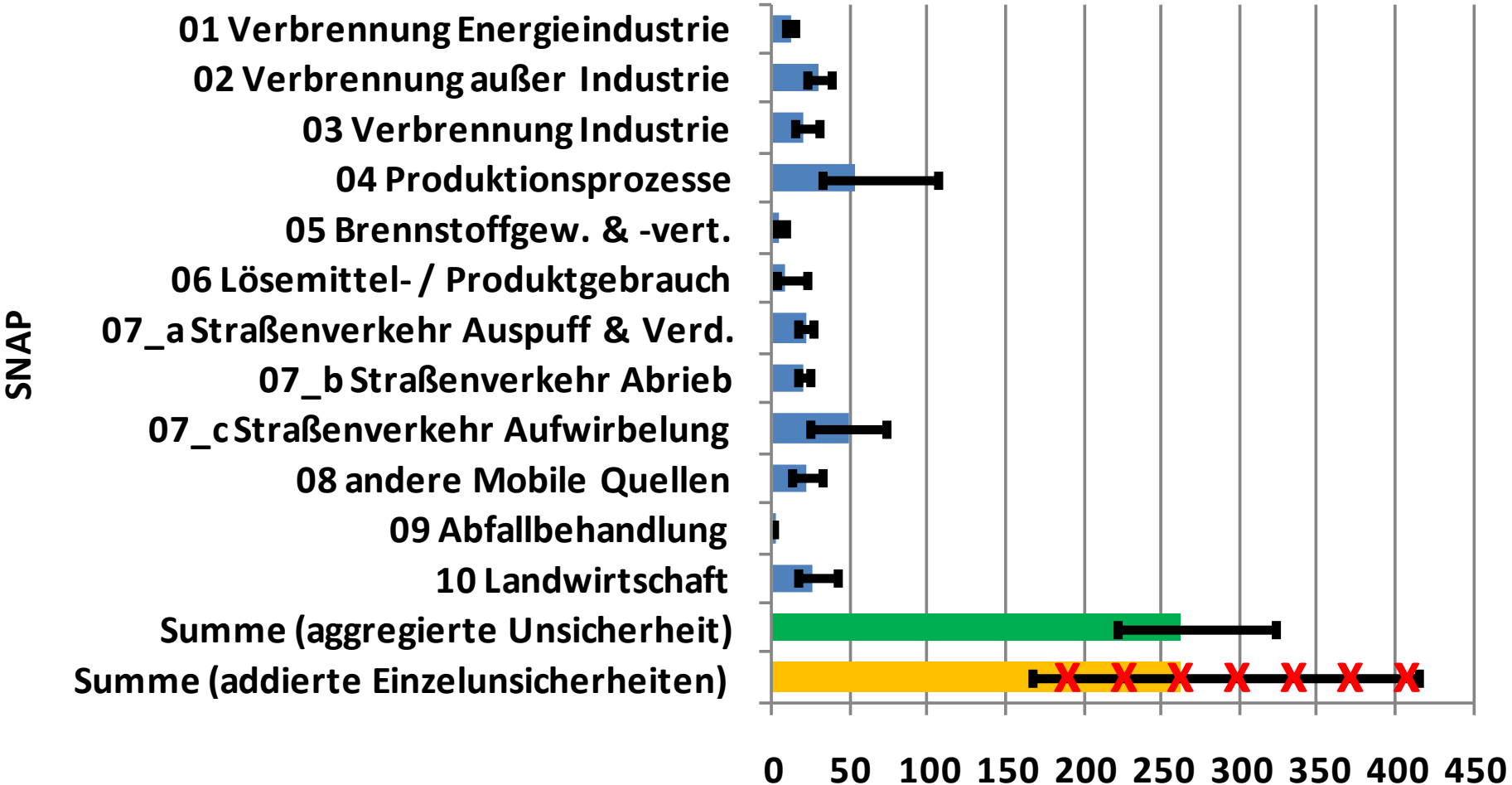
## PM10 2005



## PM10 2005



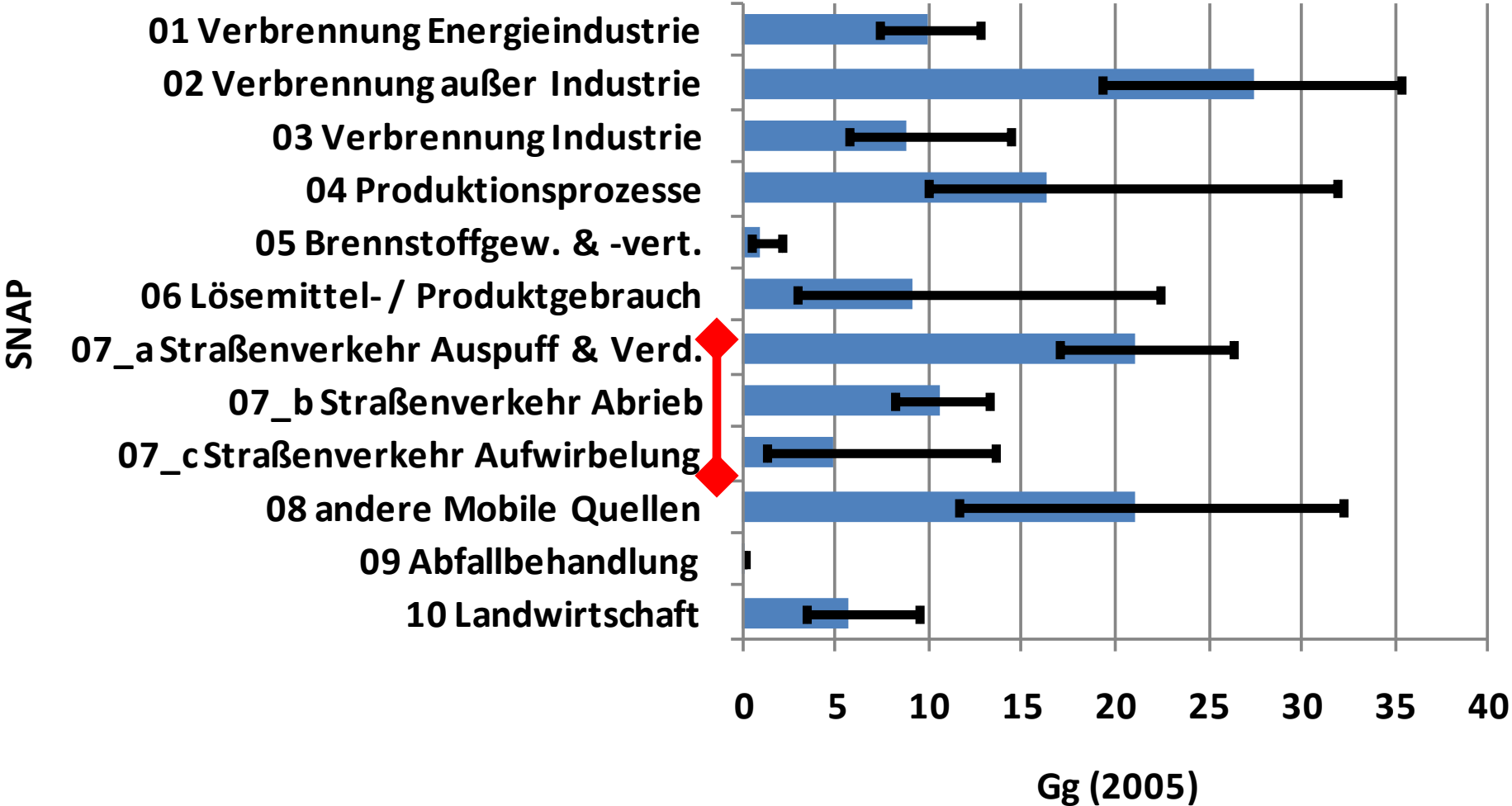
## PM10 2005



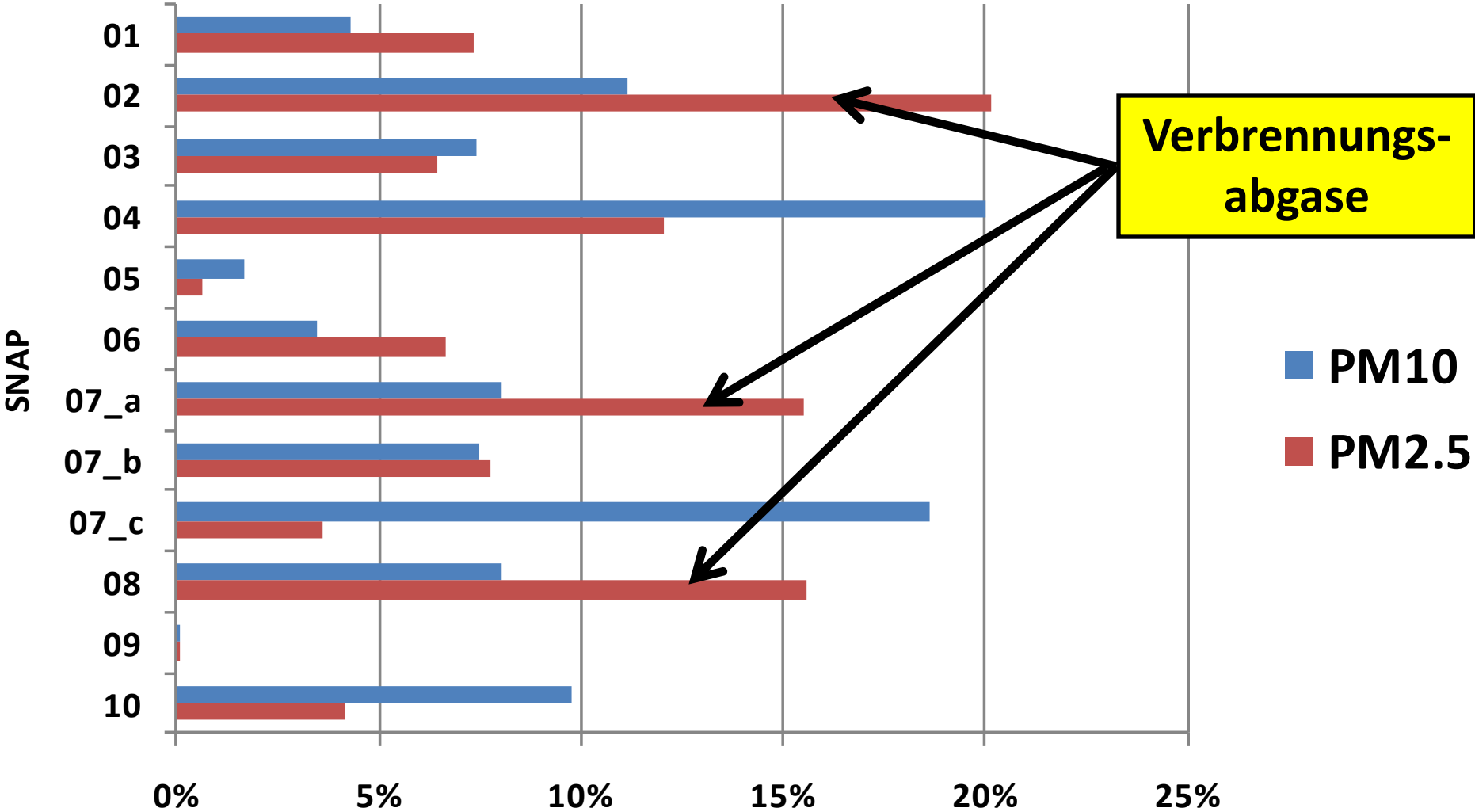
**Fehlerbalken nicht addierbar!**

Gg (2005)

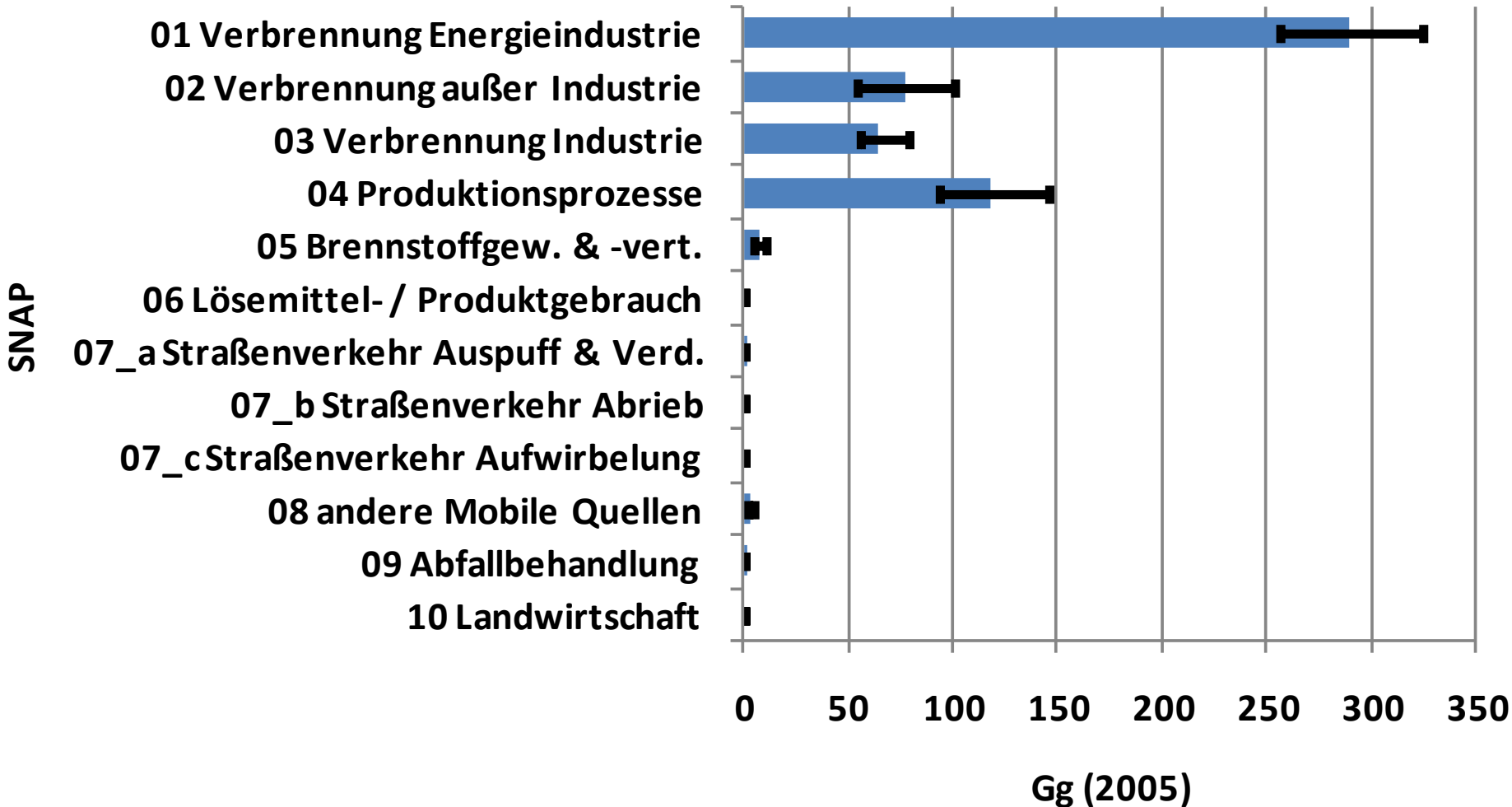
## PM2.5 2005



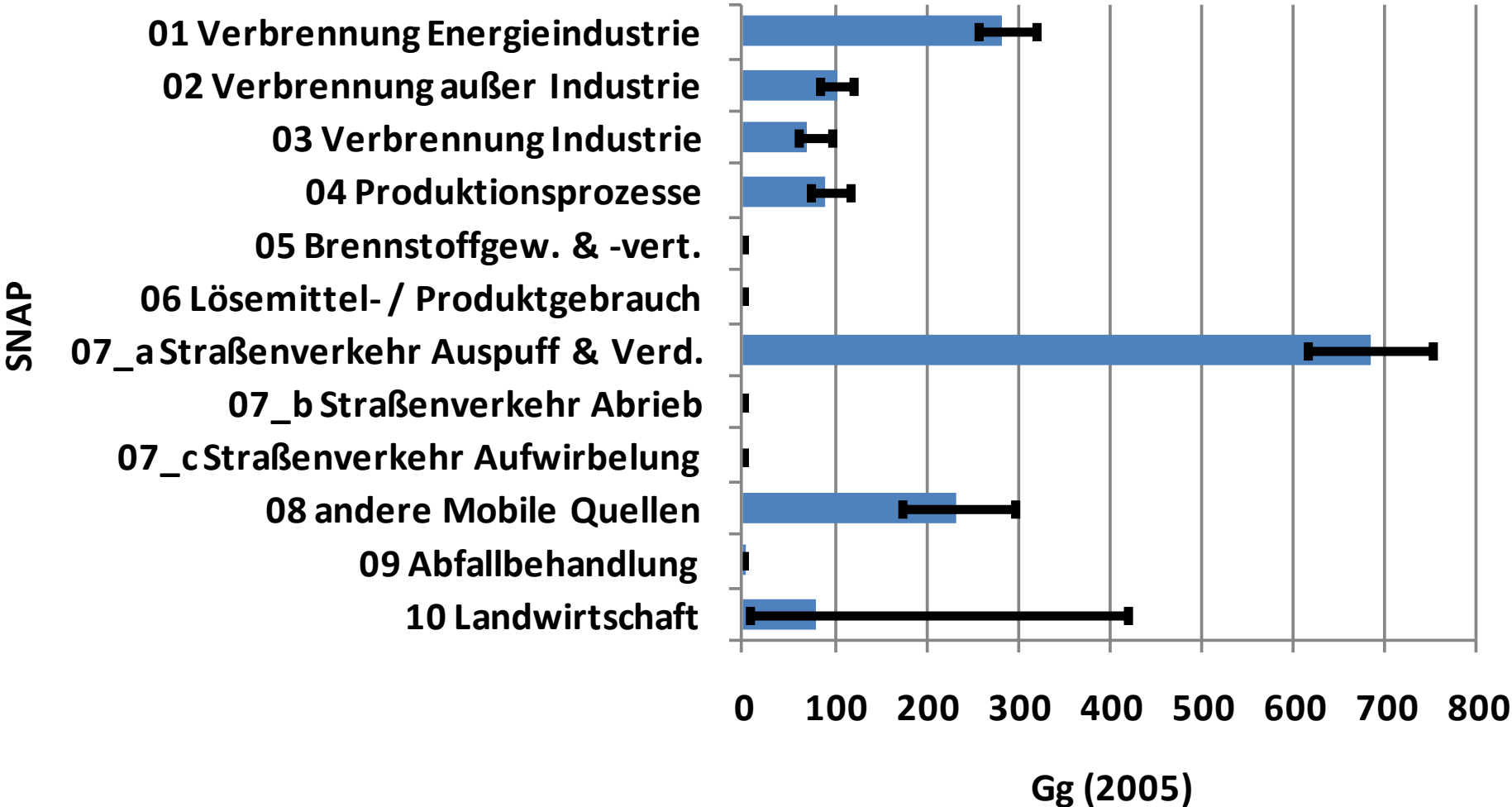
## Emissionen PAREST-Referenz 2005 (Inland)



## SO2 2005

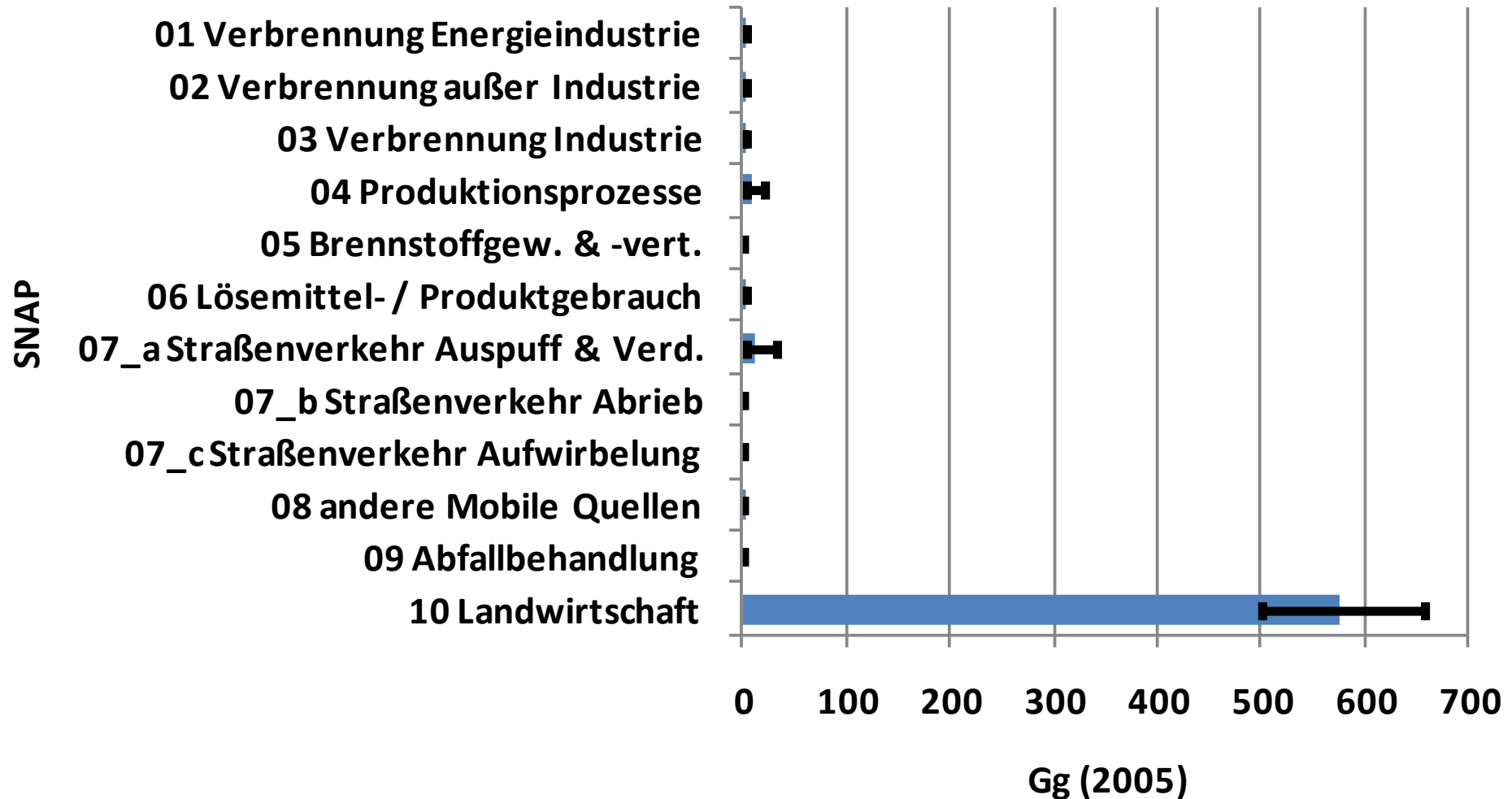


## NOx 2005

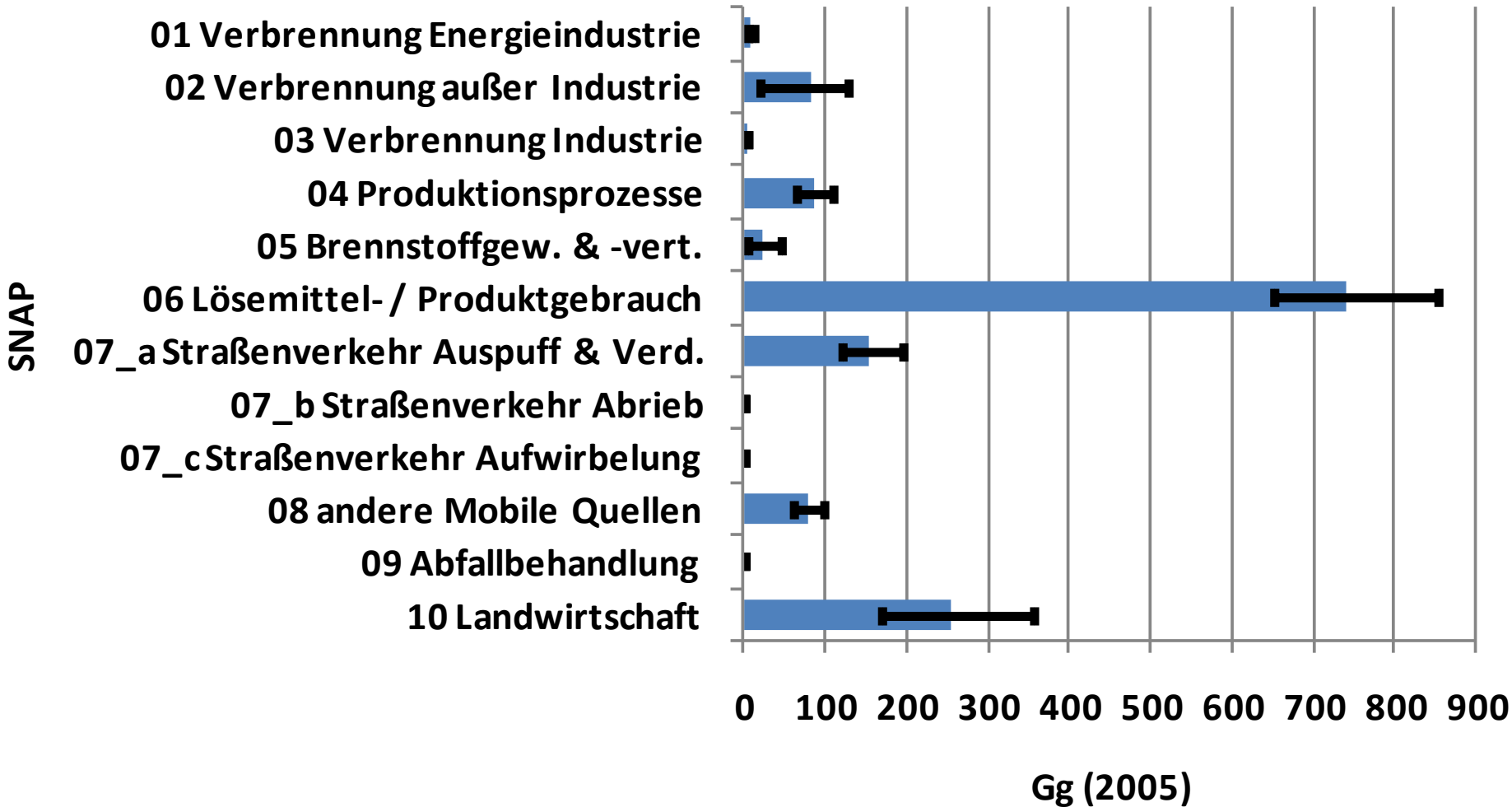




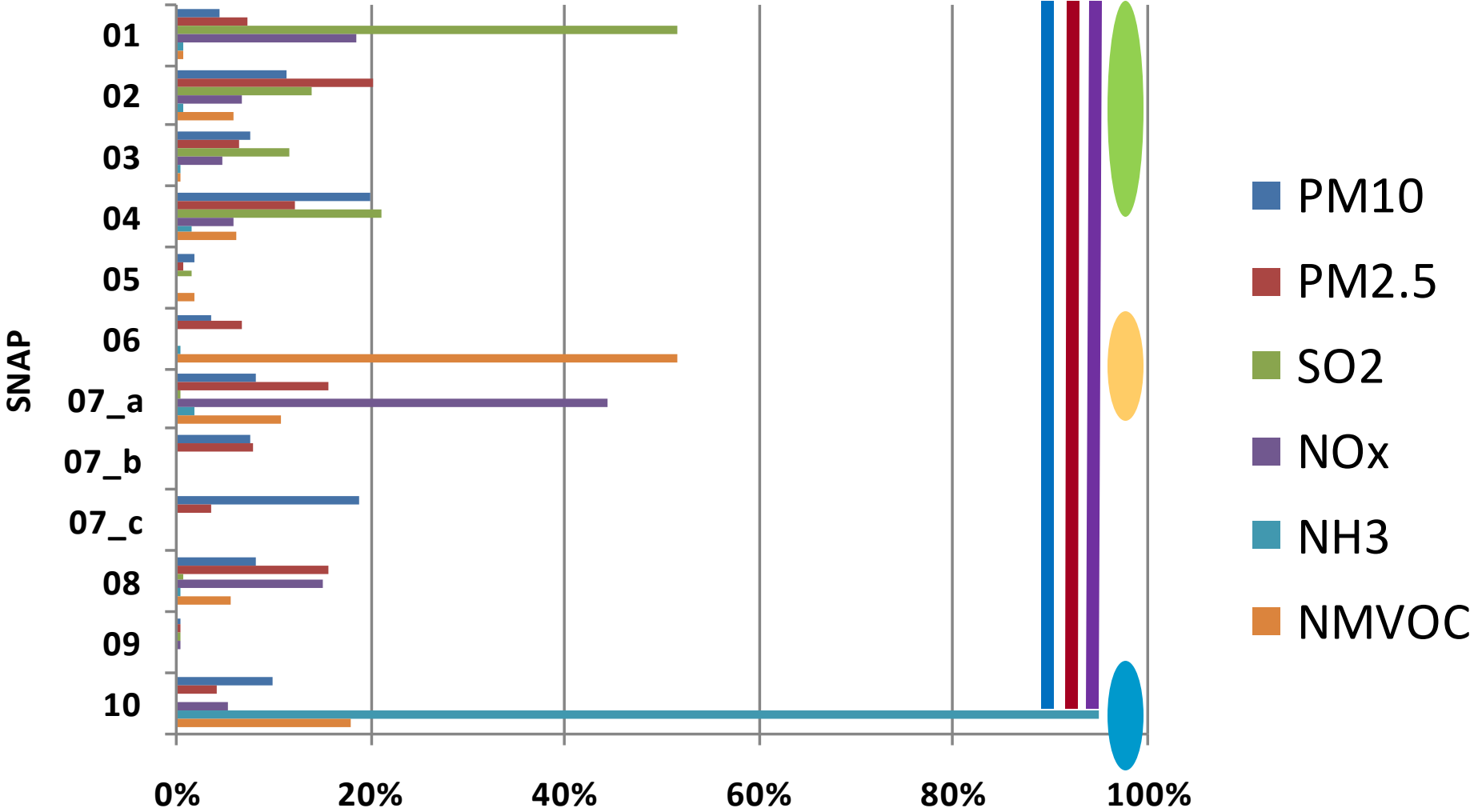
## NH3 2005



## NMVOC 2005



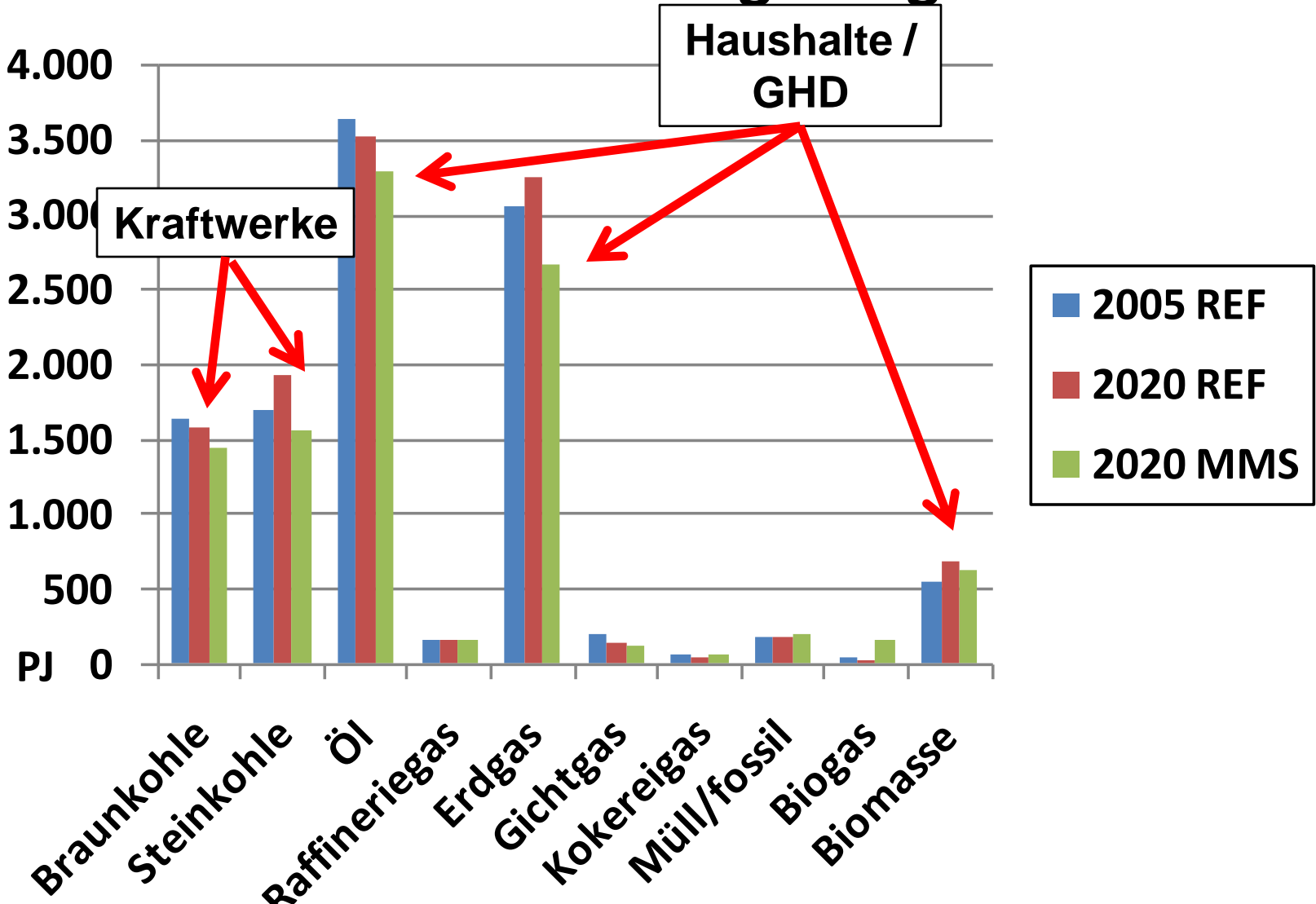
## Emissionen PAREST-Referenz 2005 (Inland)



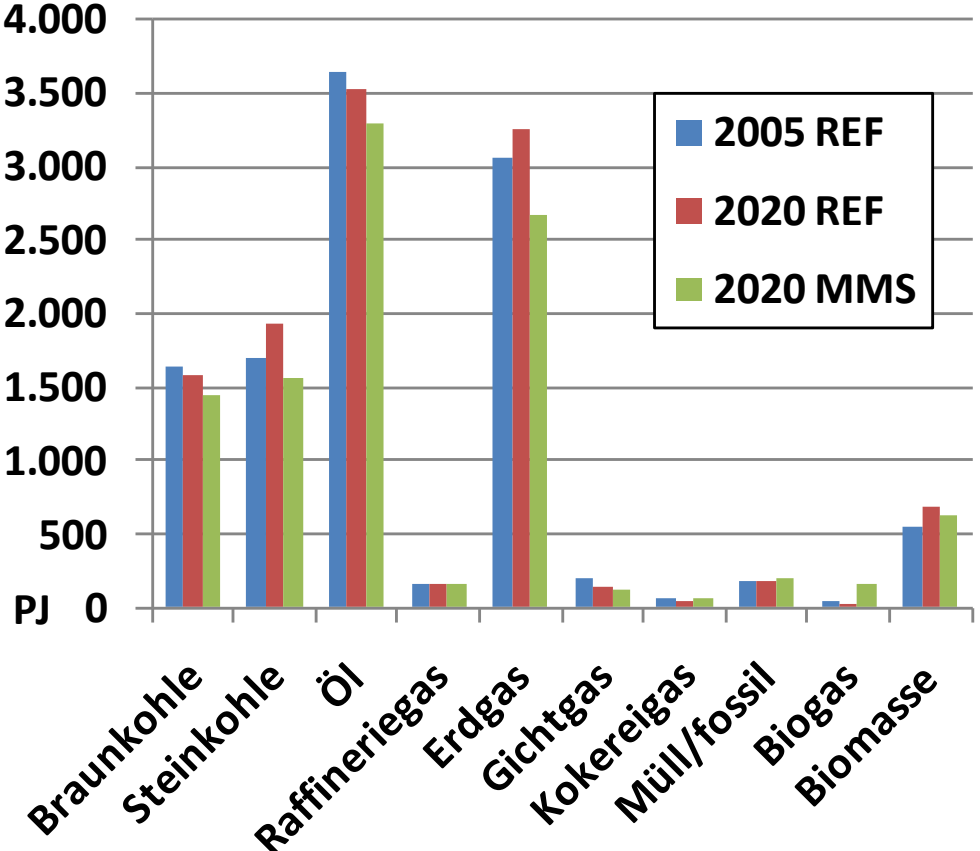
- PAREST-Referenzszenario
- Emissionen 2005 & Unsicherheiten
- **weitere CLE-Szenarien**
- Emissionsprojektionen bis 2020
- NEC-Richtlinie 2010

- Variationen der Annahmen / Modelle zum Energieszenario bzw. zum Straßenverkehr:  
Austausch der jeweiligen Datensätze aus **PAREST-REF**
- **MMS**: Mit-Maßnahmen-Szenario; Das CLE-Energie-Szenario aus „Politiksznarien IV“ [Matthes et al. 2008]
- **TREMOVE 2.7** (Verkehrsmodell)  
Europäische „Konkurrenz“ zu TREMOD
- **TREMODO 5.04**  
aktuellere TREMOD-Version 2009, neu: 5.1 (März 2010)
- In allen betrachteten Verkehrsmodellen: technische EF aus HBEFA 2.1 (2004), **nicht** HBEFA 3.1 (2010)

## emissionsrelevante Energieträger



## emissionsrelevante Energieträger



**Industrieproduktion 2020 (MMS vs. PAREST-REF):**  
 mehr Roheisen & Primäralu  
 weniger Stahl  
 weniger Steine & Erden

**Am wichtigsten für PM: Kohle & Brennholz**

- **Deutliche Abweichungen zu PAREST-REF, auch im Basisjahr 2005 (TREMOMOD 4.17)**

<b>Emissionen Straßenverkehr</b>		
<b>TREMOVE vs. PAREST-REF (PAREST REF = 100%)</b>		
	<b>2005</b>	<b>2020</b>
NMVOOC	165%	56%
NO <sub>x</sub>	130%	224%
PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	93%	71%

<sup>1</sup> Abgas + Abrieb, ohne Wiederaufwirbelung

- **Ähnliche Fahrleistungen, gleiche technische EF**
- **Wesentliche Unterschiede:**  
**Flottenzusammensetzung nach EURO-Standards**

- **aktuelle Bewertung von Euro5/6, EURO VI & Maut**
- **13% mehr Fahrleistung Schwerverkehr 2020 als TREMOD 4.17 / REF**

<b>Emissionen Straßenverkehr</b>		
<b>TREMODO 5.04 vs. PAREST-REF (PAREST REF = 100%)</b>		
	<b>2005</b>	<b>2020</b>
NMVOOC	104%	99%
NO <sub>x</sub>	102%	148%
PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	100%	123%
<sup>1</sup> nur Abgas, ohne Abrieb, ohne Wiederaufwirbelung		

- **Mehr NO<sub>x</sub> als REF, PM<sub>Abgas</sub> unbedeutend (2,6 vs. 2,1 Gg)**

- PAREST-Referenzszenario
- Emissionen 2005 & Unsicherheiten
- weitere CLE-Szenarien
- **Emissionsprojektionen bis 2020**
- NEC-Richtlinie 2010

### Emissionsentwicklung 2005 bis 2020 in verschiedenen CLE-Szenarien

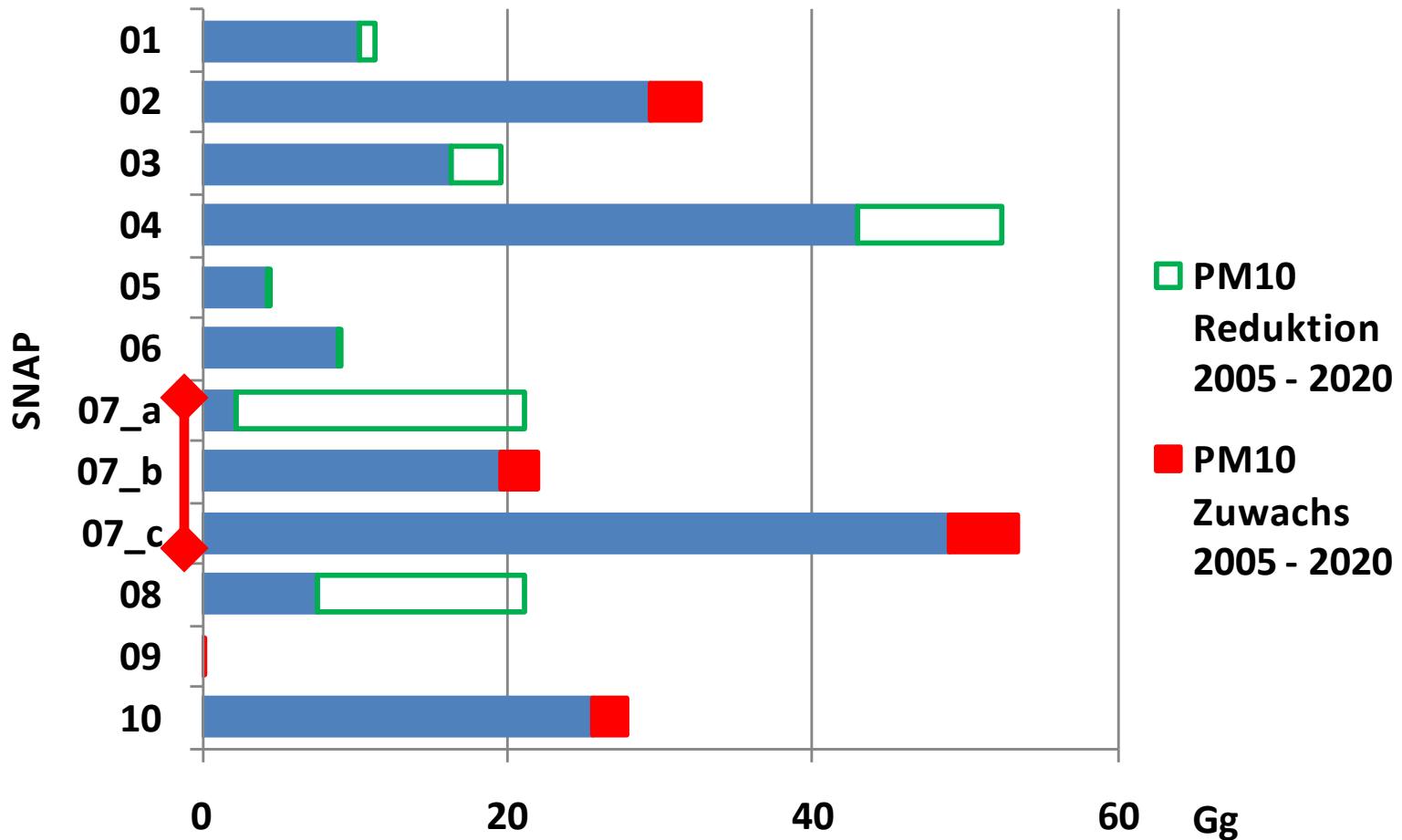
*Emissionsberechnung nach dem Inlandsprinzip (2005 = 100%)*

Szenario	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	NMVOC
PAREST-REF	87%	75%	81%	59%	100%	96%
MMS	86%	72%	79%	55%	100%	95%
TREMOVE 2.7	85%	72%	81%	63%	100%	88%
TREMOD 5.04	88%	75%	81%	63%	100%	96%

- MMS: weniger Kohle & weniger Brennholz
- NO<sub>x</sub>: TREMOVE / TREMOD: aktuellere Annahmen zu Euro5/6 / EURO VI / Maut
- TREMOVE: PM & NMVOC: deutliche Abweichung auch in 2005



### Emissionstrend 2005 - 2020 PAREST-REF



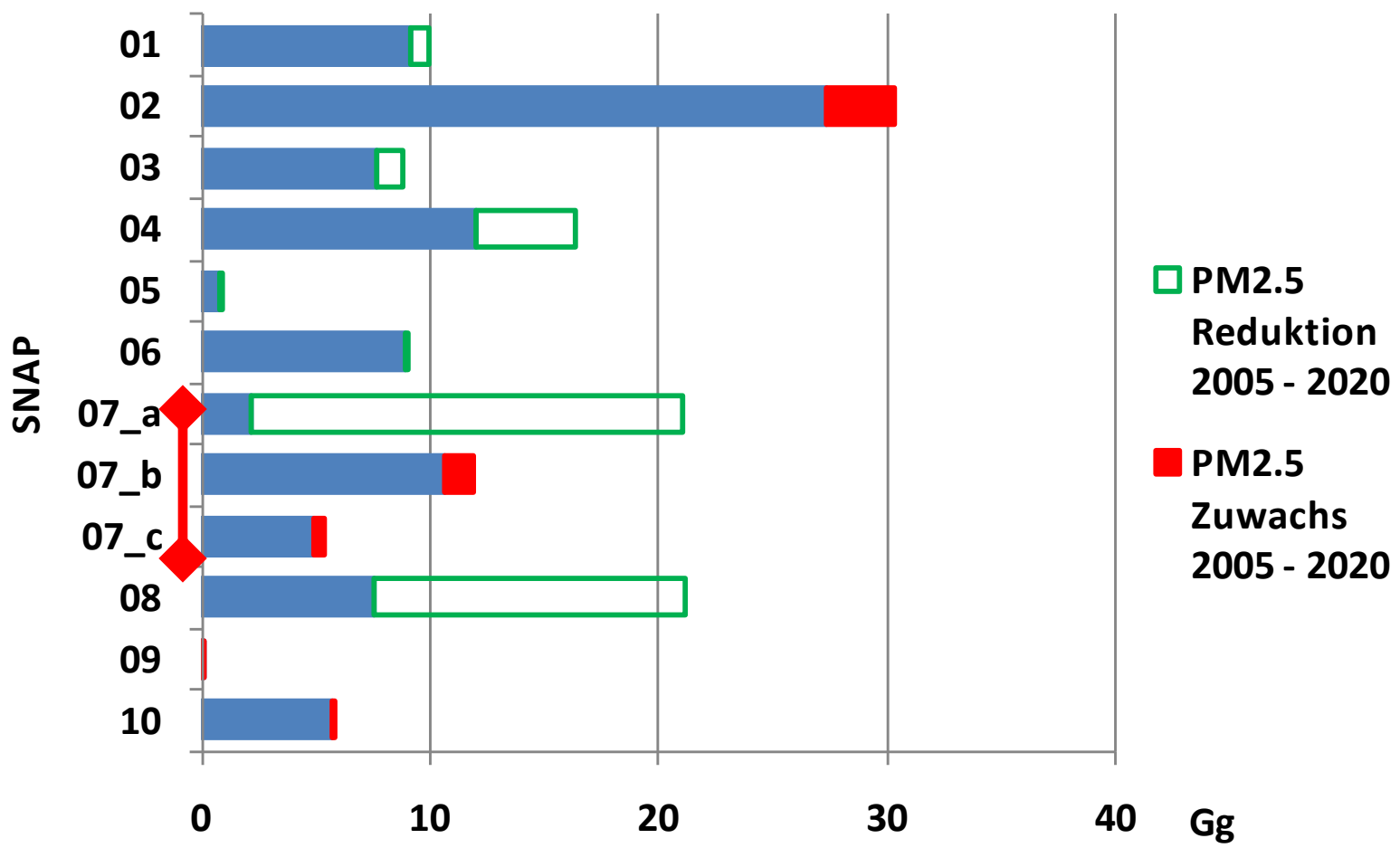
# Emissionstrends 2005 -2020 REF

## PM<sub>2,5</sub>

IZT



### Emissionstrend 2005 - 2020 PAREST-REF

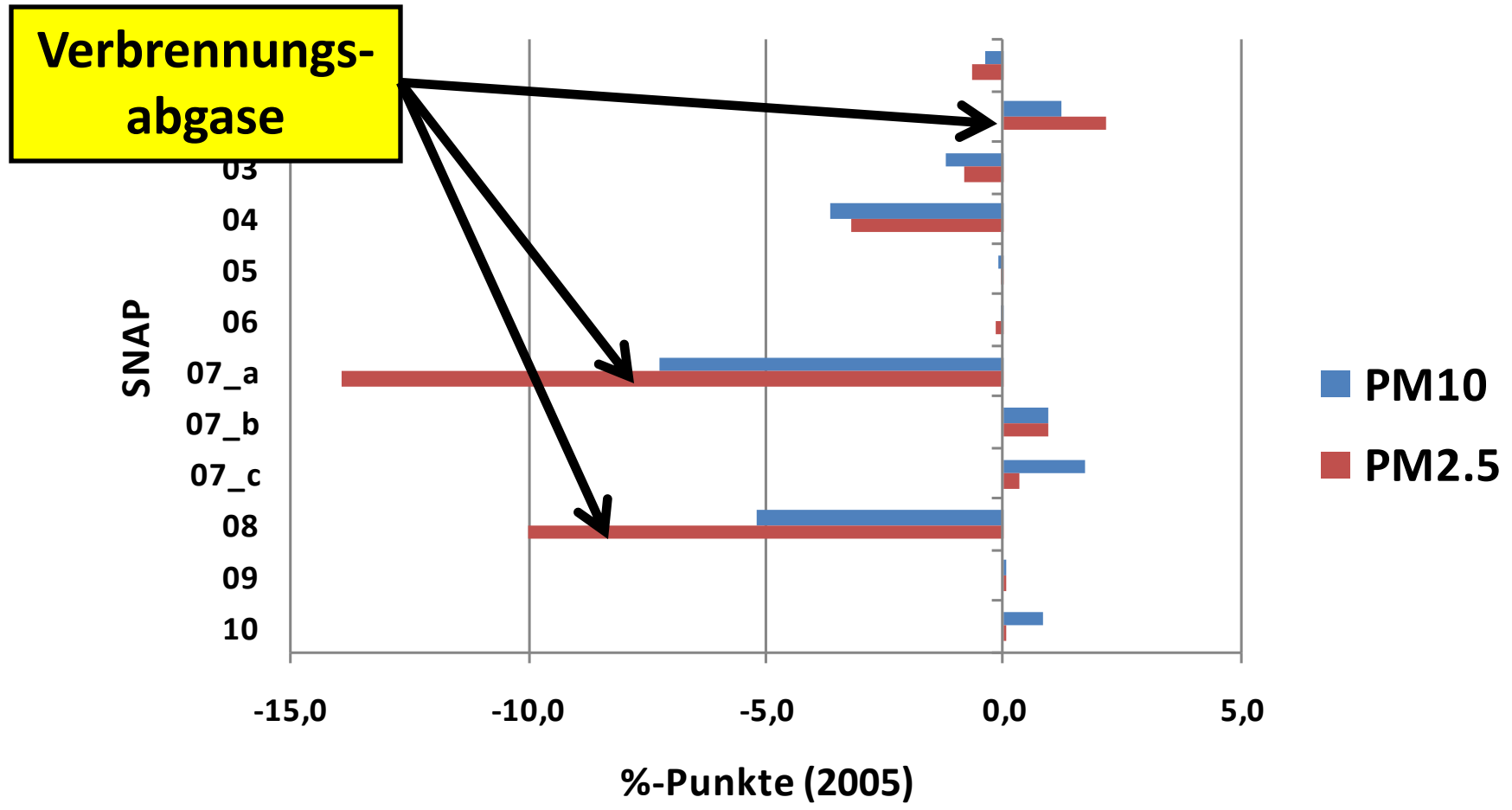


# Emissionstrends 2005 -2020 REF

## PM<sub>10</sub> vs. PM<sub>2,5</sub>



### Änderung PAREST-Ref (Inland) 2005 - 2020



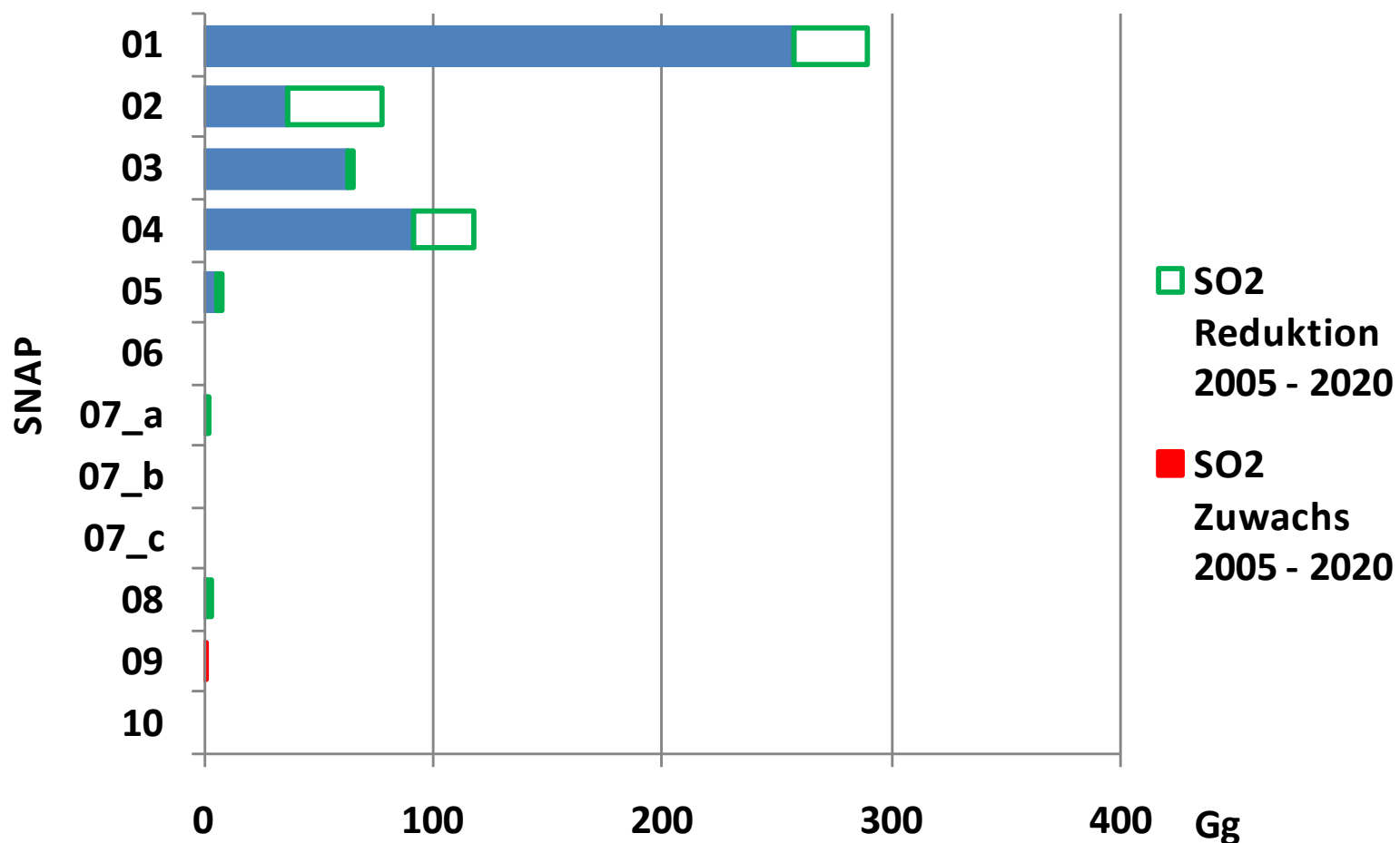
# Emissionstrends 2005 - 2020 REF

## SO<sub>2</sub>

IZT



### Emissionstrend 2005 - 2020 PAREST-REF



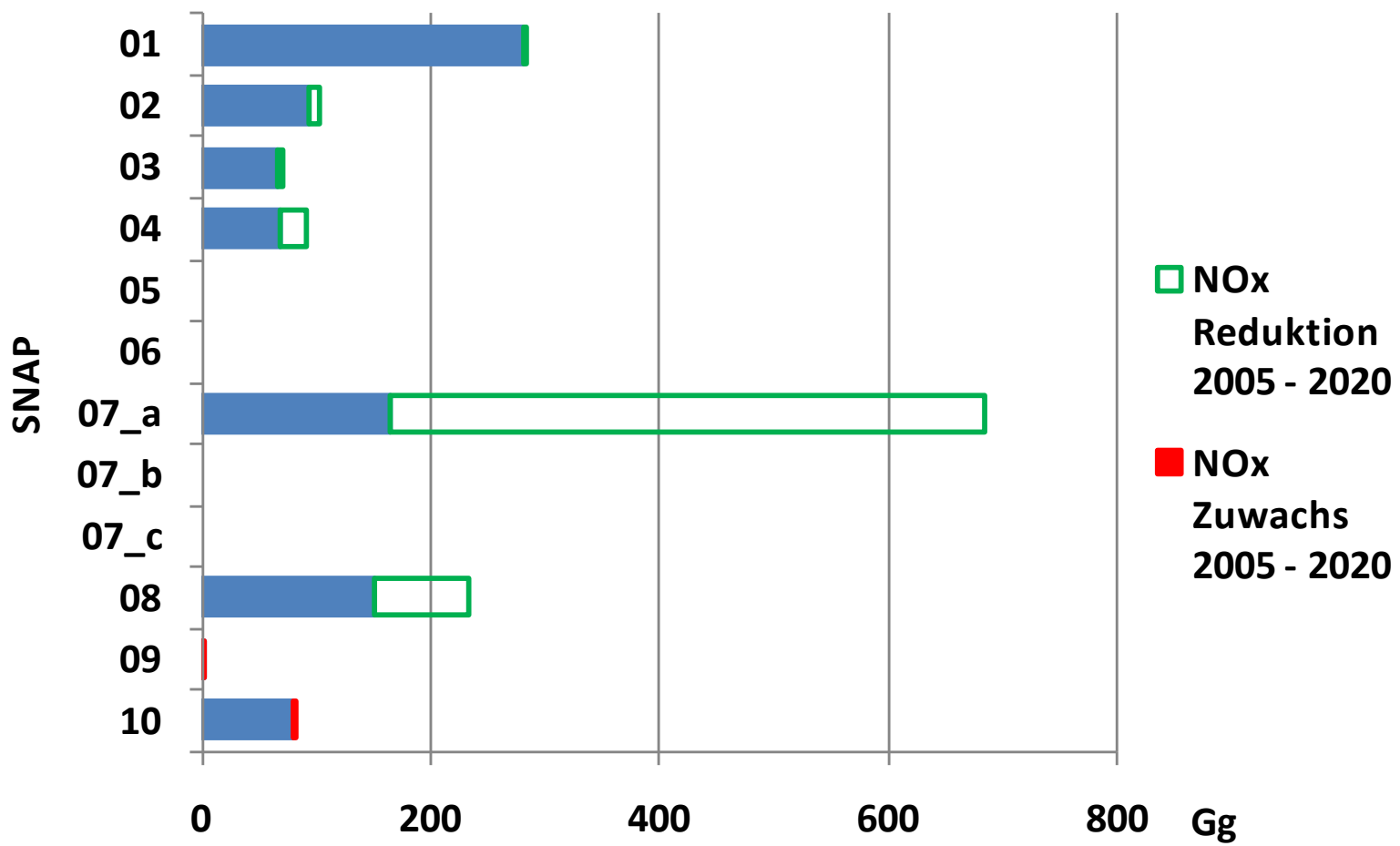
# Emissionstrends 2005 - 2020 REF

## NO<sub>x</sub>

IZT



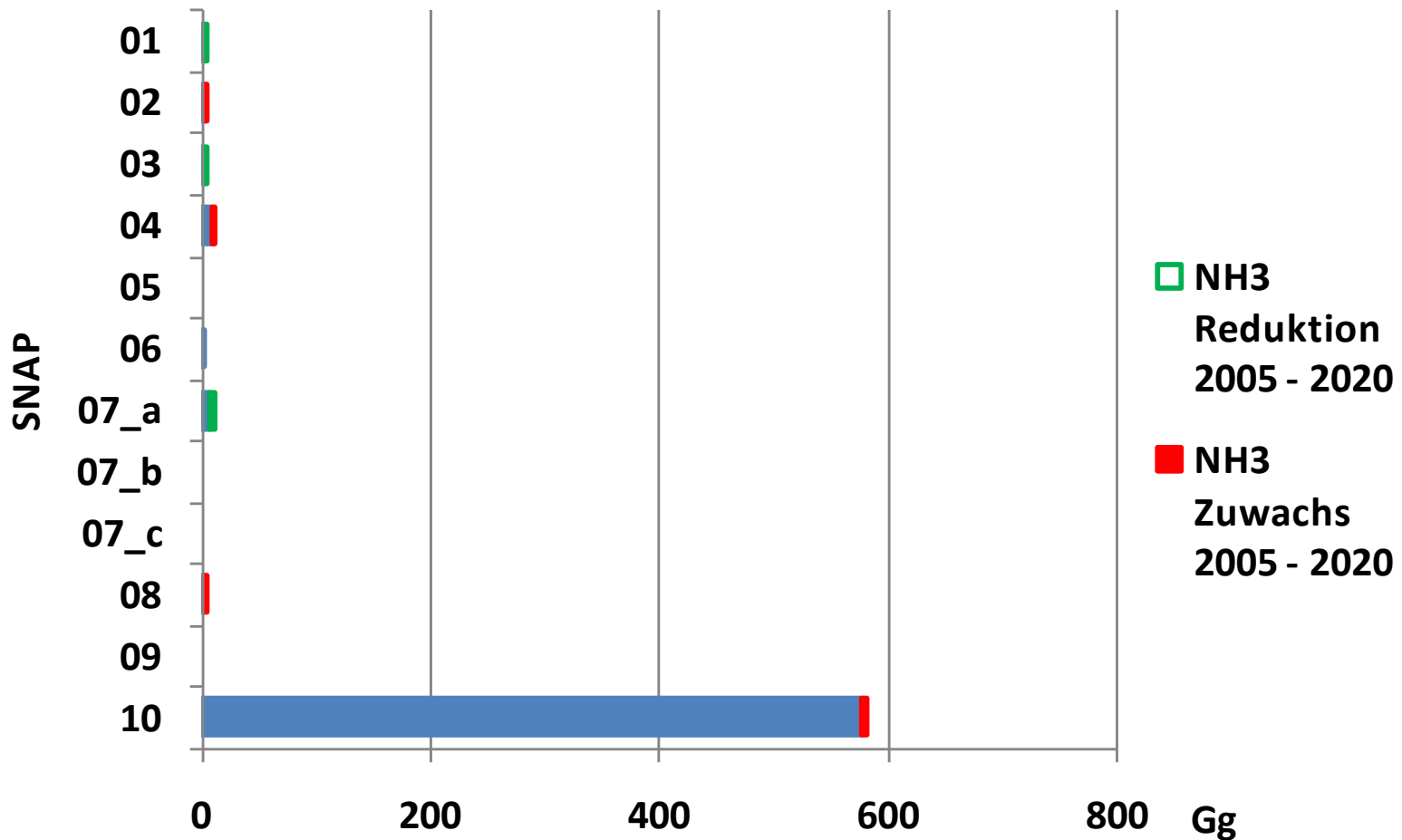
### Emissionstrend 2005 - 2020 PAREST-REF



# Emissionstrends 2005 -2020 REF

## NH<sub>3</sub>

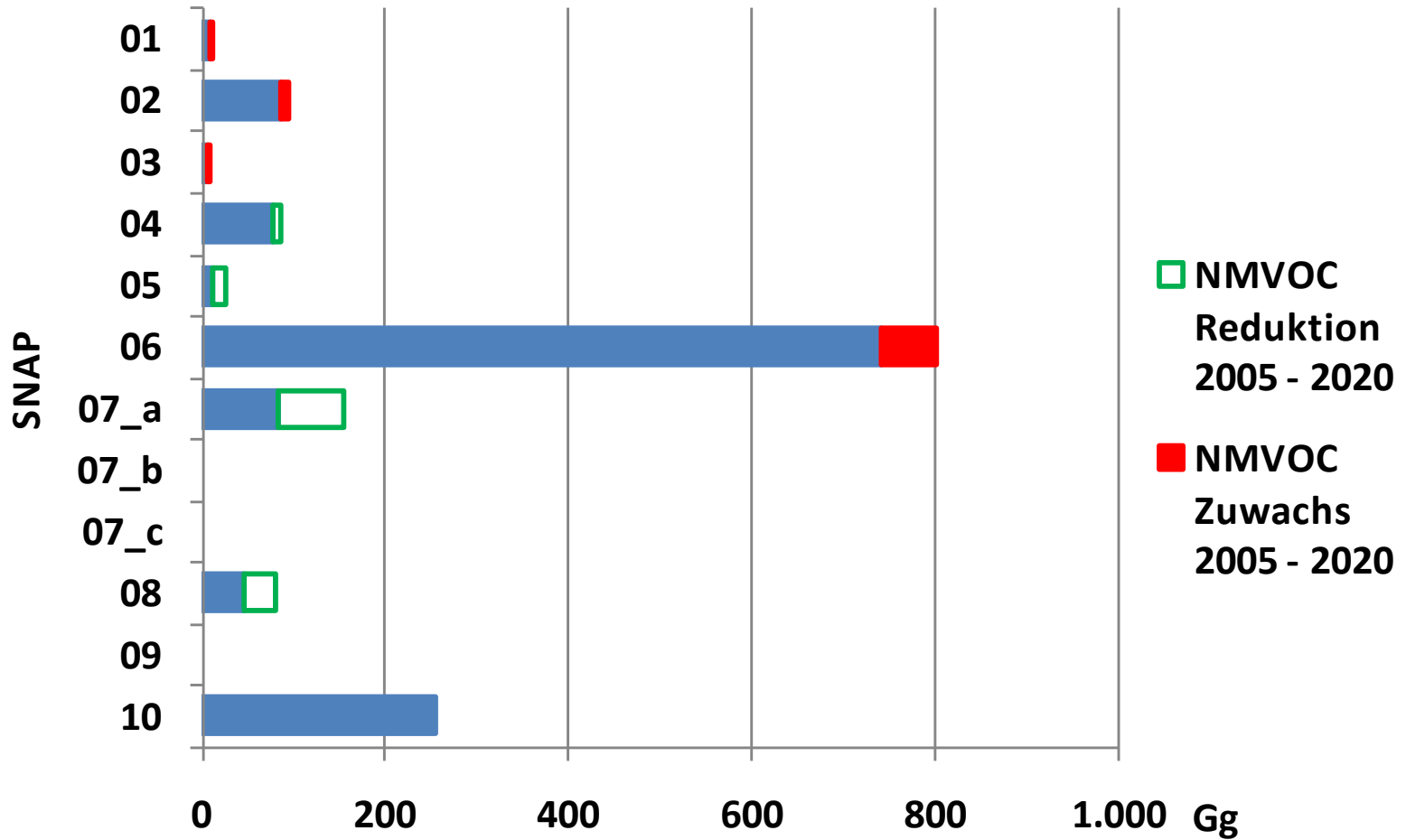
### Emissionstrend 2005 - 2020 PAREST-REF



# Emissionstrends 2005 -2020 REF NMVOC

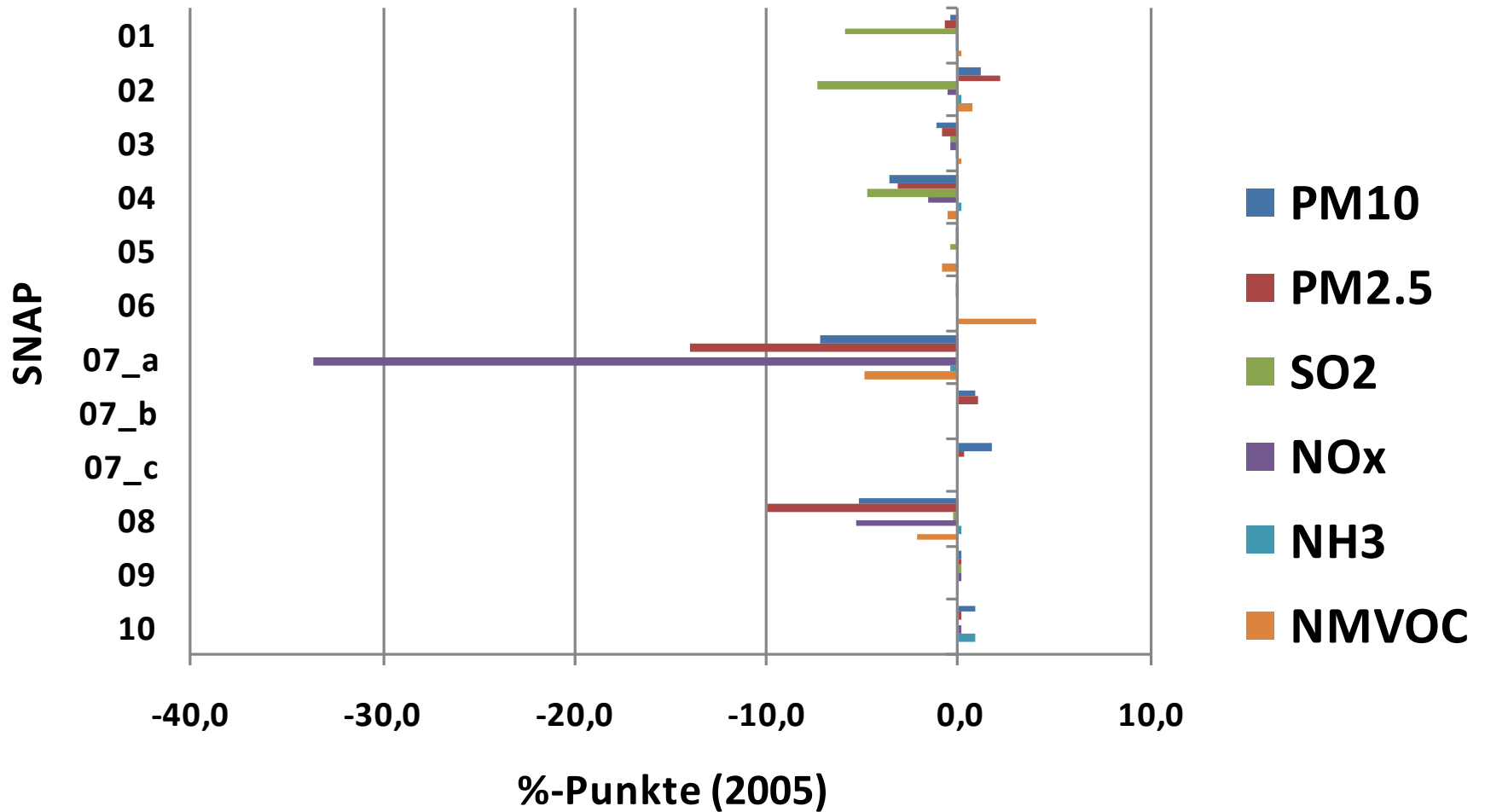


## Emissionstrend 2005 - 2020 PAREST-REF





## Änderung PAREST-Ref (Inland) 2005 - 2020

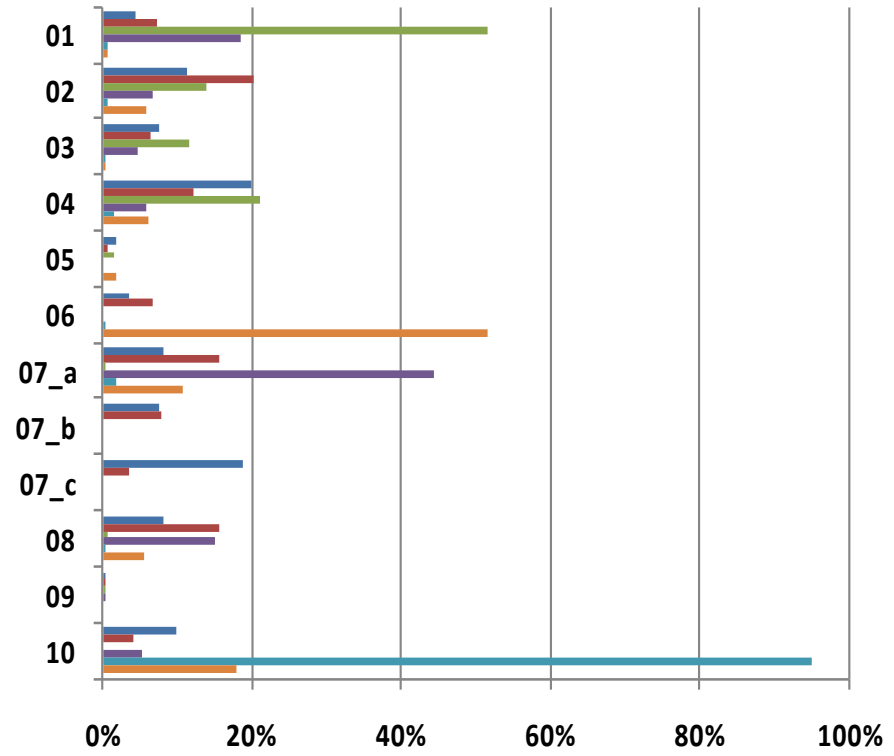


## Änderung PAREST-Ref (Inland) 2005 - 2020

## Emissionen PAREST-Referenz 2005 (Inland)



- PM10
- PM2.5
- SO2
- NOx
- NH3
- NMVOC



Änderung PAREST-Ref (Inland) 2005 - 2020

Emissionen PAREST-Referenz 2005 (Inland)

**Industrie:** Durchschnittliche bis unterdurchschnittliche Minderung

**Landwirtschaft:** Stagnation

**Stationäre Feuerung:**

- SO<sub>2</sub>-Minderung, Ölentschwefelung & Kraftwerke (AR/EF teilw. gegenläufig)
- PM & NMVOC Steigerung wegen Holzfeuerung (ohne 1.BImSchV 2010!)

**Straßenverkehr:**

- Starke Reduktion bis 2020 in REF (Abgas)
- PM10 Abrieb ab 2005 > Abgas
- PM2.5 Abrieb ab 2010 > Abgas
- Aufwirbelung PM10: 250% Abrieb; PM2,5: 50% Abrieb (**hohe Unsicherheit**)

- PAREST-Referenzszenario
- Emissionen 2005 & Unsicherheiten
- weitere CLE-Szenarien
- Emissionsprojektionen bis 2020
- **NEC-Richtlinie 2010**

# Einhaltung der NEC-RL?

## CLE – Szenarien

### Emissionen 2010 in verschiedenen CLE-Szenarien

*Emissionsberechnung nach dem Energiebilanzprinzip [Gg]*

**NEC-relevante Emissionen (ohne NO<sub>x</sub> und NMVOC aus Landwirtschaft)**

Szenario	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	NMVOC
PAREST-Referenz	456	1.052	604	1.023
MMS	484	1.031	603	1.018
TREMOVE 2.7 *	456	1.291	604	1.059
TREMOD 5.04	456	1.111	604	1.020
<b>NEC</b>	<b>520</b>	<b>1.051</b>	<b>550</b>	<b>995</b>

\* Aus TREMOVE 2.7 lag für [Kugler et al. 2010] keine Energiebilanzkorrektur vor. Deshalb werden hier für den Straßenverkehr Inlandsdaten verwendet.

SO<sub>2</sub> eingehalten, NO<sub>x</sub> unsicher, NH<sub>3</sub> & NMVOC verfehlt

„Disclaimer“

- KEINE Prognose 2010!
- Modellergebnisse der PAREST-Szenarien
- Keine aktuellen Aktivitäts- / Produktionsdaten (Wirtschaftskrise)

- PAREST-Referenzszenario gegenüber weiteren CLE-Szenarien: Abweichungen vor allem bei NO<sub>x</sub> 2020, qualitativ gleich!
- Emissionen 2005: wichtige Quellgruppen & Unsicherheiten variieren nach Schadstoff
- Emissionstrends CLE bis 2020:  
NO<sub>x</sub> -40%; SO<sub>2</sub> -20%, PM<sub>2,5</sub> -25%, PM<sub>10</sub> -15%  
NH<sub>3</sub> & NMVOC stagnieren
- Reduktionen:
  - stark bei Straßenverkehr & anderen mobilen Quellen
  - SO<sub>2</sub> aus stationärer Feuerung
  - z.T. bei Industrieprozessen
  - nicht bei Landwirtschaft

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Für Literaturnachweise: siehe Tagungsband

## **Wolfram Jörß**

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung

Schopenhauerstr. 26

14129 Berlin

Tel: 030 803088-17 Fax: -88

w.joerss@izt.de