

# Emissionen von Kfz im Realbetrieb

## Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.2

Dr. Martin Rexeis

Tagung „Was bringen Tempolimits?“

Wien, 6. November 2014

# Überblick Inhalte

**Was ist das „HBEFA“?**

**Grundaussagen des aktuellen HBEFA3.2 zu den Emissionsniveaus von PKW und SNF nach EURO-Klassen**

**Exkurs: Grundregeln für emissionsoptimierten Fahrstil**

**Was bringen Tempolimits quantitativ bzgl. Emissionsausstoß?**

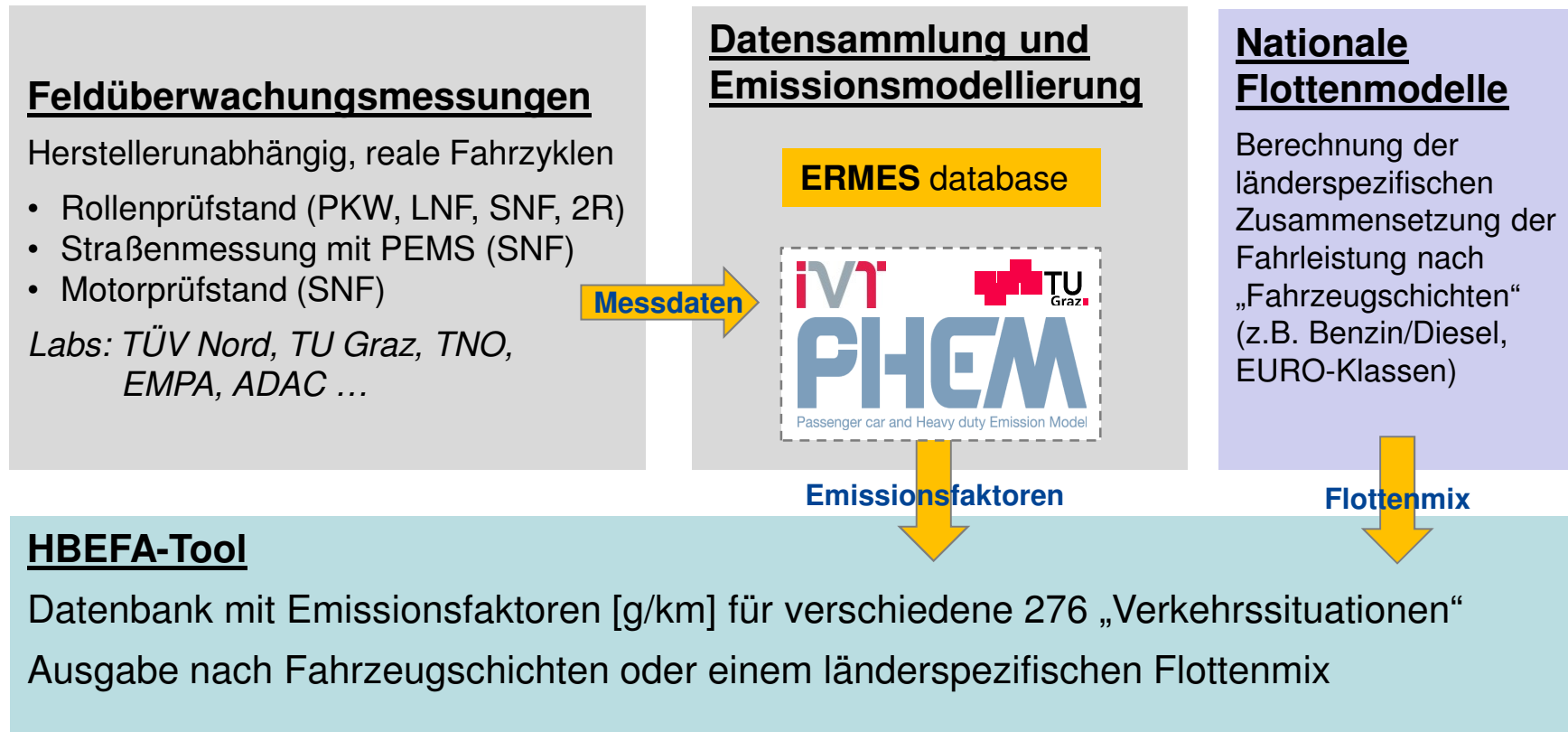
**Zusammenfassung**

## Was ist das „HBEFA“?

- **Datenbank mit Emissionsfaktoren [g/km] sowie länderspezifischen Bestands- und Fahrleistungsdaten für den Straßenverkehr**
  - Angaben zu Kraftstoffverbrauch (FC), CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, HC, CO, PM, PN
  - Fahrzeugkategorien PKW, LNF, SNF, 2-Räder
- **Herausgeber: ERMES Gruppe**  
**(*European Research on Mobile Emission Sources*)<sup>1</sup>**  
Internationale Kooperation von Forschungseinrichtungen und öffentlichen Institutionen (Ministerien, Umweltbundesämtern)
- **Aktuelle HBEFA Version: 3.2 (Stand Juli 2014)**  
Updates ca. alle 4 bis 5 Jahre
- **Zu beziehen unter: [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)**

<sup>1</sup> <http://www.ermes-group.eu/>

# HBEFA: Erstellung und Anwendung



Typische Anwendungen:

Emissionsinventuren, Lüftungmodellierung, Maßnahmenbewertungen, Feedback an die Emissionslegislative

## Datenbasis HBEFA3.2

### Anzahl vermessene Fahrzeuge nach EURO-Klasse:

		pre EURO	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	EURO 6c
PKW	Otto	2 (878)	3 (1191)	4 (164)	9 (156)	23 (208)	18 (31)	1 (1)	n.v.
	Diesel	0 (207)	0 (48)	4 (54)	8 (135)	24 (99)	27 (50)	5 (19)	n.v.
LNF	Otto	0 (19)	0 (14)	0 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	n.v.	n.v.
	Diesel	0 (7)	0 (7)	0 (9)	0 (2)	2 (15)	3 (3)	n.v.	n.v.
SNF	Diesel	2 (40)	2 (13)	10 (21)	13 (27)	8 (8)	11 (11)	7 (7)	X

**Nummern fett:**

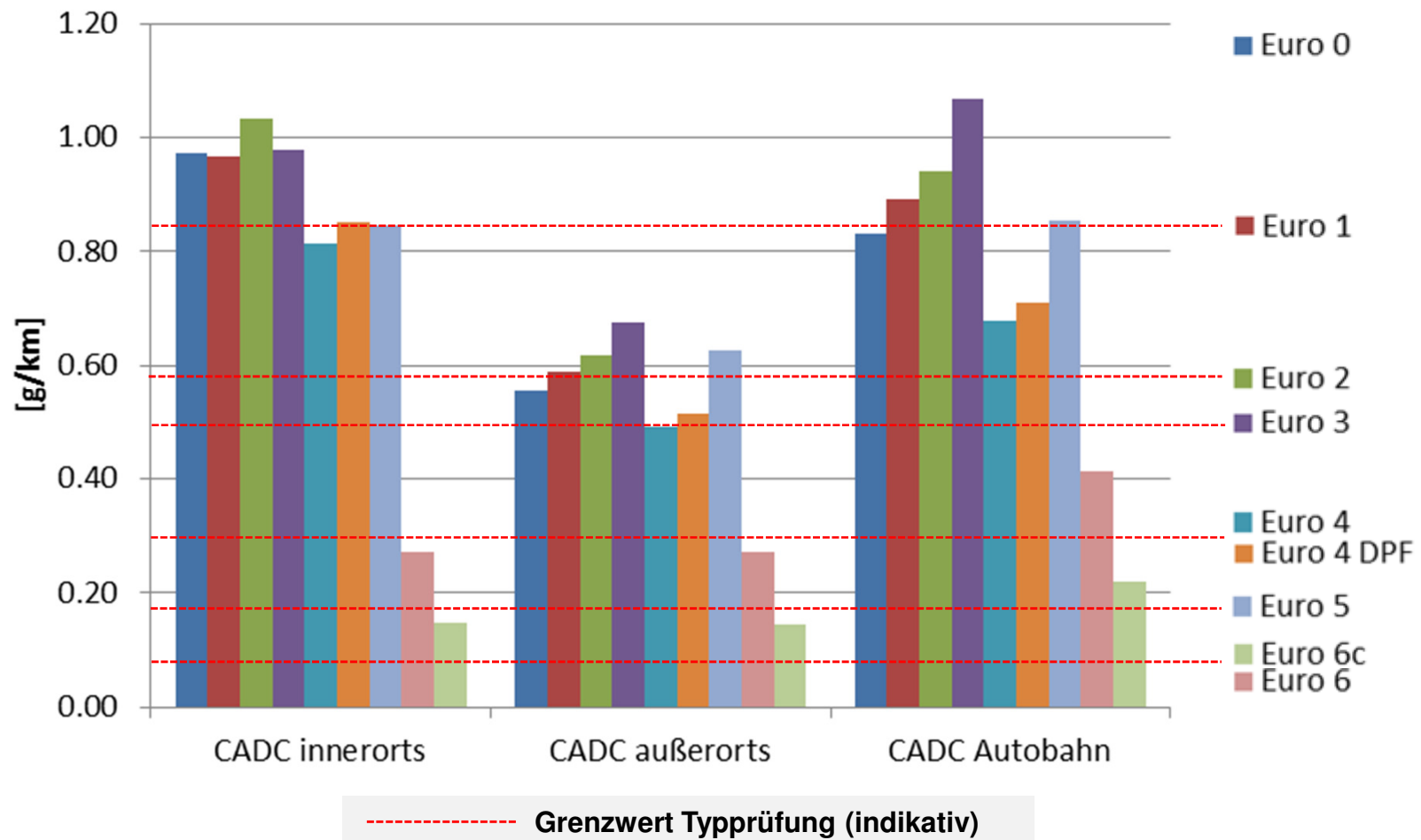
(Nummern in Klammer):

**Modaldaten für Detailauswertungen verfügbar**

Zyklusmittelwerte zur Kalibrierung des Emissionsniveaus verfügbar

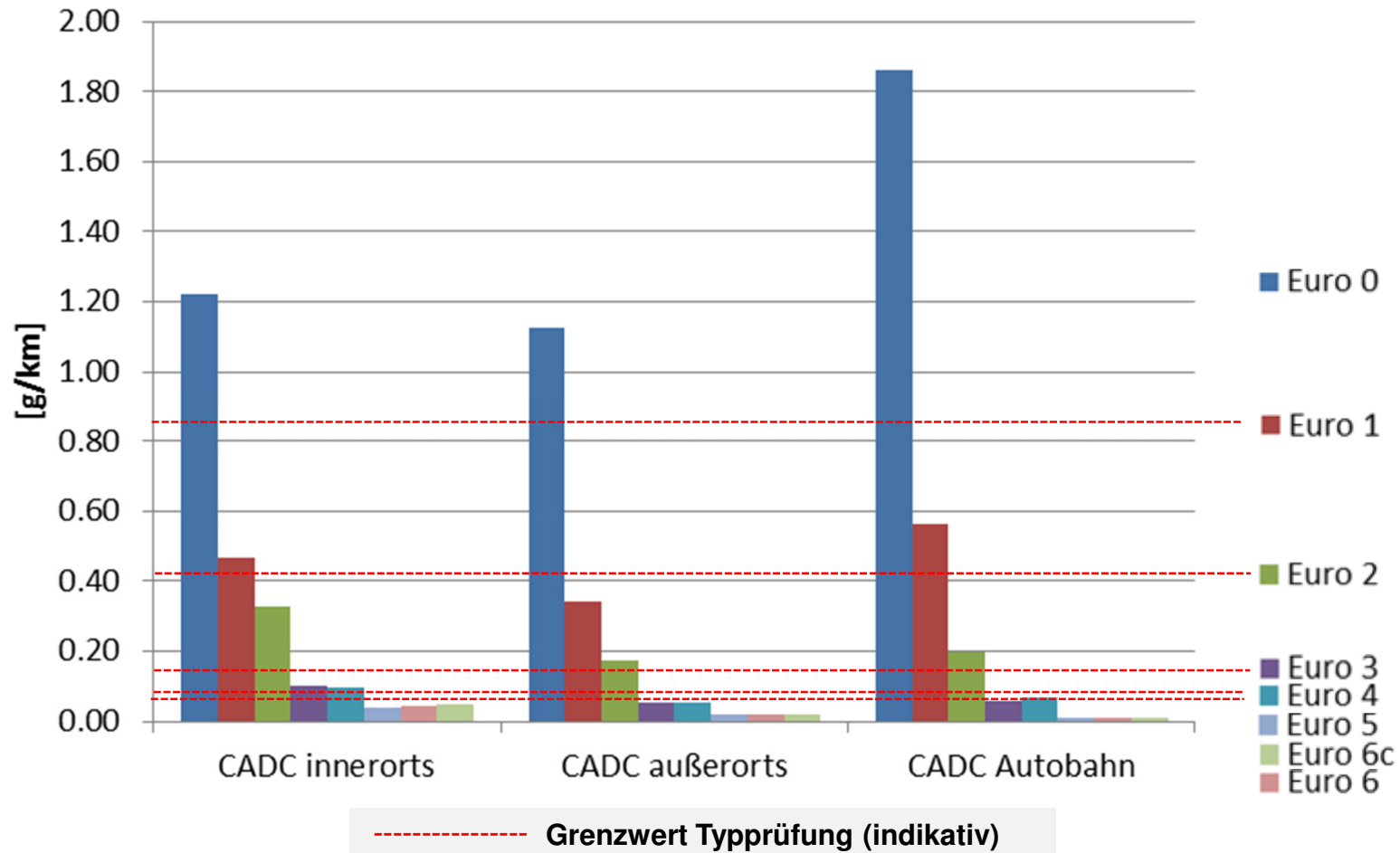
# Ergebnisse Emissionsniveaus nach EURO-Klasse

## PKW Diesel NO<sub>x</sub>



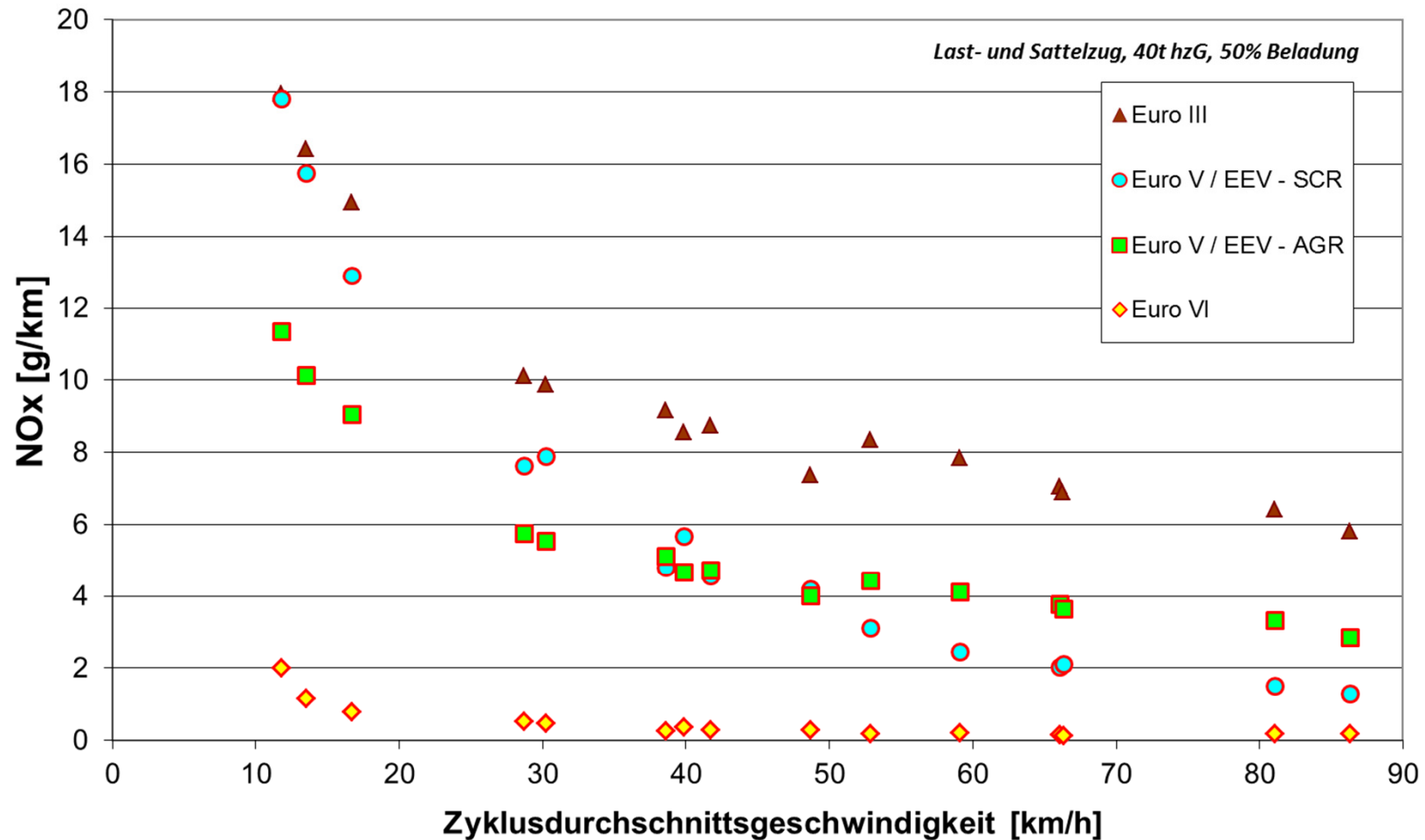
# Ergebnisse Emissionsniveaus nach EURO-Klasse

## PKW Benzin NO<sub>x</sub>



# Ergebnisse Emissionsniveaus nach EURO-Klasse

## Schwere Nutzfahrzeuge NOx





# Grundregeln emissionsoptimierter Fahrstil

## Zentrale Einflussgrößen auf den Kraftstoffverbrauch und Emissionsausstoß:

- I) Streckenbezogener Energieverbrauch [kWh/km] (v.a. *Fahrdynamik*)
- II) Wirkungsgrade von Motor, Abgasnachbehandlung und Antriebsstrang (*Betriebspunkte*)

## Konkrete Strategien:

1. Möglichst gleichmäßig fahren („cruisen“)
  - Optimaler Geschwindigkeitsbereich ca. 40 bis 80 km/h
  - Über ca. 80 km/h stark zunehmender Anstieg der Fahrwiderstände (v.a. Luftwiderstand)
  - Unter ca. 40 km/h überproportionale Abnahme der Wirkungsgrade
2. Motordrehzahl niedrig halten d.h. stets einen möglichst hohen Gang wählen
3. Möglichst vorrausschauend fahren um die Benutzung der Betriebsbremse zu minimieren
4. Optimales Verzögern erfolgt im reinen „Schubbetrieb“ des Fahrzeuges
  - „Schubbetrieb“ = Fuß vollständig vom Gas
  - Dabei nicht bremsen und einen möglichst hohen Gang wählen
5. Moderat beschleunigen (ebenfalls in einem möglichst hohen Gang)
6. Bei längerem Fahrzeugstillstand Motor abschalten

# Quantitative Aussagen zu Tempolimits

## „Verkehrssituationen“ im HBEFA

- Emissionsfaktoren werden nach „Verkehrssituationen“ (VS) angegeben.
- 1 Fahrzyklus je VS
- Fahrzyklen aus Fahrverhaltensdaten aus Mitteleuropa (nicht Ö spezifisch)

Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]

Verkehrszustand: "flüssig"

Gebietstyp	Straßentyp	Tempolimit [km/h]										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Land	Autobahn						82.8	92.8	102.0	112.0	122.0	132.6
	Fern-,Bundesstraße				62.1	71.1	80.0	88.8	97.8	107.8		
	Hauptverkehrsstraße			48.9	57.9	66.9	76.1	85.1	94.0			
	Hauptverkehrsstraße, kurvig			35.0	44.0	52.7	62.2	71.1	80.0			
	Sammelstraße			46.5	55.1	63.7	72.2					
	Sammelstraße, kurvig			38.3	46.2	52.0	60.1					
Stadt	Autobahn						79.0	88.4	96.9	106.4	115.9	126.0
	Stadt-Autobahn				62.7	69.4	79.0	88.4	96.9	106.4		
	Fern-,Bundesstraße					65.8	74.4	86.3	95.1	103.0		
	Städtische Magistrale / Ringstraße			48.9	57.3	65.8	74.4	86.3				
	Hauptverkehrsstraße			45.1	52.0	66.3	70.1					
	Sammelstraße			46.6	51.2							
	Erschliessungsstraße	31.0	36.9	45.7								

Insgesamt 4 Verkehrszustände: flüssig, dicht, gesättigt, stop+go

# Quantitative Aussagen zu Tempolimits

**NOx:** PKW im Flottenmix 2015

**NOx [g/km]**

*Verkehrszustand: "flüssig"*

Gebietstyp	Straßentyp	Tempolimit [km/h]										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Land	Autobahn						0.26	0.30	0.32	0.37	0.45	0.60
	Fern-, Bundesstraße				0.27	0.29	0.26	0.29	0.32	0.37		
	Hauptverkehrsstraße			0.27	0.26	0.27	0.29	0.32	0.36			
	Hauptverkehrsstraße, kurvig			0.44	0.35	0.35	0.28	0.29	0.32			
	Sammelstraße			0.36	0.29	0.29	0.31					
	Sammelstraße, kurvig			0.37	0.39	0.40	0.30					
Stadt	Autobahn						0.28	0.30	0.33	0.42	0.49	0.59
	Stadt-Autobahn				0.24	0.25	0.28	0.30	0.33	0.42		
	Fern-, Bundesstraße					0.31	0.27	0.31	0.31	0.35		
	Städtische Magistrale / Ringstraße			0.32	0.34	0.31	0.27	0.31				
	Hauptverkehrsstraße			0.33	0.32	0.31	0.28					
	Sammelstraße			0.34	0.32							
	Erschliessungsstraße	0.48	0.35	0.33								

## Abschätzung von Wirkung TL (Österreich):

- **AB T130 vs T100:** 0,47 vs 0,33 [g/km] → -31% (flüssig) bzw. -22% (dicht) → **ca. -25%**
- **AB T100 vs T80:** 0,33 vs 0,27 [g/km] → -18% (flüssig) bzw. -15% (dicht) → **ca. -15%**
- **AO BStr T100 vs T80:** 0,34 vs 0,28 [g/km] → -20% (flüssig) bzw. -12% (dicht) → **ca. -15%**
- **IO:** wenig Reduktionspotenzial durch TL zu erwarten, Effekt wäre ggf. lokal zu untersuchen

**Aussagen beziehen sich nur auf PKW (und LNF), durch SV-Anteil nimmt Reduktionspotenzial ab**

# Quantitative Aussagen zu Tempolimits

## PM10: PKW im Flottenmix 2015

### PM10 motorisch [mg/km]

Verkehrszustand: "flüssig"

Gebietstyp	Straßentyp	Tempolimit [km/h]										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Land	Autobahn						10.6	10.6	11.9	12.9	15.1	18.2
	Fern-,Bundesstraße				9.9	10.6	10.1	10.7	11.7	12.3		
	Hauptverkehrsstraße			11.3	10.2	10.1	10.8	11.2	11.8			
	Hauptverkehrsstraße, kurvig			14.7	12.0	12.5	10.6	11.0	11.3			
	Sammelstraße			12.8	10.5	10.7	10.9					
	Sammelstraße, kurvig			13.3	13.2	13.1	10.5					
Stadt	Autobahn						10.9	11.0	11.0	13.2	15.0	17.2
	Stadt-Autobahn				9.3	9.5	10.9	11.0	11.0	13.2		
	Fern-,Bundesstraße					10.9	10.7	10.9	11.5	12.3		
	Städtische Magistrale / Ringstraße			11.3	11.5	10.9	10.7	10.9				
	Hauptverkehrsstraße			11.7	11.3	10.9	10.2					
	Sammelstraße			12.4	11.5							
	Erschliessungsstraße	17.7	13.2	13.4								

### Abschätzung von Wirkung TL (Österreich):

- **AB T130 vs T100: 15,0 vs 11,4 [mg/km] → -24% (flüssig) bzw. -14% (dicht) → ca. -20%**
- **AB T100 vs T80: 11,4 vs 10,7 [mg/km] → -6% (flüssig) bzw. -9% (dicht) → ca. -8%**
- **AO BStr T100 vs T80: 11,8 vs 10,5 [mg/km] → -11% (flüssig) bzw. -5% (dicht) → ca. -8%**
- **IO: wenig Reduktionspotenzial durch TL zu erwarten, Effekt wäre ggf. lokal zu untersuchen**

**Nicht motorisches PM10: ca. 75% Anteil an PM10 Gesamt (2015)**

**TL-Effekt dzt. nicht quantifizierbar, Abnahmen bei strikterem TL pausibel**

# Quantitative Aussagen zu Tempolimits

## CO2: PKW im Flottenmix 2015

CO2 [g/km]

Verkehrszustand: "flüssig"

Gebietstyp	Straßentyp	Tempolimit [km/h]										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Land	Autobahn						120	120	124	138	151	164
	Fern-,Bundesstraße				113	116	118	118	123	134		
	Hauptverkehrsstraße			124	120	114	122	126	131			
	Hauptverkehrsstraße, kurvig			168	144	140	120	126	128			
	Sammelstraße			139	122	122	123					
	Sammelstraße, kurvig			151	152	146	121					
Stadt	Autobahn						115	125	122	138	151	163
	Stadt-Autobahn				116	108	115	125	122	138		
	Fern-,Bundesstraße					124	120	122	121	129		
	Städtische Magistrale / Ringstraße			132	129	124	120	122				
	Hauptverkehrsstraße			146	133	124	116					
	Sammelstraße			139	134							
	Erschliessungsstraße	196	153	140								

### Abschätzung von Wirkung TL (Österreich):

- **AB T130 vs T100:** 151 vs 123 [g/km] → -19% (flüssig) bzw. -13% (dicht) → **ca. -16%**
- **AB T100 vs T80:** 123 vs 117 [g/km] → -4% (flüssig) bzw. -6% (dicht) → **ca. -5%**
- **AO BStr T100 vs T80:** 127 vs 120 [g/km] → -5% (flüssig) bzw. -6% (dicht) → **ca. -5%**
- **IO:** wenig Reduktionspotenzial durch TL zu erwarten, Effekt wäre ggf. lokal zu untersuchen

Aussagen beziehen sich nur auf PKW (und LNF), durch SV-Anteil nimmt Reduktionspotenzial ab

# Zusammenfassung

- In Bezug auf Luftgüte (d.h. abseits von CO<sub>2</sub>) stellen NO<sub>x</sub> von Diesel PKW und LNF das letzte große Problem dar.
- Größenordnungen der wichtigsten TL Effekte (PKW, 2015) anhand HBEFA3.2:

	NOx	CO2	PM10 mot.
Autobahn T130 → T100	-25%	-16%	-20%
Autobahn T100 → T80	-15%	-5%	-8%
Außerorts T100 → T80	-15%	-5%	-8%

- Einfluss von Tempolimits auf nicht-motorische PM10 Emissionen können dzt. nicht quantifiziert werden (Abnahme bei strengem TL wäre plausibel)
- Innerorts ist emissionsseitig wenig Reduktionspotenzial durch TL zu erwarten
- Wichtige Einflussgrößen auf lokalen TL-Effekt (v.a. abseits von AB): Gegebenheiten bzgl. Straße, Verkehrsstärke, Steigung/Gefälle etc.
- Bei SNF haben strengere Tempolimits emissionsseitig keine Vorteile

## Kontakt & Information

**Dr. Martin Rexeis**

Tel: +43 316 873 30270

Email: [rexeis@ivt.tugraz.at](mailto:rexeis@ivt.tugraz.at)

**Technische Universität Graz**

**Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik**

<http://www.ivt.tugraz.at/>