

**Vortrag im Rahmen des Fuhrparkverband Austria  
28. November 2017 in Wien**

# **Abgase und Verbrauch - Test versus Realität ...und was die neuen Rechtsvorschriften ändern**



Institut für Fahrzeugantriebe  
& Automobiltechnik

**Dr. Werner Tober**

Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik

# Kurzvorstellung

Werner Tober



- 1994: Abschluss HTL für KFZ-Bau in Mödling
- 1996-2005: Anstellung in zwei Mehrmarken-Autohäusern
- 2004: Diplom (TU-Wien, Fakultät Maschinenbau)
- 2012: Doktorat (TU-Wien, Fakultät Maschinenbau)
- seit 2006: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik der Technischen Universität Wien
  - » Emissionsprognosen und Umweltstrategie-Entwicklung
  - » Gesamtfahrzeuganalyse (Rollenprüfstand, PEMS, Verbrauchsmessung)
  - » Elektromobilität (Vermessung und Auslegung)
  - » Zahlreiche Publikationen
- seit 2008: SV-Büro TOBER
  - » Unfallrekonstruktion
  - » KFZ-Wesen
  - » Handel mit KFZ
- seit 2009: Technischer Experte für das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)
  - » Fahrzeugstandard-Entwicklung auf UN/ECE- und EU-Ebene

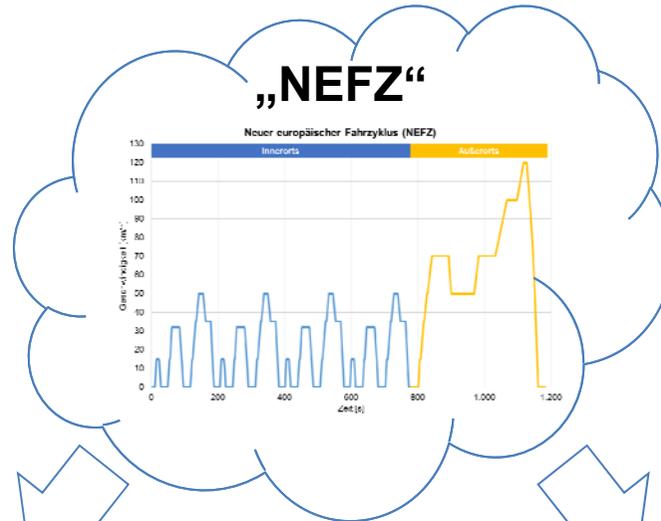


Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig!

# Inhalt

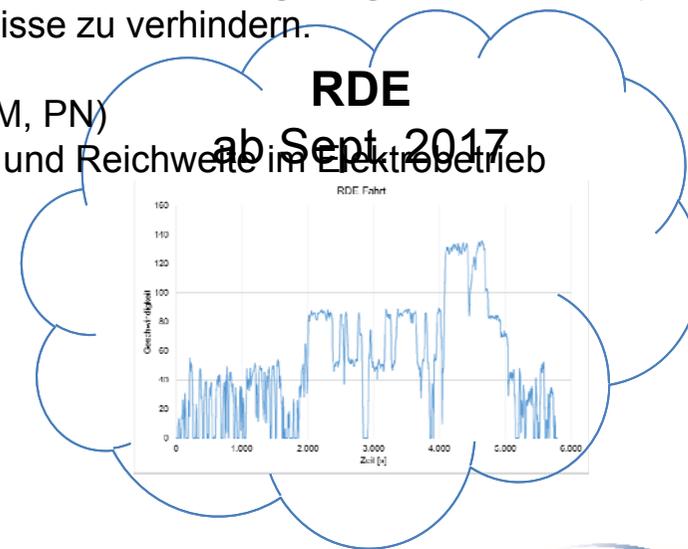
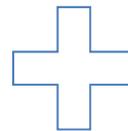
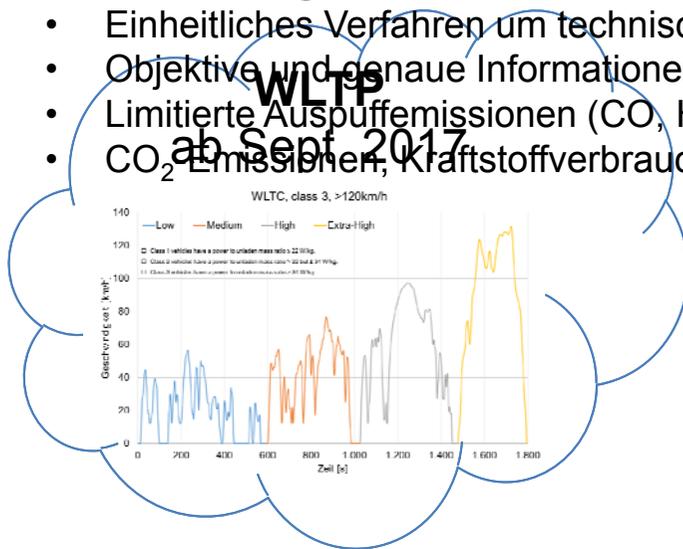
- Rechtliche Grundlagen
- Test-Rahmenbedingungen
- Optimierungsmaßnahmen
- Vergleich (Test vs. Realität) der NO<sub>x</sub>-Emissionen und der Verbrauchsangaben

# Gesetzliche Grundlagen zur Bestimmung der Abgasemissionen und des Kraftstoffverbrauchs



**EU-Verordnung Nr. 715/2007 und 692/2008 ff.** (Verweise auf UN/ECE-Regelung Nr. 83 und 101)

- Einheitliches Verfahren um technische Handelshemmnisse zu verhindern.
- Objektive und genaue Informationen.
- Limitierte Auspuffemissionen (CO, HC, NHMC, NO<sub>x</sub>, PM, PN)
- CO<sub>2</sub> Emissionen, Kraftstoffverbrauch, Stromverbrauch und Reichweite im Elektrobetrieb



# Ermittlung der Abgasemissionen und des Kraftstoffverbrauchs am Rollenprüfstand („NEFZ“, WLTP)

- Die Ermittlung der limitierten Abgasemissionen und des Kraftstoffverbrauchs erfolgt in **zwei Teilen**.
- **1. Teil: Fahrwiderstandsermittlung**  
Auf einer Teststrecke werden die Fahrwiderstände des zu prüfenden PKW bestimmt.
- **2. Teil: Rollenprüfstandstest**  
Die Fahrwiderstände werden auf einem Rollenprüfstand so eingestellt, dass das Fahrzeug am Rollenprüfstand den exakt gleichen Fahrwiderständen ausgesetzt ist wie zuvor gemessen.
- **Auf dem Rollenprüfstand erfolgt dann die eigentliche Ermittlung der Abgasemissionen und des Kraftstoffverbrauchs.**
- **Was bei der Fahrwiderstandsermittlung nicht erfasst wird, wird am Rollenprüfstand nicht berücksichtigt.**

# Wie werden die Fahrwiderstände bestimmt?

## 1. Teil

- Ausrollen aus ca. 130 km/h und in 10 km/h Schritten die Zeit stoppen.
- Fahrbahn muss **eben** sein.
- Fahrbahn muss **trocken** sein
- Geringe Windgeschwindigkeiten** (WLTP: ggf. Windkorr.)
- Umgebungstemperatur NEFZ: -, WLTP: +5 bis +35 °C
- NEFZ:
  - **wenigsten aerodynamische Karosserie**
  - Reifen mit dem **zweit-höchsten Rollwiderstand**
- WLTP:
  - Fahrzeug H: Fahrzeugkonfiguration, die zum **höchsten Zyklusenergiebedarf** führt.  
(Masse, Luftwiderstand, Reifenrollwiderstand)
  - Fahrzeug L: Fahrzeugkonfiguration, die zum **geringsten Zyklusenergiebedarf** führt.
- Fenster** sind zu **schließen**.
- NEFZ: Abdeckungen** von Klimaanlage, Scheinwerfern usw. dürfen sich **nicht in Betriebsstellung** befinden.
- WLTP:** Bewegliche aerodynamische Karosserieteile müssen gemäß WLTP betrieben werden.



Quelle: Google Maps

# Optimierungsmaßnahmen bei der Fahrwiderstandsermittlung

Was ist legal (✓) und was nicht (✗)?

Hohe Umgebungstemperatur  
⇒ Reduktion des Luftwiderstand ✓

Optimierung der Spureinstellung  
⇒ Reduktion des Rollwiderstandes ✓

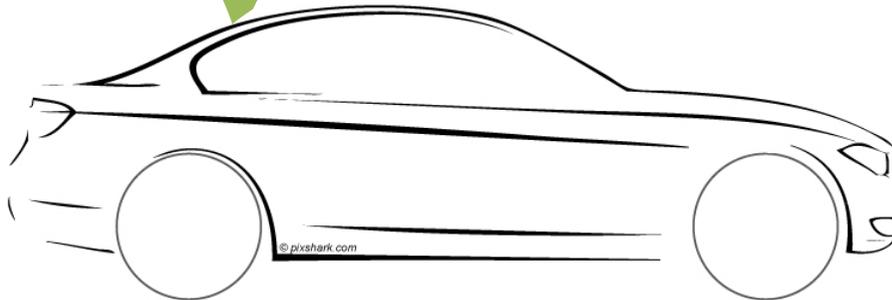
Änderung durch WLTP ✓

Leichtlaufreifen mit hohem Luftdruck (Eco Angabe)  
⇒ Reduktion des Rollwiderstandes ✓

Einsatz von Leichtlaufölen  
⇒ Reduktion der Reibung ✓

Abdeckungen nicht in Betriebsstellung  
⇒ Reduktion des Luftwiderstand ✓

Änderung durch WLTP ✓



Abkleben von Spalten und Unregelmäßigkeiten  
⇒ Reduktion des Luftwiderstand ✗

Extras (z.B. Dachreling) demontieren  
⇒ Reduktion des Luftwiderstand ✓

Änderung durch WLTP ✓

Abstand zwischen Bremsbelege und -scheiben wird überprüft

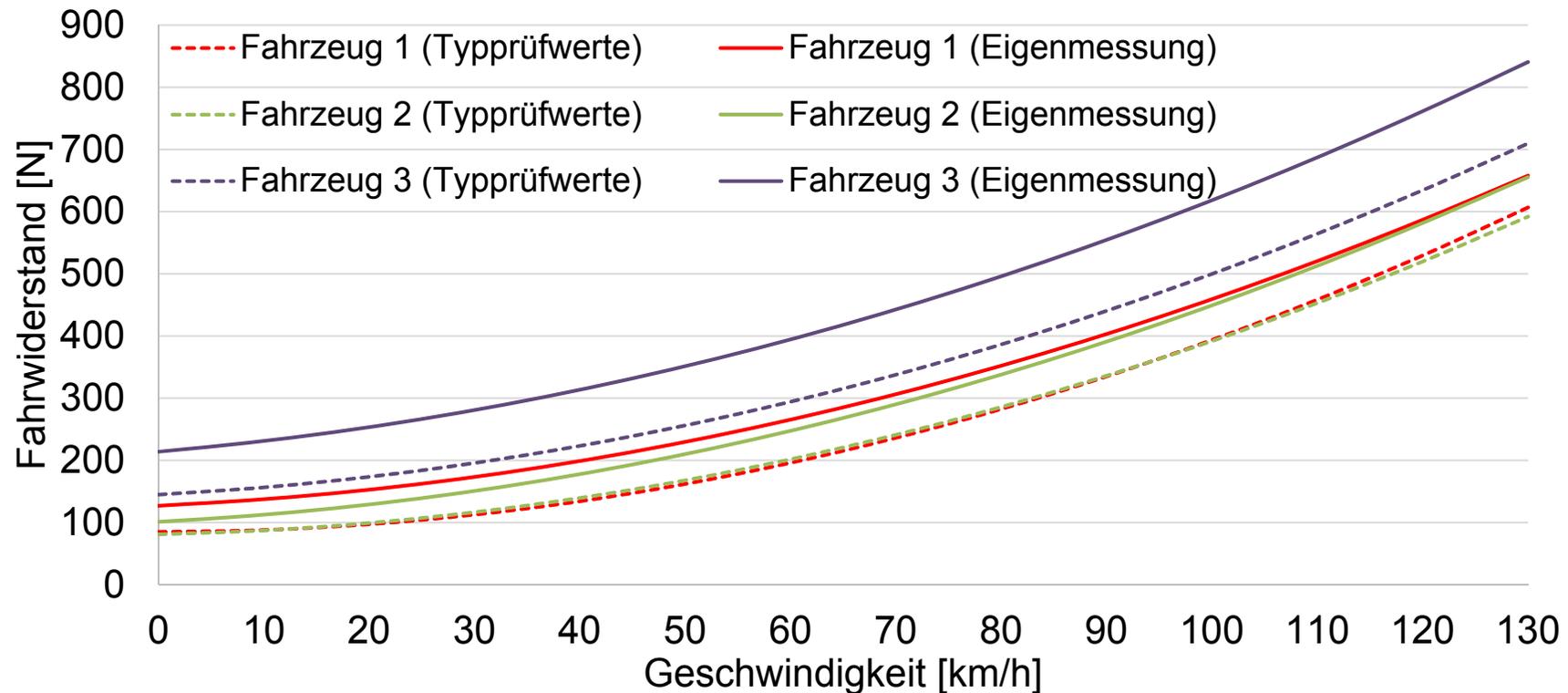
Kein Bremsen während des Tests  
⇒ Reduktion des Rollwiderstandes ✓

Änderung durch WLTP ✓

# Unterschied in den ermittelten Fahrwiderständen

unter Idealbedingungen (Basis „NEFZ“) und ohne Optimierungen

- Die Fahrwiderstände liegen **ohne Optimierung 10 bis 60 % höher.**
- Im Mittel stieg die **Abweichung** in den letzten 15 Jahren von 19 auf **37 %**.\*)
- **12 % Verbrauchersparnis** durch Fahrwiderstandsoptimierung.\*)



\*) Quelle: Dings, J.: Mind the gap, Transport & Environment, 2013

# Wie wird die Messung am Rollenprüfstand durchgeführt?

## 2. Teil

- Abbildung der Fahrwiderstände am Rollenprüfstand**
- Fix vorgegebenes Geschwindigkeitsprofil (NEFZ bzw. WLTC)**
- Keine Fahrbahnneigung** (Steigung oder Gefälle)
- Keine Kurven**
- Keine Sonneneinstrahlung**
- Kein Regen**
- Kein Rücken-, Seiten- oder Gegenwind**
- Umgebungstemperatur**
  - NEFZ: +20 bis +30 °C, WLTP: +23 °C ( $\pm 5$  °C) & +14 °C
- Volle 12V-Batterie** (im WLTP wird der Verbrauch korrigiert)
- Verbraucher** (Klimaanlage, Licht, Radio, Sitzheizung,...) die nicht dem unmittelbaren Fahrzweck dienen sind zu **deaktivieren**.



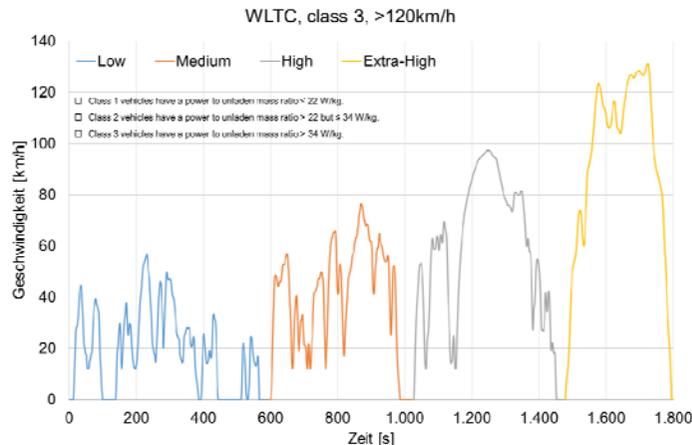
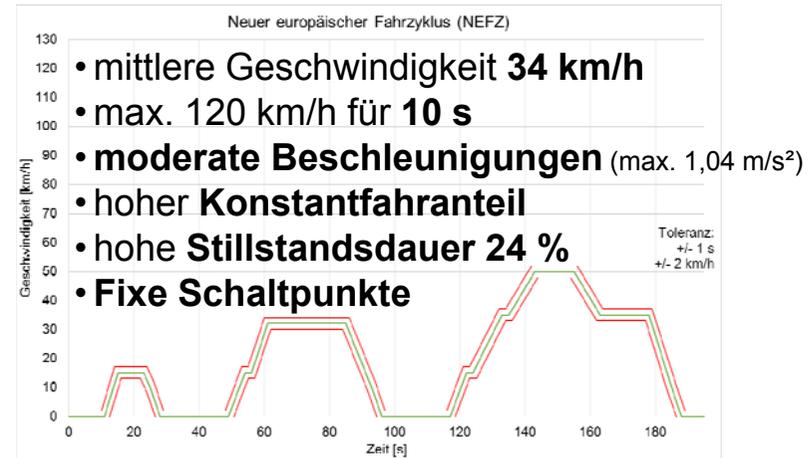
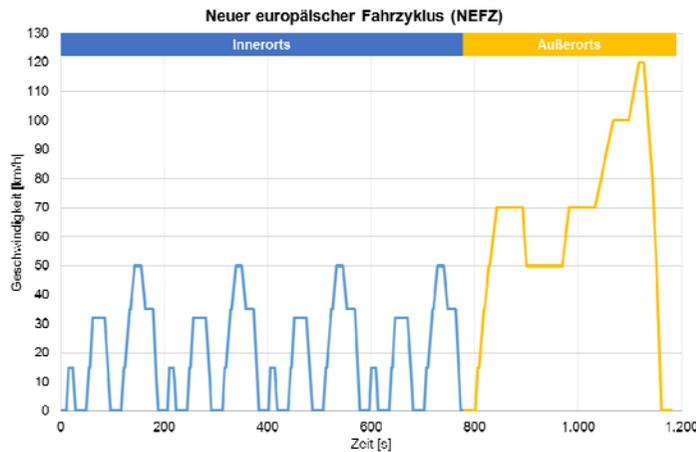
Quelle: ATZ 11|2009

# Die Geschwindigkeitsprofile im Vergleich

NEFZ bzw. WLTC werden am Rollenprüfstand gefahren



- **NEFZ...** Neuer Europäischer Fahrzyklus
- **WLTC...** Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle



- mittlere Geschwindigkeit **47 km/h**
- max. **131 km/h**
- **Stärkere Beschleunigungen** (max. 1,6 m/s<sup>2</sup>)
- **Keine Konstantfahranteil**
- **Stillstandsdauer 13 %**
- **Schaltpunkte werden spezifisch ermittelt**

Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig!

# Optimierungsmaßnahmen am Rollenprüfstand

Was ist legal (✓) und was nicht (✗)?

max. 30 °C (WLTP 28 °C) Umgebungstemperatur  
⇒ Motor und AGN werden schneller warm

Abklemmen der Lichtmaschine  
⇒ Energieeinsparung ✗

Änderung durch WLTP ✓

Rechn. Korrektur des Verbrauchswertes (max. 4 %)  
⇒ Reduktion des Verbrauchswertes

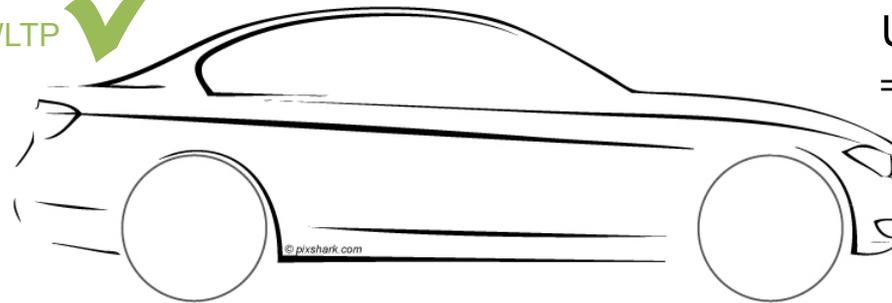
Änderung i.A. ✓

Vollladen der 12V Batterie  
⇒ Energieeinsparung ✓

Änderung durch WLTP ✓

Unterschiedliche Getriebemodi  
⇒ Verbrauchsoptimaler Betrieb

Änderung durch WLTP ✓



Wahl der Schwungmassenklasse  
⇒ Energieeinsparung ✓

Änderung durch WLTP ✓

Ausnutzung des Geschwindigkeits-Toleranzbandes  
⇒ Weniger Energiebedarf oder mehr Weg

Änderung durch WLTP ✓

Motorsteuerung verhält sich im Test anders  
⇒ Verbrauchsoptimaler Betrieb ✗

Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig!

# Real Driving Emissions – Light-Duty Vehicles (kurz RDE)

Verordnung (EG) 715/2007, Erwägungsgrund Nr. 15:

(15) Die Kommission sollte prüfen, ob der Neue Europäische Fahrzyklus, der den Emissionsmessungen zugrunde liegt, angepasst werden muss. Die Anpassung oder Ersetzung des Prüfzyklus kann erforderlich sein, um Änderungen der Fahrzeugeigenschaften und des Fahrerverhaltens Rechnung zu tragen. Überprüfungen können erforderlich sein, um zu gewährleisten, dass die bei der Typgenehmigungsprüfung gemessenen Emissionen denen im praktischen Fahrbetrieb entsprechen. Der Einsatz transportabler Emissionsmesseinrichtungen und die Einführung des „not-to-exceed“-Regulierungskonzepts (der Hersteller muss gewährleisten, dass sein Fahrzeug in allen Betriebszuständen die Grenzwerte nicht überschreitet) sollten ebenfalls erwogen werden.

- ❑ **Zusätzlich zur anspruchsvolleren und strikeren Testprozedure WLTP gilt RDE seit 09/2017**
- ❑ **Die Fahrzeuge werden im öffentlichen Straßenverkehr bewegt**
  - deutlich größere Variation der Umgebungs- und Betriebsbedingungen im Vergleich zu NEFZ bzw. auch WLTC
- ❑ **Fokus:**
  - Stickoxid (NO<sub>x</sub>)-Emissionen und
  - Partikelanzahl (PN)-Emissionen
- ❑ **Der Kraftstoffverbrauch steht nicht im Fokus von RDE (Vergleich zwischen einzelnen Fahrzeugen deutlich schwieriger.)**



Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig!

# Real Driving Emissions

- Testrandbedingungen deutlich weiter als am Rollenprüfstand
  - Fahrzeugmasse (bis zu 90 % der möglichen Zuladung)
  - Umgebungsbedingungen (-7 °C bis +35 °C)
  - Fahrzeugkonditionierung (-7 °C bis +35 °C)
  - Dynamische Bedingungen (nicht zu moderat/aggressiv, wie „normales Fahren“)
  - Zustand und Betrieb des Fahrzeugs (Klima an, Licht an, wie „normales Fahren“)
  - Anforderungen an die Fahrt (je 1/3 IO/AO/AB, Dauer 1,5-2 Std.)

- Emissionsgrenzwert

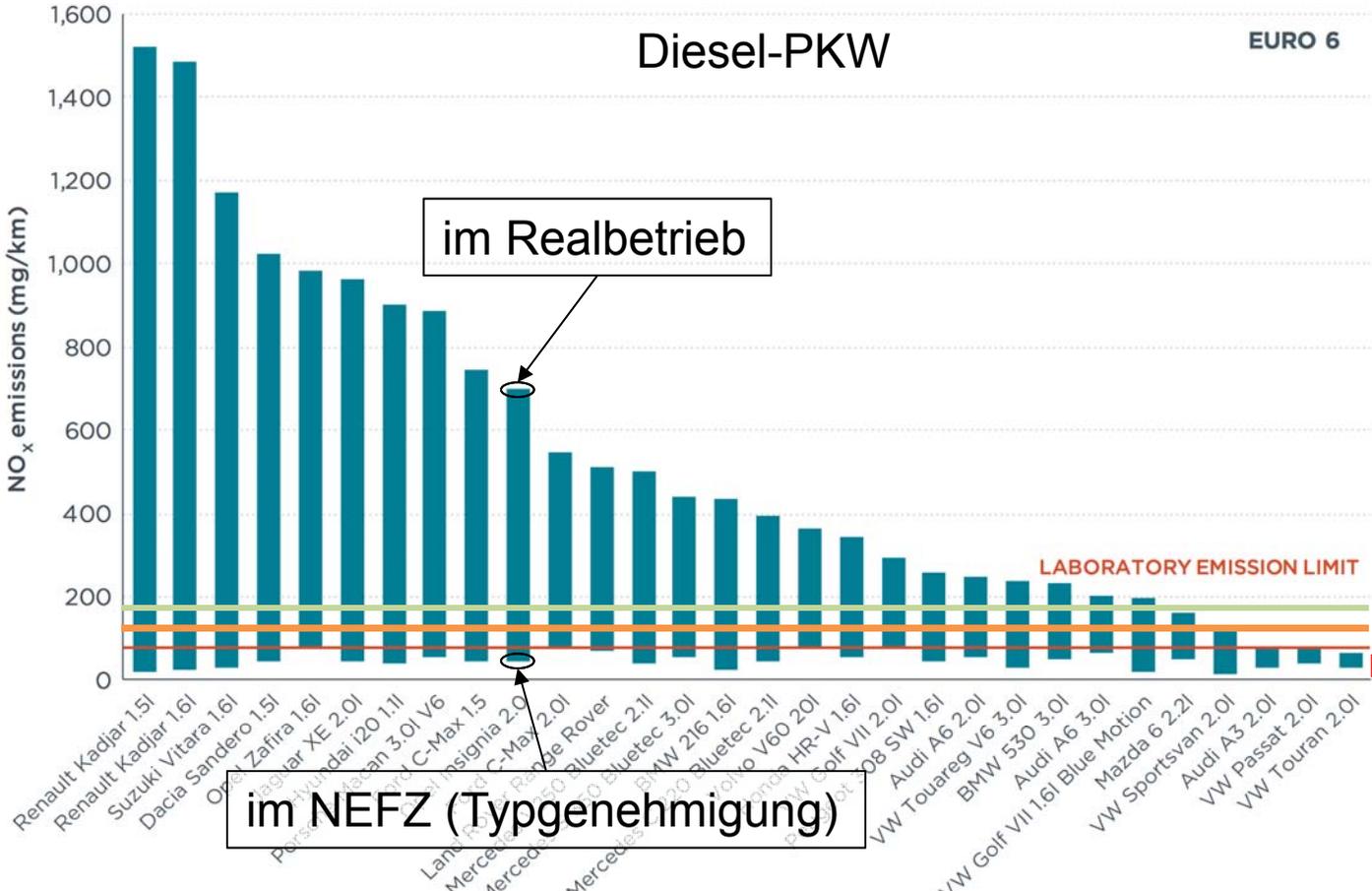
$$NTE_{pollutant} = CF_{pollutant} \times EURO 6_{pollutant}$$

- bisher nur für NO<sub>x</sub>-Emissionen konkrete CF-Werte festgelegt

- Einführung in 2 Stufen:
  - ab 09/2017: CF = 2,1      => 168 mgNO<sub>x</sub>/km (Euro 6 Diesel: 80 mgNO<sub>x</sub>/km)
  - ab 01/2020: CF = 1,5      => 120 mgNO<sub>x</sub>/km  
(1,0 plus 0,5 wegen Messunsicherheit PEMS)

# Wie groß ist der Unterschied zwischen den NO<sub>x</sub>-Realemissionen und den NO<sub>x</sub>-Typgenehmigungswerten im NEFZ

- Vergleich der **Typprüfwerte** (Balken unten) mit den max. gemessenen **Realemissionen** (Balken oben) von **Euro 6-PKW**



RDE 2017: 168 mgNO<sub>x</sub>/km  
 RDE 2020: 120 mgNO<sub>x</sub>/km  
 Euro 6 Grenzwert: 80 mgNO<sub>x</sub>/km  
 (für Diesel seit 2014, damals NEFZ, heute WLTP)

Quelle: Muncrief, R.: NO<sub>x</sub> emissions from heavy-duty and light-duty diesel vehicles in the EU: Comparison of real-world performance and current type-approval requirements, ICCT, 2016

Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig!

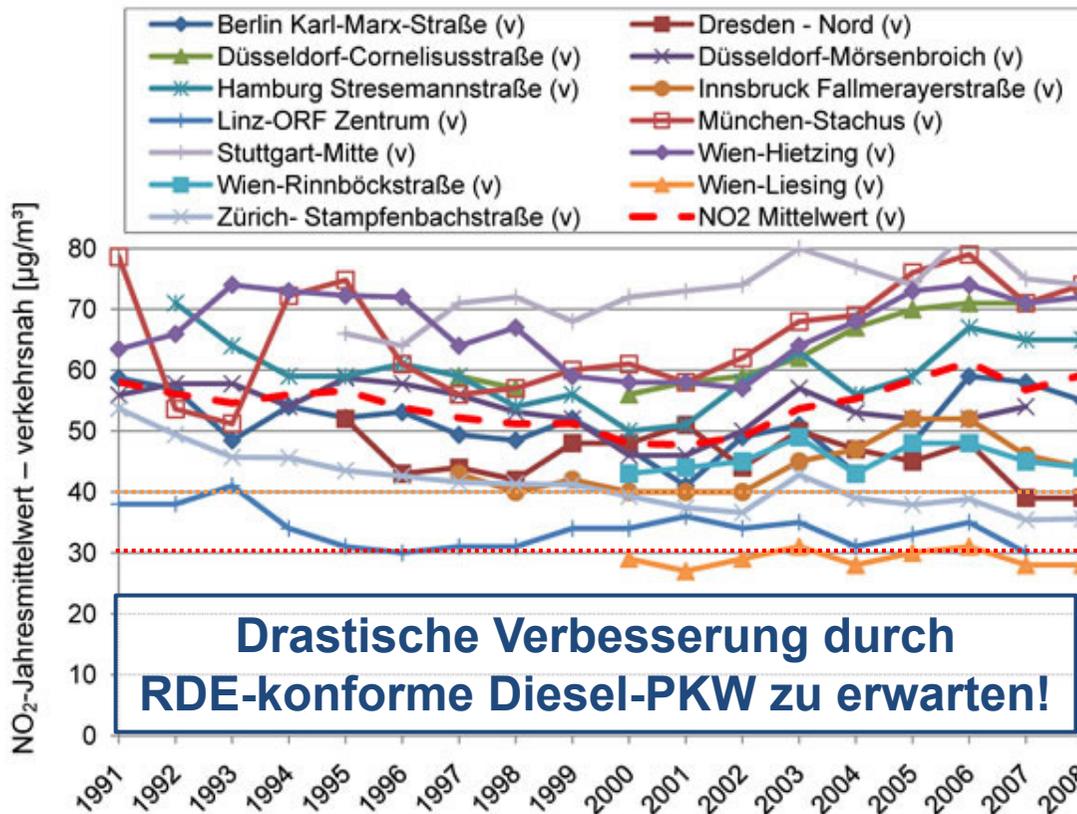
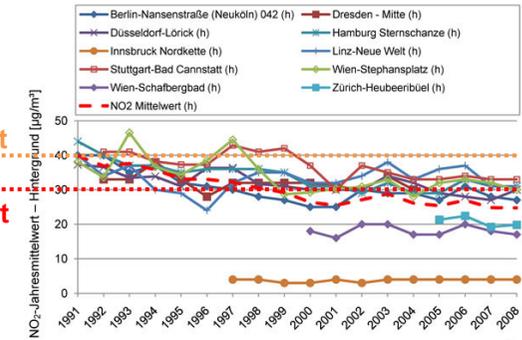
# Was ist das Problem mit Stickstoffdioxid?

## NO<sub>2</sub> in der Luft

- KFZ: NO<sub>x</sub>-Emission vs. Luft: NO<sub>2</sub>-Immission
- NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte der Immissionskonzentration an ausgewählten Verkehrsmessstellen

EU-Grenzwert

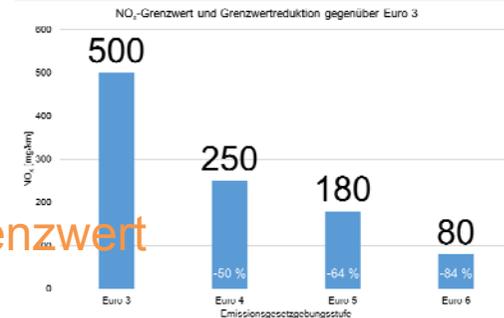
AT-Grenzwert



**Drastische Verbesserung durch RDE-konforme Diesel-PKW zu erwarten!**

### Auswirkungen von NO<sub>2</sub>:

- Säurebildner (saurer Regen)
- indirekt Feinstaub
- Für den Menschen giftig
- Reizung der Schleimhäute
- Beeinträchtigung von Lunge, Milz, Leber und Blut



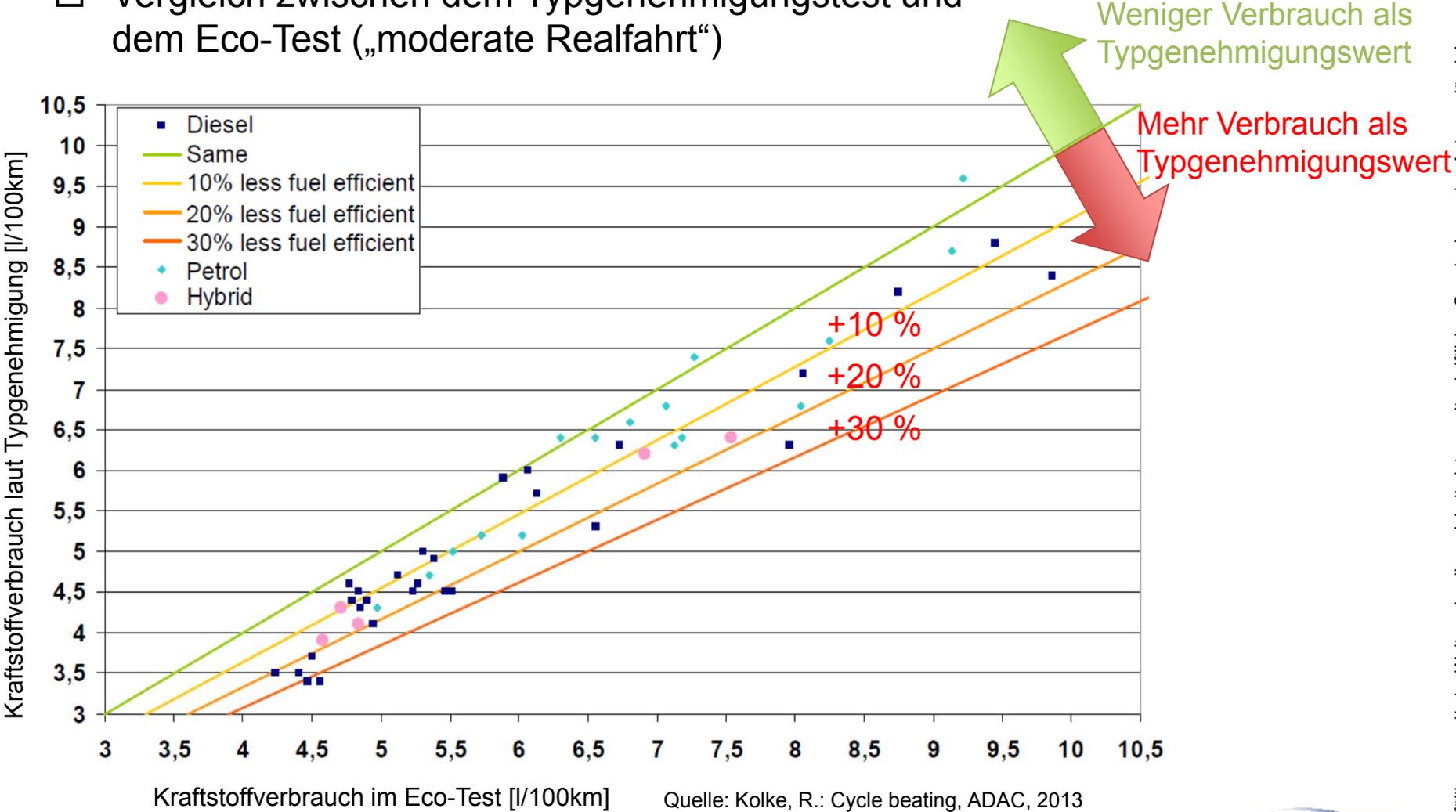
EU-Grenzwert

AT-Grenzwert

Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig

# Wie groß ist der Unterschied zwischen Realverbrauch und Kraftstoffverbrauch laut Prospekt

- Vergleich zwischen dem Typgenehmigungstest und dem Eco-Test („moderate Realfahrt“)

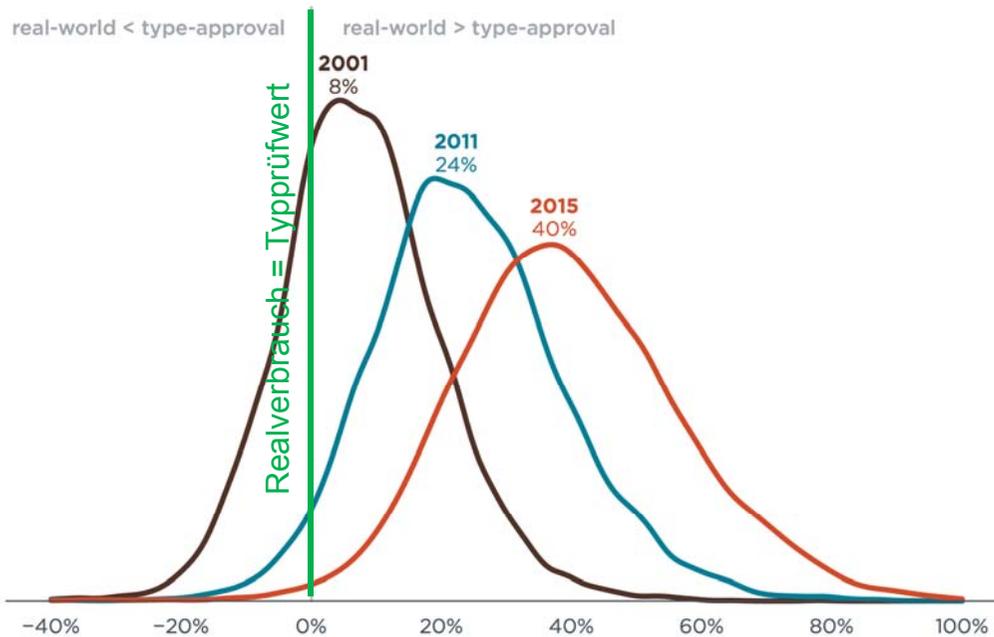


Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig!

# Wie viele FahrerInnen verbrauchen mehr/weniger?

## Verbrauchshäufigkeitsverteilung

- Die **meisten** FahrerInnen **verbrauchen mehr**. Es gibt **jedoch auch** welche, die **sparsamer** als der Typprüfwert unterwegs sind.
- Der **Abstand zwischen Real-Verbrauch und Typprüfwert nimmt jedoch kontinuierlich zu**.



Quelle: Tietge, U. et. al.: From Laboratory to road, ICCT, 2016

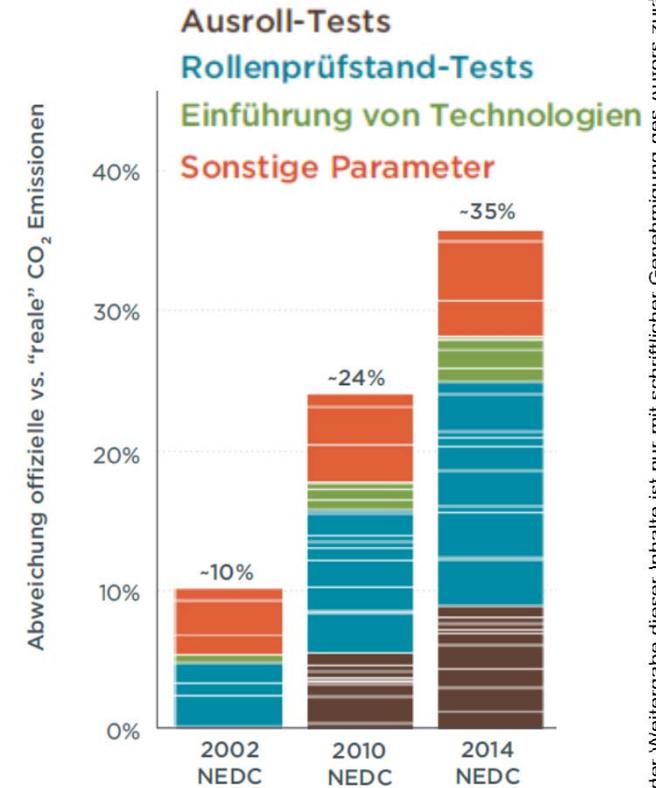
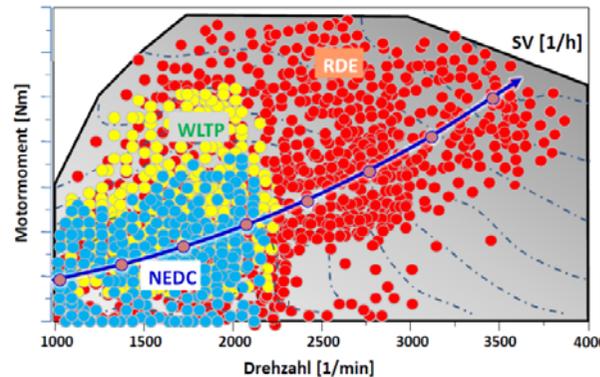


Abbildung 2. Gründe für die beobachtete Abweichung zwischen realen und offiziellen CO<sub>2</sub>-Emissionen

Quelle: Tietge, U. et. al.: From Laboratory to road, ICCT, 2015

# Fazit: Warum der Realverbrauch vom Kraftstoffverbrauch laut Prospekt abweichen kann

- Rollentests decken die **Bandbreite** realen Fahrverhaltens nicht ab.



- Einzelne, die **Effizienz verbessernde Technologie** (z.B. Start-Stopp) sind **im Test wirksamer** als im realen Fahrbetrieb (Kunden nutzen diese nicht, bzw. realitätsfremde Testbedingungen).
- **Energieintensives Zubehör** (Klimaanlage, aktives Fahrwerk, Multimediasystem etc.) ist **im Rollentest zu deaktivieren**.
- **Toleranzen und Bandbreiten** in der Testdurchführung können **legal genutzt** werden um das **Testergebnis zu optimieren**.  
Diese **Möglichkeiten** werden **durch** die neue Testprozedur **WLTP deutlich reduziert**.

Quelle der Abbildung: Zikoridse, G.: 1. FAD-Workshop „RDE und mobile Abgasmesstechnik, Dresden, 2014

# Was können E-Fahrzeuge leisten?

## Fahrzeuganalysen am Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik

Mitsubishi i-MiEV



Foto: Heinz Henninger

Smart e-Drive



Foto: Heinz Henninger

Mercedes A E-Cell



Foto: Heinz Henninger

Nissan Leaf



Foto: Heinz Henninger

Citroen Berlingo



Foto: Johann Wolf

Toyota Prius Plugin



Foto: Toyota

Opel Ampera Plugin/REX



Foto: Opel

Audi A3 e-tron Plugin



Foto: Audi

Mitsubishi Outlander Plugin



Foto: Mitsubishi

Volvo V60 Plugin



Foto: Volvo



Die Vervielfältigung und/oder Weitergabe dieser Inhalte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors zulässig!

**Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



**Dr. Werner Tober**  
werner.tober@ifa.tuwien.ac.at

Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik