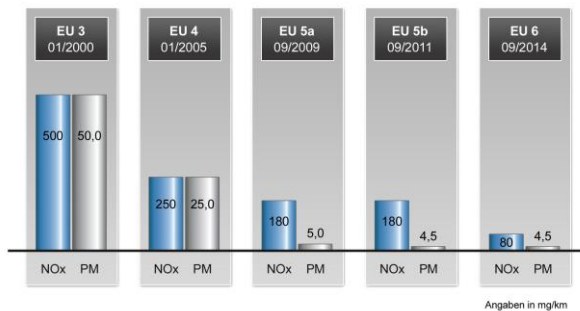


Presseworkshop Dieselmotor und Luftqualität

Karlsruhe, den 28. September 2016

INSTITUT FÜR KOLBENMASCHINEN | Leiter Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch



FEINSTAUB-ALARM!

Luft in Stuttgart wird immer schlechter



Neuer Abgastest Die dreckige Wahrheit über Dieselaautos



Die Abgastests für Autos gelten als realitätsfern. Ein neues Verfahren soll für ehrlichere Werte sorgen. Forscher haben 32 Dieselfahrzeuge jetzt auf diese Weise untersucht. Das Ergebnis ist für viele Hersteller blamabel.
mehr... [Forum]

Agenda

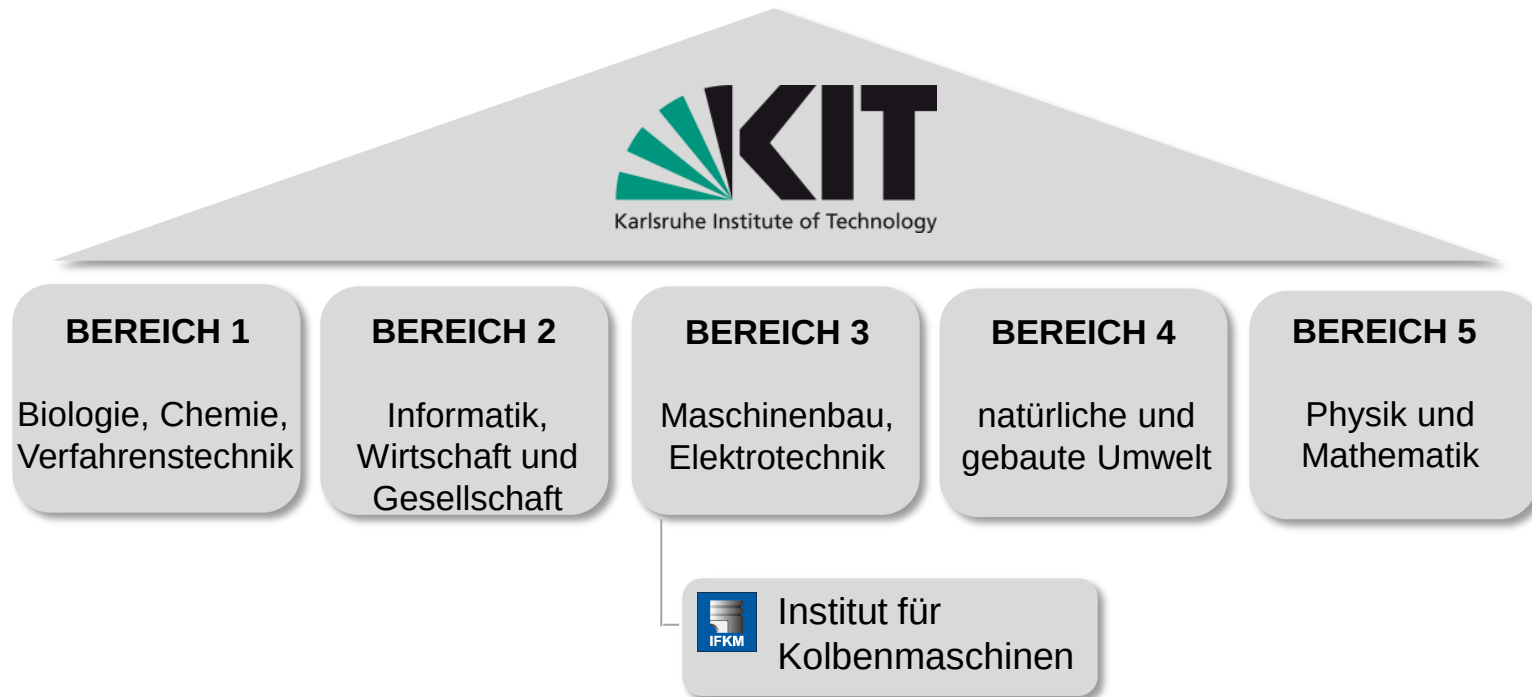
Uhrzeit	Topic
13.00 – 13.05 (Landgraf, Schneider)	Einleitung, Vorstellung
13.05 – 14.00 (IFKM)	Information
14.00 – 15.00	Diskussion
15.00 – 16.00	RDE Fahrten
16.00 – 17.00	Nachdiskussion

Agenda

- 1 Einleitung (Koch)
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors (Kubach)
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung (Kubach)
- 4 Emissionsgesetzgebung (Toedter)
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert? (Toedter)
- 6 Immissionssituation (Pfeil)
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d (Koch)
- 8 Zusammenfassung (Koch)

Das IFKM am KIT

Karlsruher Institut für Technologie (KIT):
Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft



**Die Karlsruher Institute sind im Wesentlichen auf den 4 Flächen
Campus Nord, Campus Süd, Campus Ost und Campus West lokalisiert!**

Zahlen des KIT

Mitarbeiter		Studenten
9.315	25.196	
355	847	
Professoren		Jährliches Budget in Millionen Euro



Stand:2016

Kennzahlen / Vorstellung des IFKM



Bürogebäude, Geb. 70.03



Laborhalle, Geb. 70.11

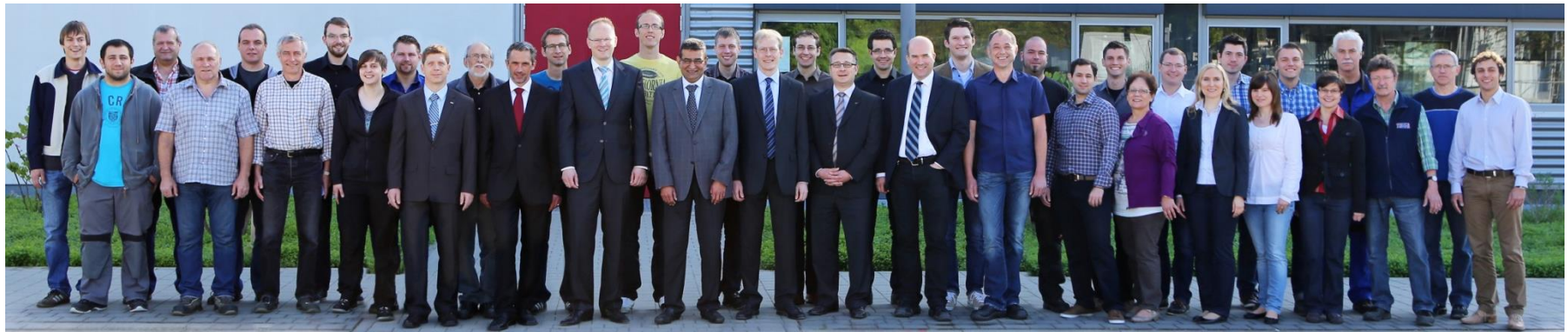


Containerprüfstände, Geb. 70.13



Prüfstandsgebäude, Geb. 70.14

Alle Einrichtungen des IFKM sind auf dem KIT-Campus-Ost, dem Mobilitätscampus des Karlsruher Instituts für Technologie, angesiedelt. Der KIT-Campus Ost befindet sich in der Rintheimer Querallee 2 in Karlsruhe.



Kennzahlen / Vorstellung des IFKM



Bürogebäude, Geb. 70.03



Laborhalle, Geb. 70.11



Containerprüfstände, Geb. 70.13



Prüfstandsgebäude, Geb. 70.14

Alle Einrichtungen des IFKM sind auf dem KIT-Campus-Ost, dem Mobilitätscampus des Karlsruher Instituts für Technologie, angesiedelt. Der KIT-Campus Ost befindet sich in der Rintheimer Querallee 2 in Karlsruhe.

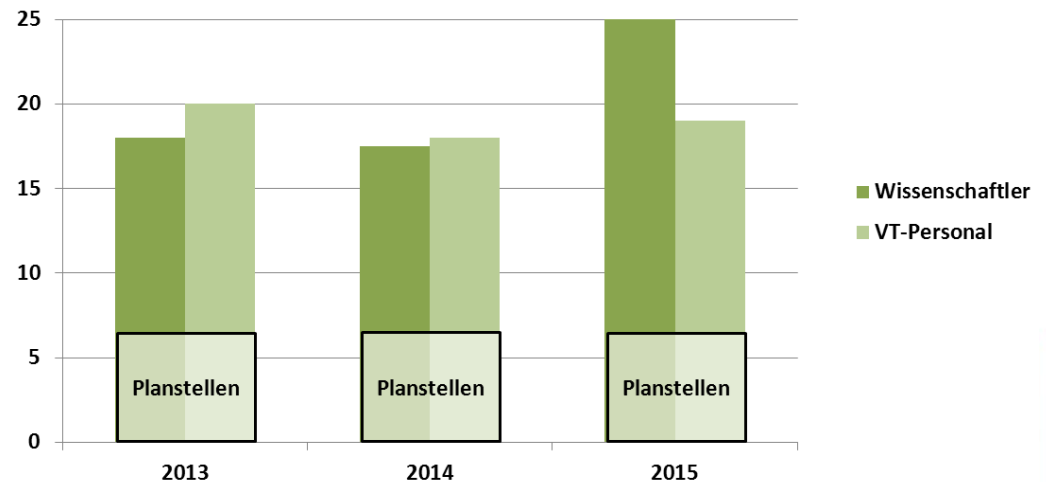
Mitarbeiter:

- Wissenschaftler: 28
- Technik und Verwaltung: 20
- Studentische Hilfskräfte: 40

Lehre:

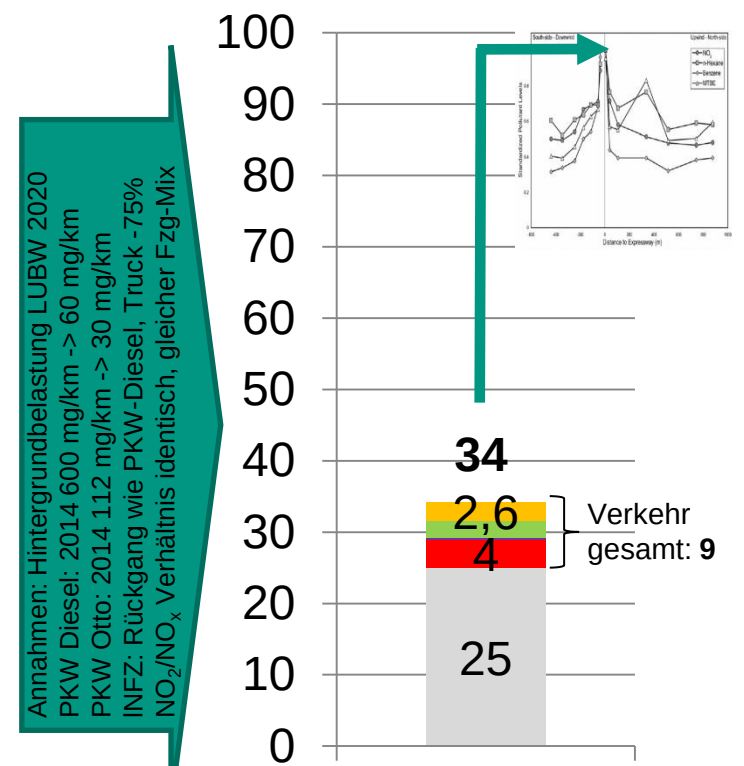
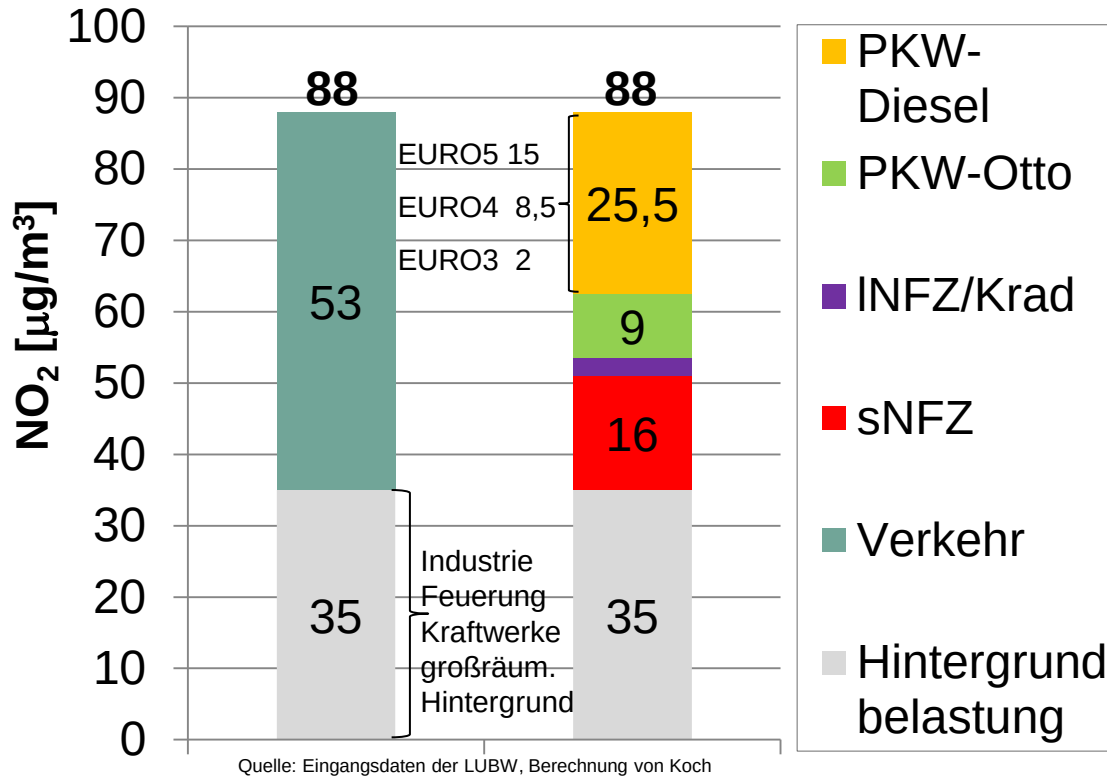
- 14 Vorlesungen
- Ca. 800 Hörer pro Jahr
- Ca. 90 Bachelor- und
- Masterarbeiten pro Jahr

Festangestellte Mitarbeiter



Potentialanalyse: Ersatz der heutigen Fahrzeugflotte durch heutige verfügbare Besttechnologie

Potential der Immissionsentwicklung in Stuttgart am Neckartor 2016 mit Hintergrund 2020



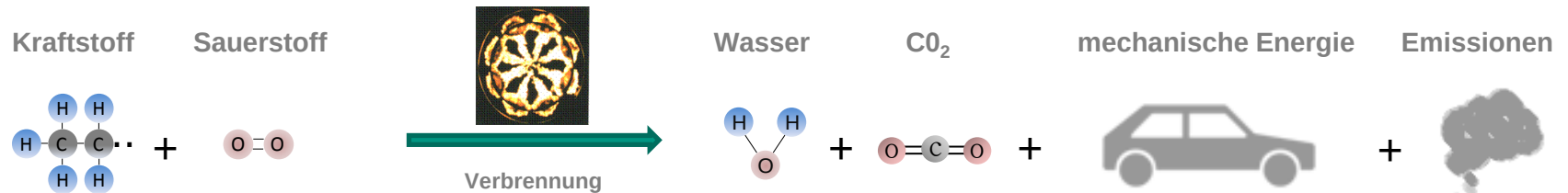
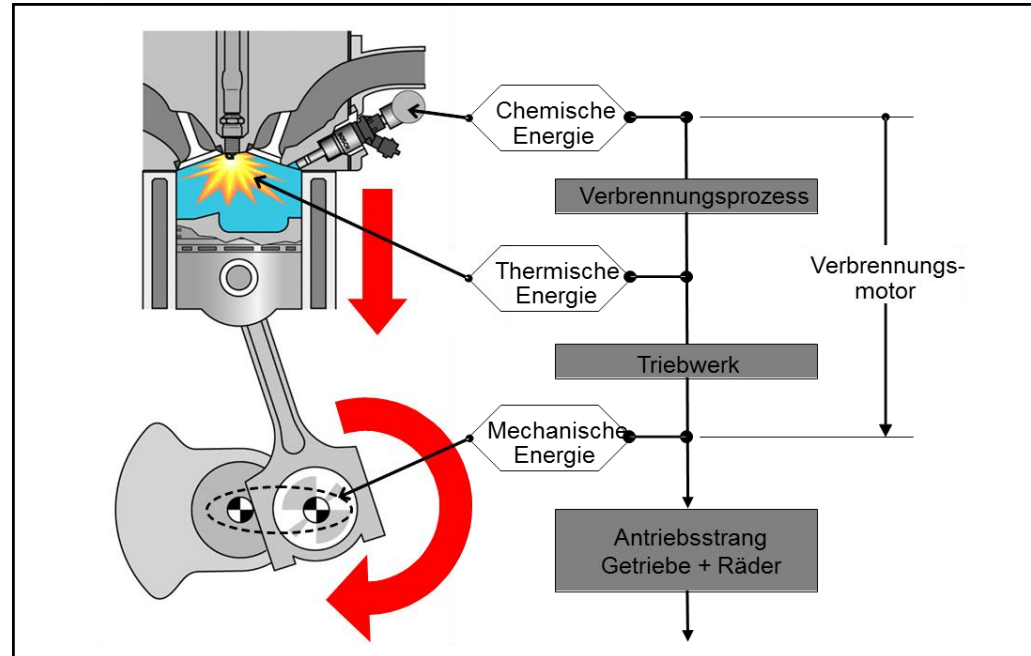
Technologiepotential 2016

Technologisch ist die Stickoxidthematik in der Zwischenzeit gelöst!

Agenda

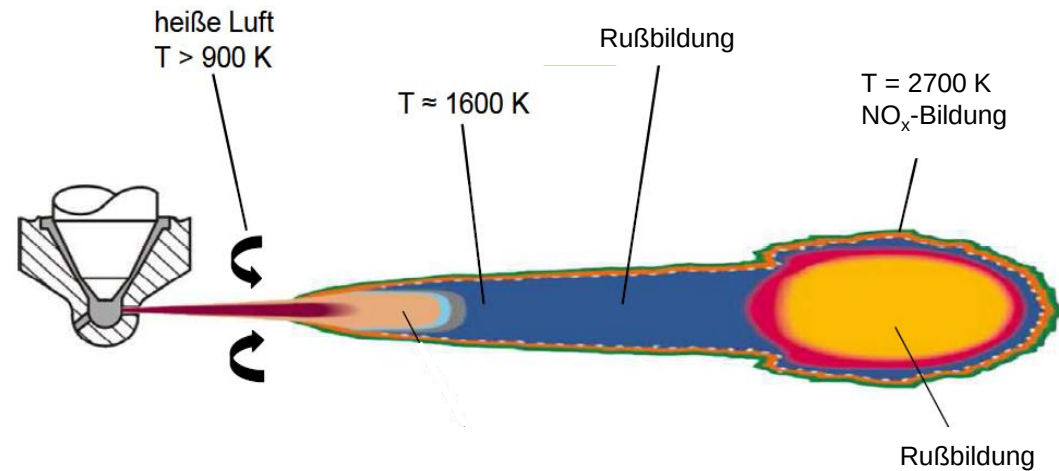
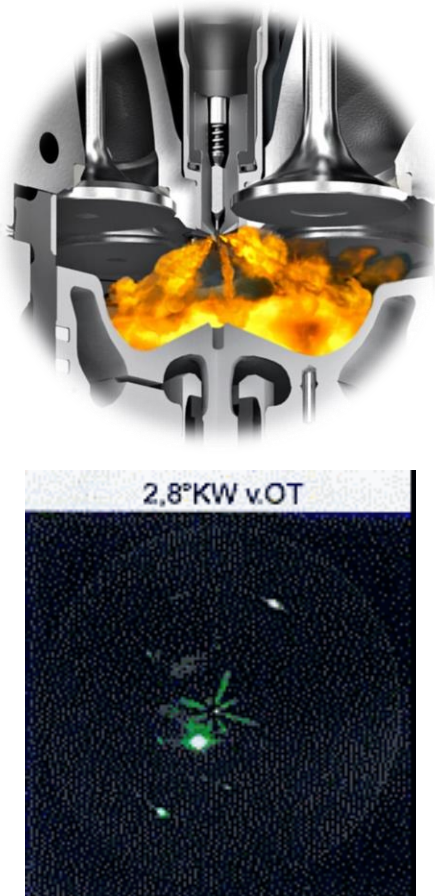
- 1 Einleitung
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung
- 4 Emissionsgesetzgebung
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert?
- 6 Immissionssituation
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d
- 8 Zusammenfassung

Funktionsprinzip Verbrennungsmotors



Wandlung der im Brennstoff gebundenen chemischen Energie zunächst in thermische, anschließend durch Pleuellager in mechanische Energie

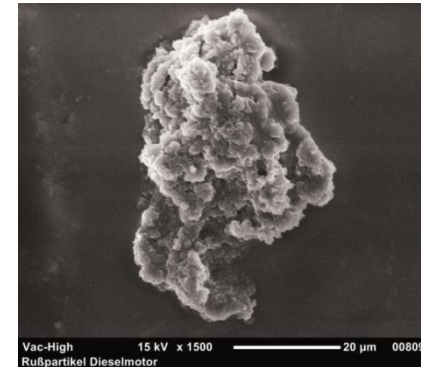
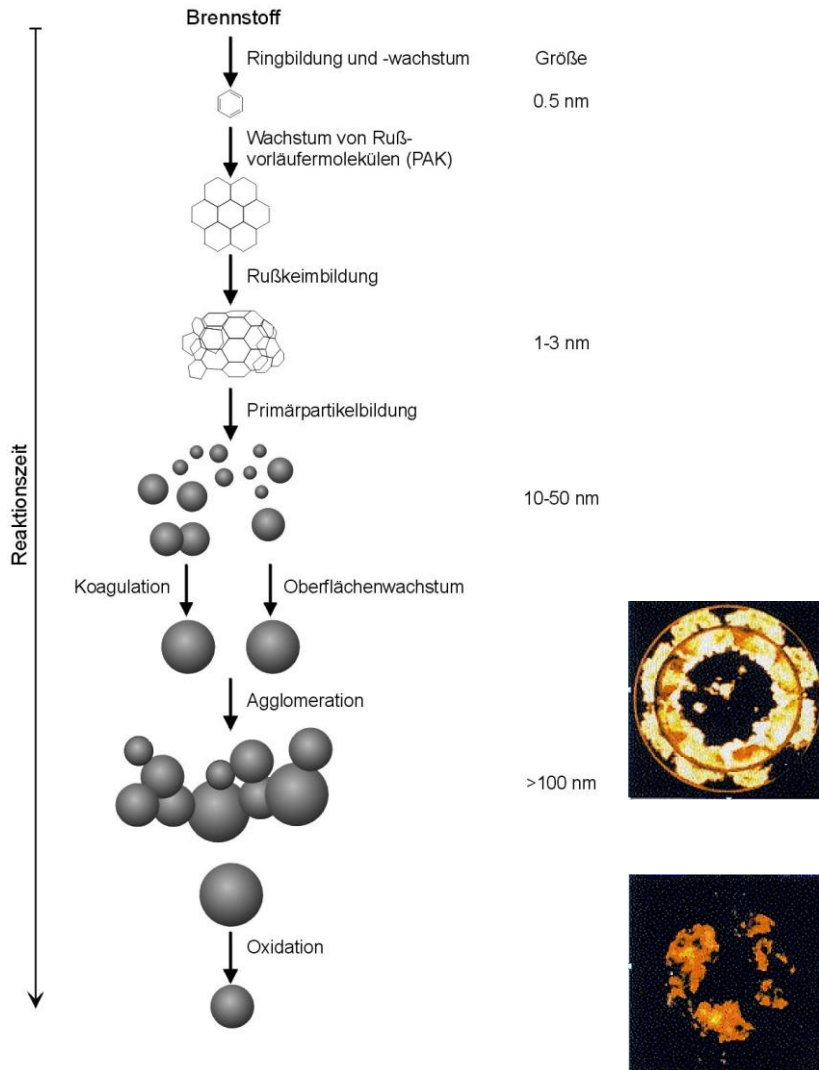
Emissionsentstehung



Je nach Randbedingung entstehen in einem bestimmten Verhältnis immer Ruß und Stickoxide bei der dieselmotorischen Verbrennung.

Quelle:
Bild oben links: Rolls-Royce Power Systems
Film unten links: D. Bertsch, Dissertation

Emissionsentstehung: Ruß



20 µm

Ruß entsteht unter Luftmangel und eher niedrigen Temperaturen (1600 K)

Quelle:

Bild links: H. Bockhorn: Soot formation in Combustion

Bilder mitte: D. Bertsch: Dissertation

Bild rechts: „MCI-Forscher entwickeln neuartigen Diesel-Partikel-Filter“, Pressemitteilung MCI

Emissionsentstehung: NO_x

Was ist NO_x ?

- Es existieren 9 Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen (Stickoxide)
- NO_x ist ein Sammelbegriff für verschiedene Stickoxidverbindungen, i.d.R. NO und NO_2

Formel	Bezeichnung
N_4O	Nitrosylazid
N_2O	Distickstoffmonoxid
N_4O_2	Nitrylazid
NO	Stickstoffmonoxid
N_2O_3	Distickstoffdioxid
N_4O_6	Trinitramid
NO_2	Stickstoffdioxid
N_2O_4	Distickstofftertoxid
N_2O_5	Distickstoffpentoxid

→ relevant als motorische Emission
entsteht während der Verbrennung überwiegend

Emissionsentstehung: NO_x

Was ist NO_x ?

- Es existieren 9 Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen (Stickoxide)
- NO_x ist ein Sammelbegriff für verschiedene Stickoxidverbindungen, i.d.R. NO und NO_2

Formel	Bezeichnung
N_4O	Nitrosylazid
N_2O	Distickstoffmonoxid
N_4O_2	Nitrylazid
NO	Stickstoffmonoxid
N_2O_3	Distickstoffdioxid
N_4O_6	Trinitramid
NO_2	Stickstoffdioxid
N_2O_4	Distickstofftertoxid
N_2O_5	Distickstoffpentoxid

→ relevant als motorische **Emission**
entsteht während der Verbrennung überwiegend

→ relevant als **Immission**

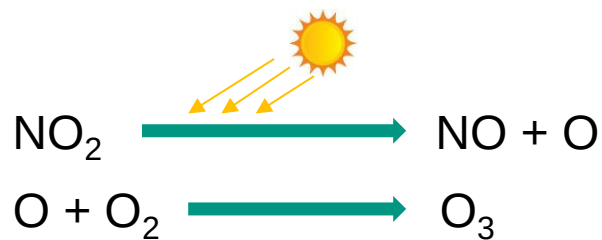
reagiert mit
 O_2 zu NO_2

NO entsteht unter Anwesenheit von Sauerstoff und hohen Temperaturen ($>2000\text{ K}$).

Immission: NO₂ und Ozon

Was bewirkt NO₂?

- NO₂ bewirkt ab einer bestimmten Konzentration Kopfschmerzen und Atembeschwerden.
- In Kombination mit Wasser kann Salpetersäure gebildet werden, was in den 80er Jahren durch die hohen Konzentrationen in der Luft zu saurem Regen geführt hat.
- Unter Einwirkung von UV-Strahlung der Sonne kann NO₂ zerfallen. Dabei bildet sich ein Sauerstoffradikal, das zur bodennahen Ozonbildung beiträgt.



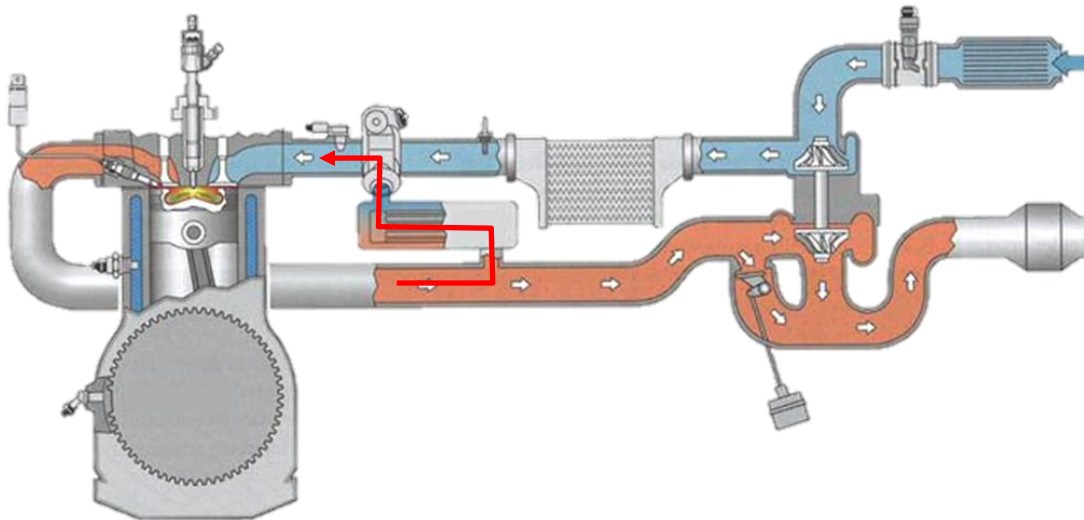
- Ozon führt ab einer bestimmten Konzentration zur Reizung der Atemwege

NO₂ (aus NO in der Umgebung nach Stunden gebildet) ist verantwortlich für die Bildung von bodennahem Ozon.

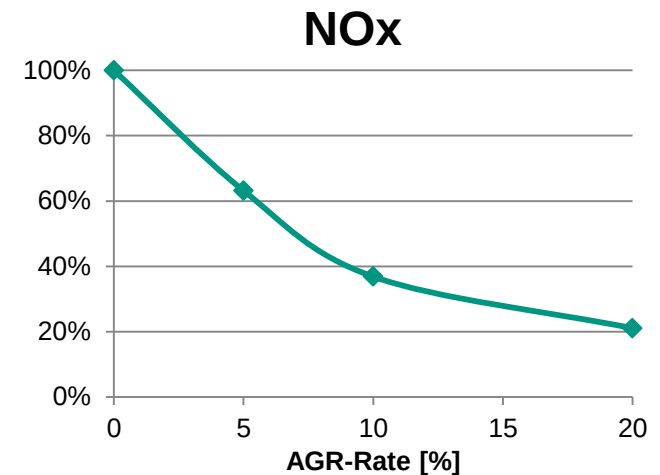
Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung
- 4 Emissionsgesetzgebung
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert?
- 6 Immissionssituation
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d
- 8 Zusammenfassung

Abgasrückführung (AGR)

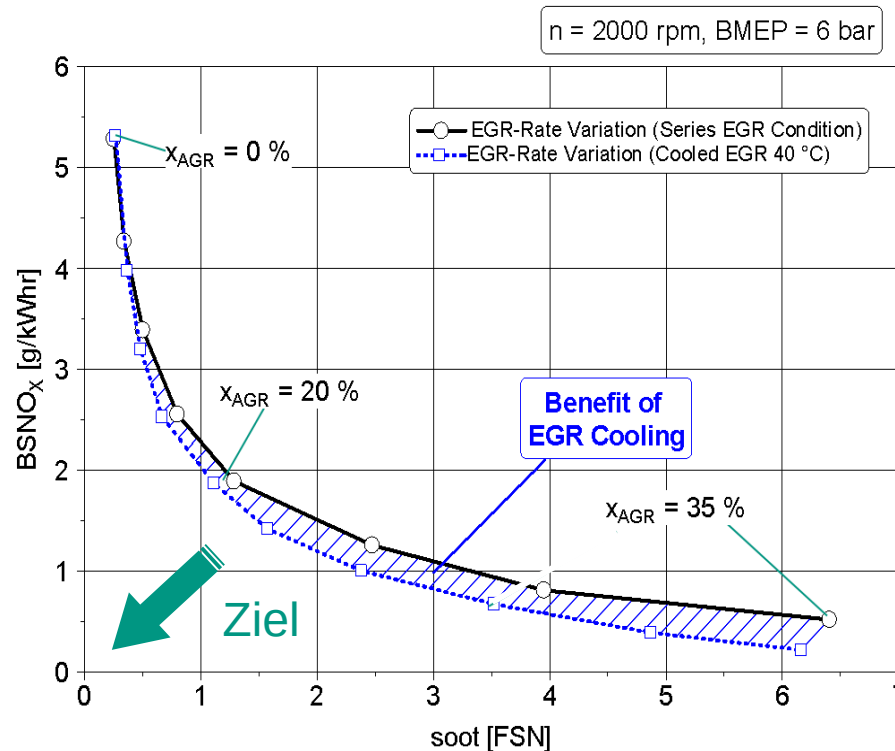


Grafik aus Zimmermann et.al., *Komplexitätsbeherrschung von Motorsteuergeräte-Funktionalitäten*, MTZ 01 2015



Die AGR reduziert die Temperatur im Brennraum und damit innermotorisch die NO_x -Emissionen. Das Abgasnachbehandlungssystem wird “entlastet”.

Dilemma: Ruß-Stickoxid-Schere

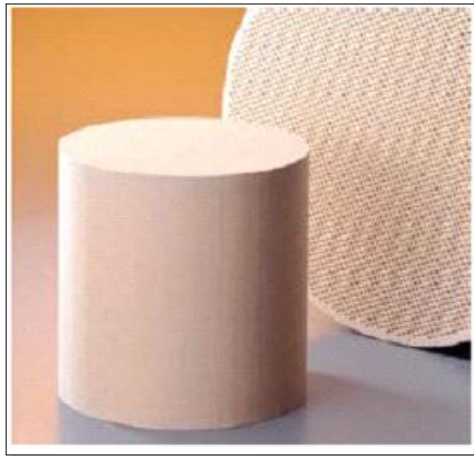


- Eine Absenkung der Stickoxidemission bewirkt einen Anstieg der Rußemission und umgekehrt.

Die Erreichung der Emissionsgrenzwerte ist allein innermotorisch nicht möglich.

Partikelreduzierung mit Diesel Partikelfilter (DPF)

Typische DPF-Substrate



DPF-Durchbrand als Folge einer falschen Regenerationsstrategie

Rußbelastung = 100 [g]

$T_{\text{Regeneration}} = 650 [^{\circ}\text{C}]$

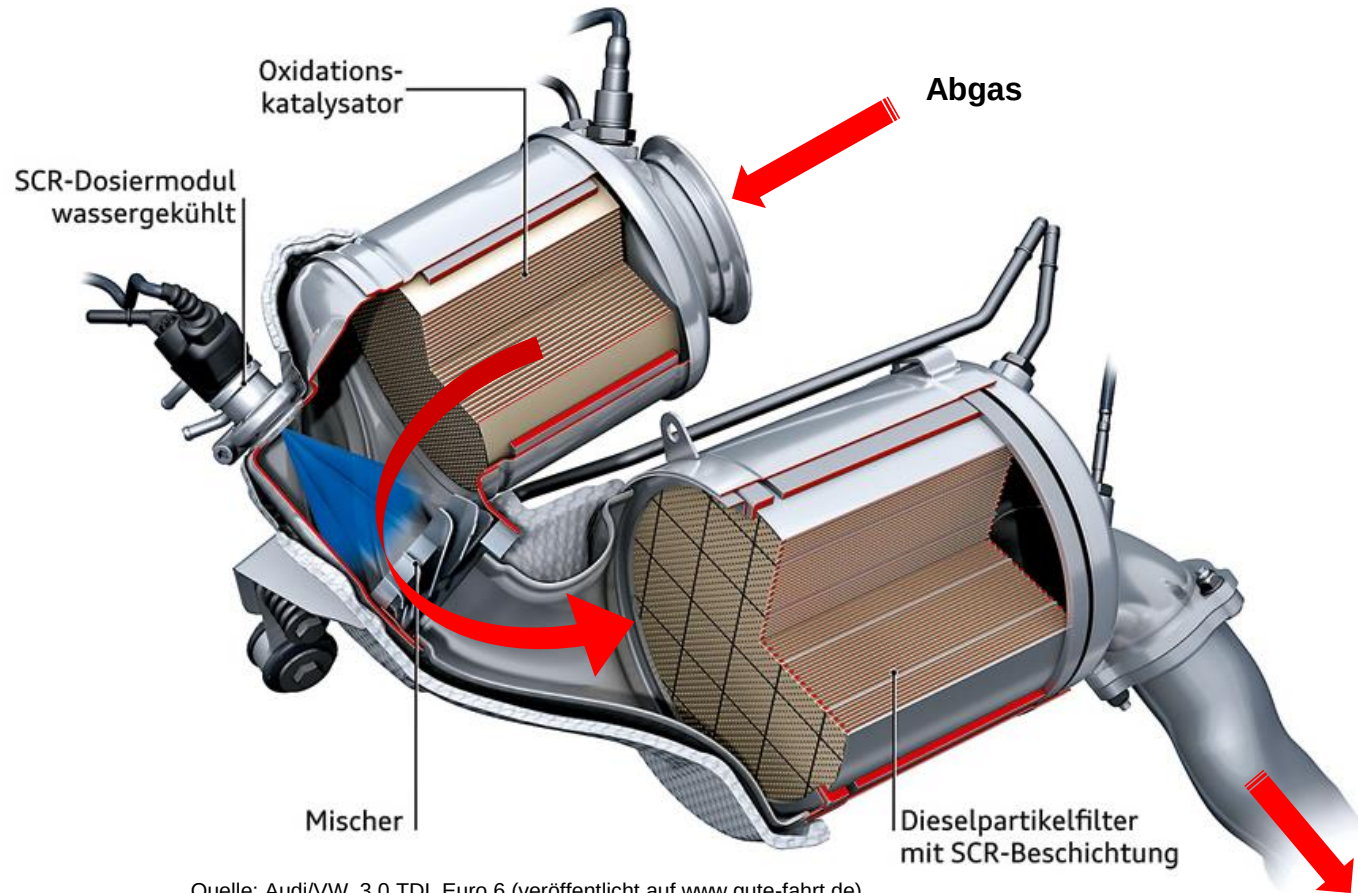


Quelle: Vorlesungsunterlagen IFKM

Alle Diesel-PKW seit EURO5 haben einen DPF.

Der Partikelfilter filtert erfolgreich die Partikel. Der Betrieb des DPF ist sehr komplex. Eine Vermeidung des Durchbrands hat höchste Entwicklungspriorität.

Stickoxidreduzierung mit SCR-Kat



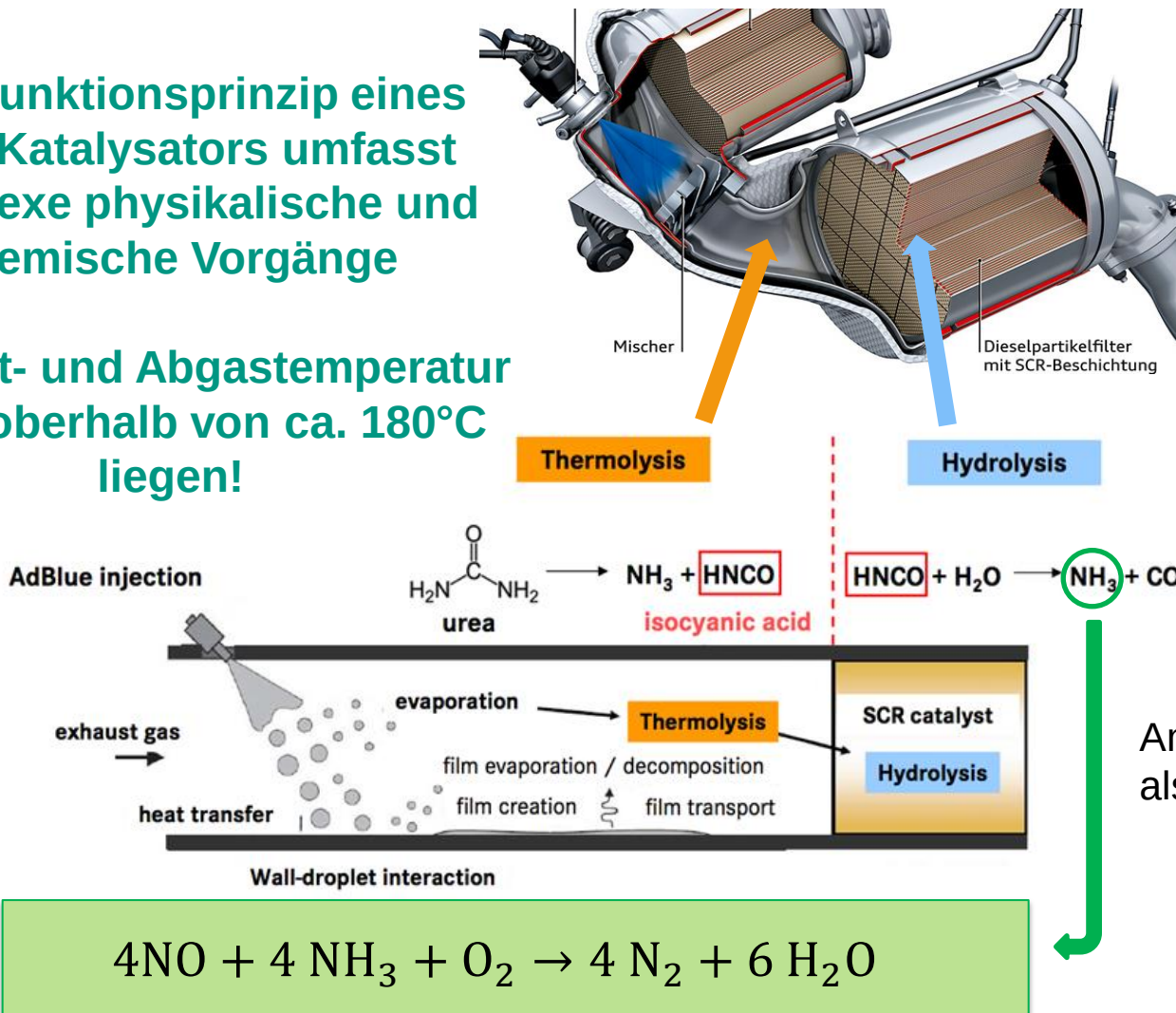
Quelle: Audi/VW, 3,0 TDI, Euro 6 (veröffentlicht auf www.gute-fahrt.de)

Mittelfristig werden alle Dieselfahrzeuge mit SCR-Kat ausgerüstet werden.

SCR-Kat: Funktion

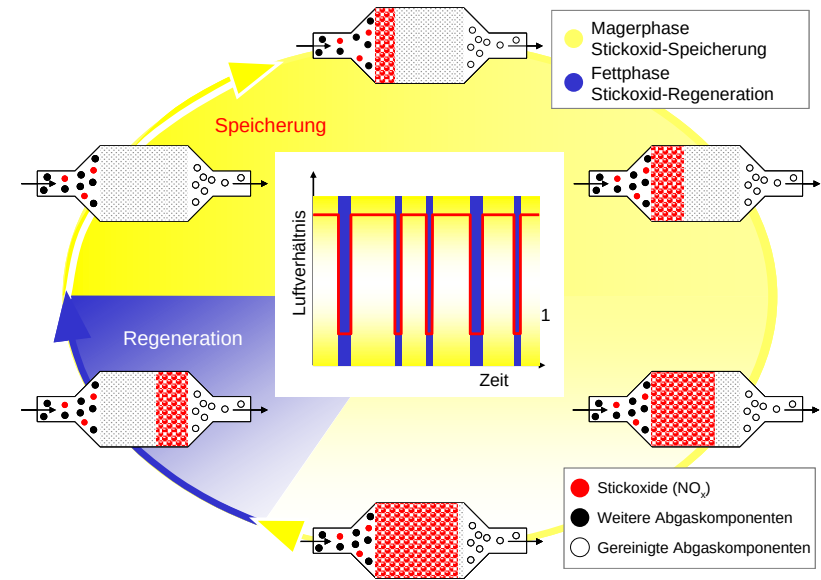
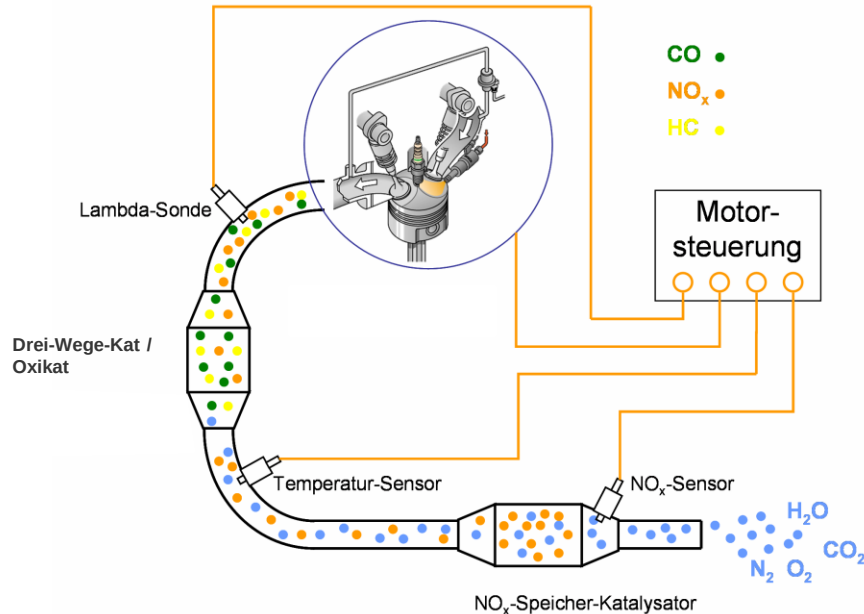
Das Funktionsprinzip eines SCR-Katalysators umfasst komplexe physikalische und chemische Vorgänge

SCR Kat- und Abgastemperatur muss oberhalb von ca. 180°C liegen!



Ammoniak
als Reduktionsmittel

Alternative Stickoxidreduzierung: NO_x -Speicherkat (NSK)



NSK ($\lambda > 1$, Luftüberschuss):

- **Einspeicherung** von NO_x (chem. gebunden)
- NO_x - Sensor erfasst und übermittelt Sättigungsstand des Speichers an die Motorsteuerung

NSK ($\lambda < 1$, Kraftstoffüberschuss):

- **Regeneration** durch kurzzeitigen fetten Betrieb ($\lambda < 0.8$)

NSK zur Unterstützung des SCR-Kats oder zur AdBlue-Einsparung.

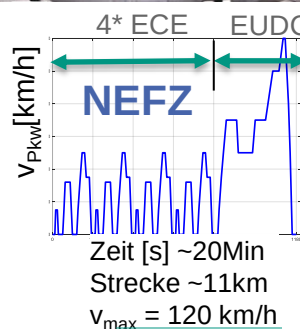
Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung
- 4 Emissionsgesetzgebung
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert?
- 6 Immissionssituation
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d
- 8 Zusammenfassung

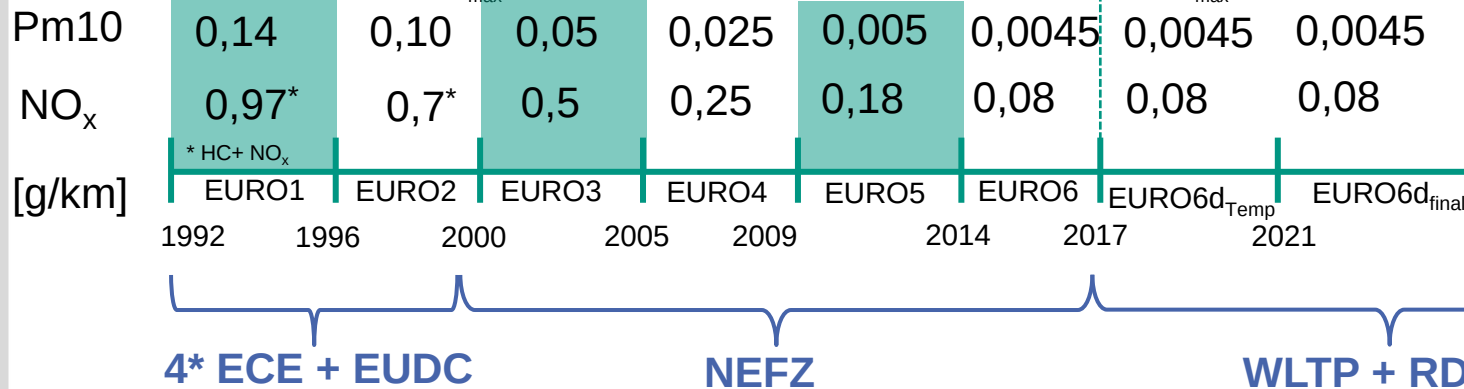
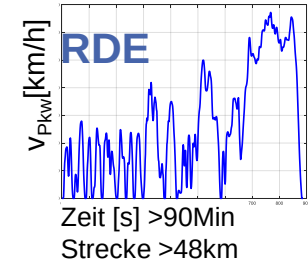
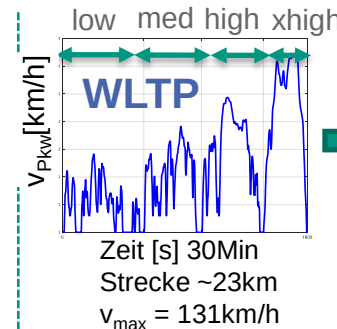
Emissionsgesetzgebung, Fahrzyklen und Emissionsgrenzwerte



Quelle: ADAC

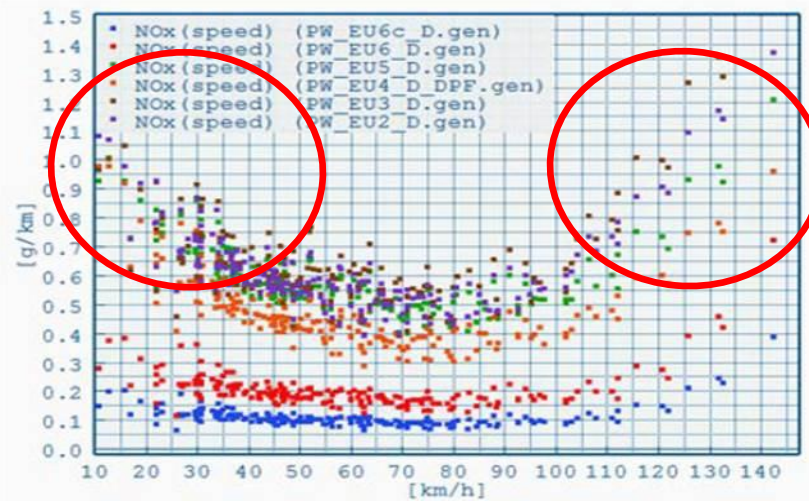


Quelle: LUBW

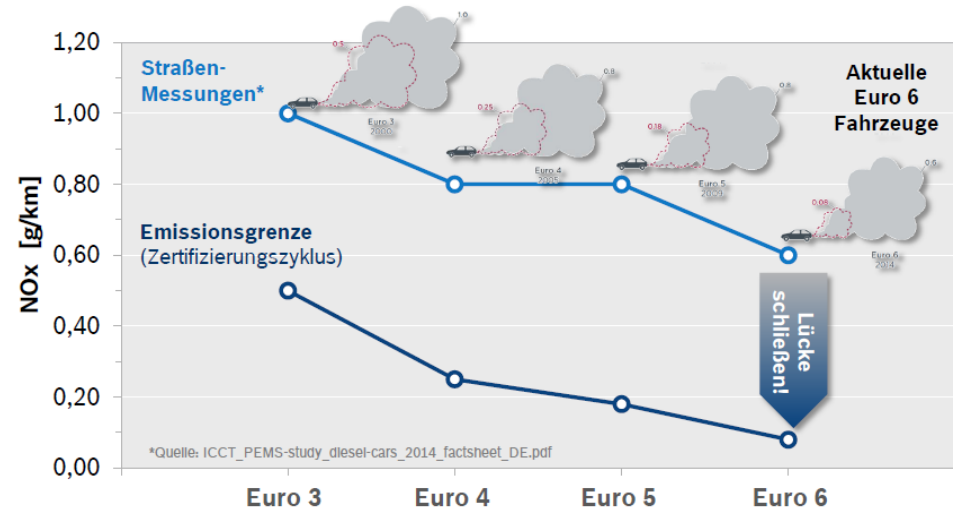


In den letzten 20 Jahren wurden die Zielemissionen deutlich abgesenkt, aber erst ab EURO6d_{Temp} (2017) werden Emissionen im Realbetrieb vorgeschrieben.

Emissionen im Realbetrieb



Quelle: INFRAS, [Online]. Available: <http://www.hbefa.net/Tools/DE/MainSite.asp>
Beispielhafte Emissionsdarstellung



Schon in den 1990er Jahren gab es erste Aufzeichnungen, dass die NO_x-Realemissionen auch erhöht sind (HBEFA, INFRAS)!

Bis EURO6b war es bei allen Herstellern das nachvollziehbare Entwicklungsziel, die Emissionen im NEFZ einzuhalten. Der Realbetrieb stand nicht im Fokus der Entwicklung.

Diese Lücke muss mit der neuesten Fahrzeuggeneration geschlossen werden.

Ansatz der neuen RDE Gesetzgebung (EURO6d_{temp} in 09/2017)

ungültiger Bereich

gültiger Bereich

ungültiger Bereich

niedrige Last
(z.B. Stau)

„normales“ Fahren

hohe Last
(z.B. Steigung)



NO_x-Emissionen [mg/km]

RDE-Stadt
Stop & Go

RDE-Runde mit
Passfahrt

RDE-
Teststrecke

NEFZ

FTP-75

WLTP

EURO6d_{temp} RDE-
Entwicklungsstand
EURO6d_{final} RDE-
Weiterentwicklung

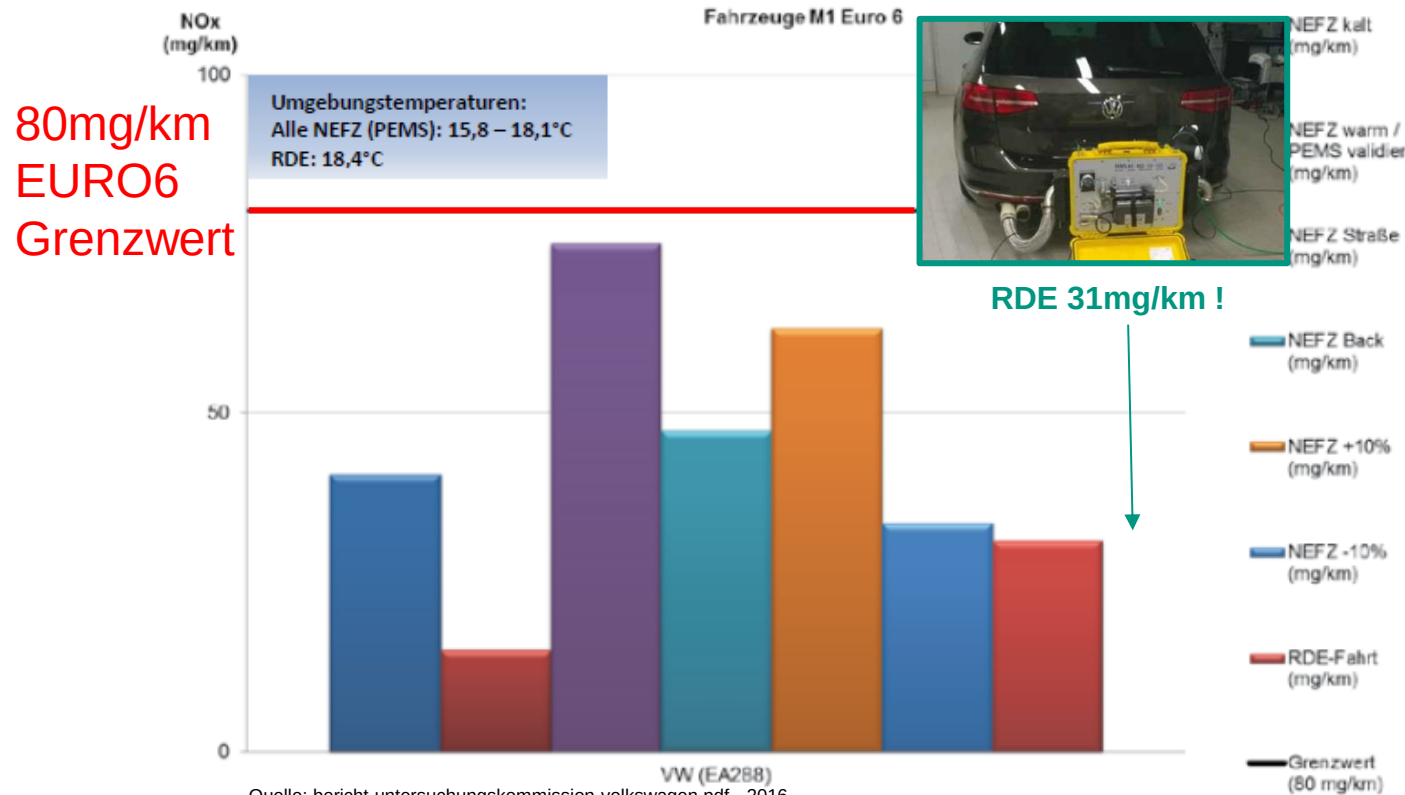
EURO6d_{temp}: KF=2,1
80mg/km*2,1=168mg/km

EURO6d_{final}: KF=1,5
80mg/km*1,5=120mg/km

$V * a_{pos}$ - Faktor für “Herausforderung/Klassifizierung der RDE Fahrstrecke”

Faktor 2,1 (später 1,5) wird benötigt für scharfe Fahrzustände/Messungenaugigkeit.
Normale Fahrzustände bis 0°C führen zu niedrigeren NO_x-Emissionen als 80 mg/km.

Exemplarische Emissionsmessung eines neuen Dieselfahrzeuges



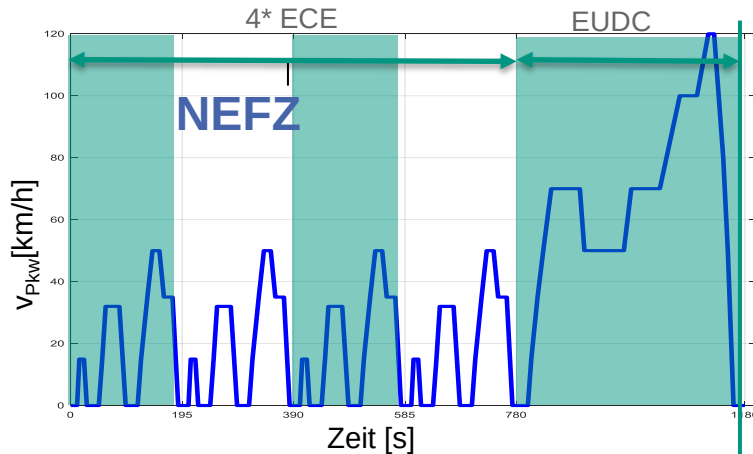
Die heutigen NO_x -Realemissionen modernster Motoren sind im Zielwertbereich angekommen!

Deren Entwicklung startete um 2010 und lange vor der heutigen Diskussion.
Technische Aufgabe bleibt die weitere Verfeinerung des Systems!

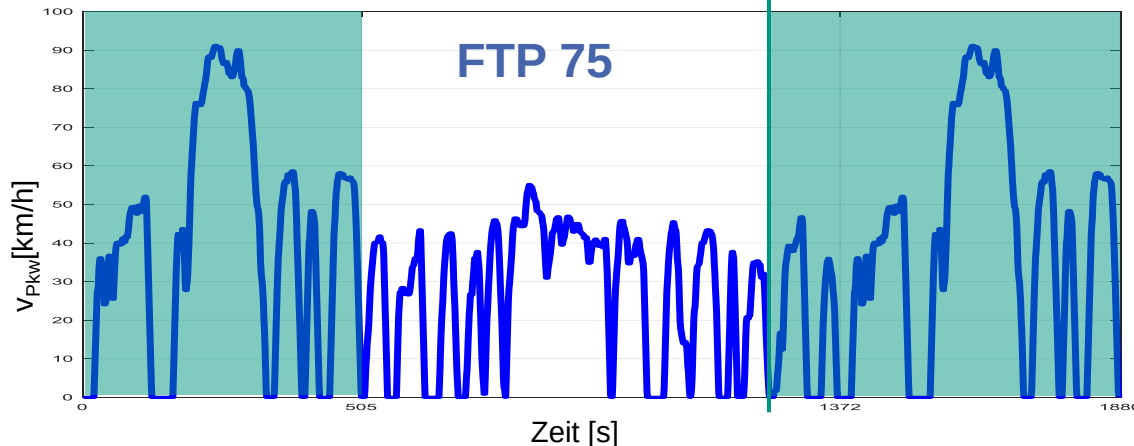
Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung
- 4 Emissionsgesetzgebung
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert?
- 6 Immissionssituation
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d
- 8 Zusammenfassung

Zwei Herausforderungen bei der Einführung Tier2Bin5: Test-Zyklus und Grenzwerte



Zyklusdauer 1180s
Maximalgeschwindigkeit 120km/h
Mittlere Geschwindigkeit 43,1km/h

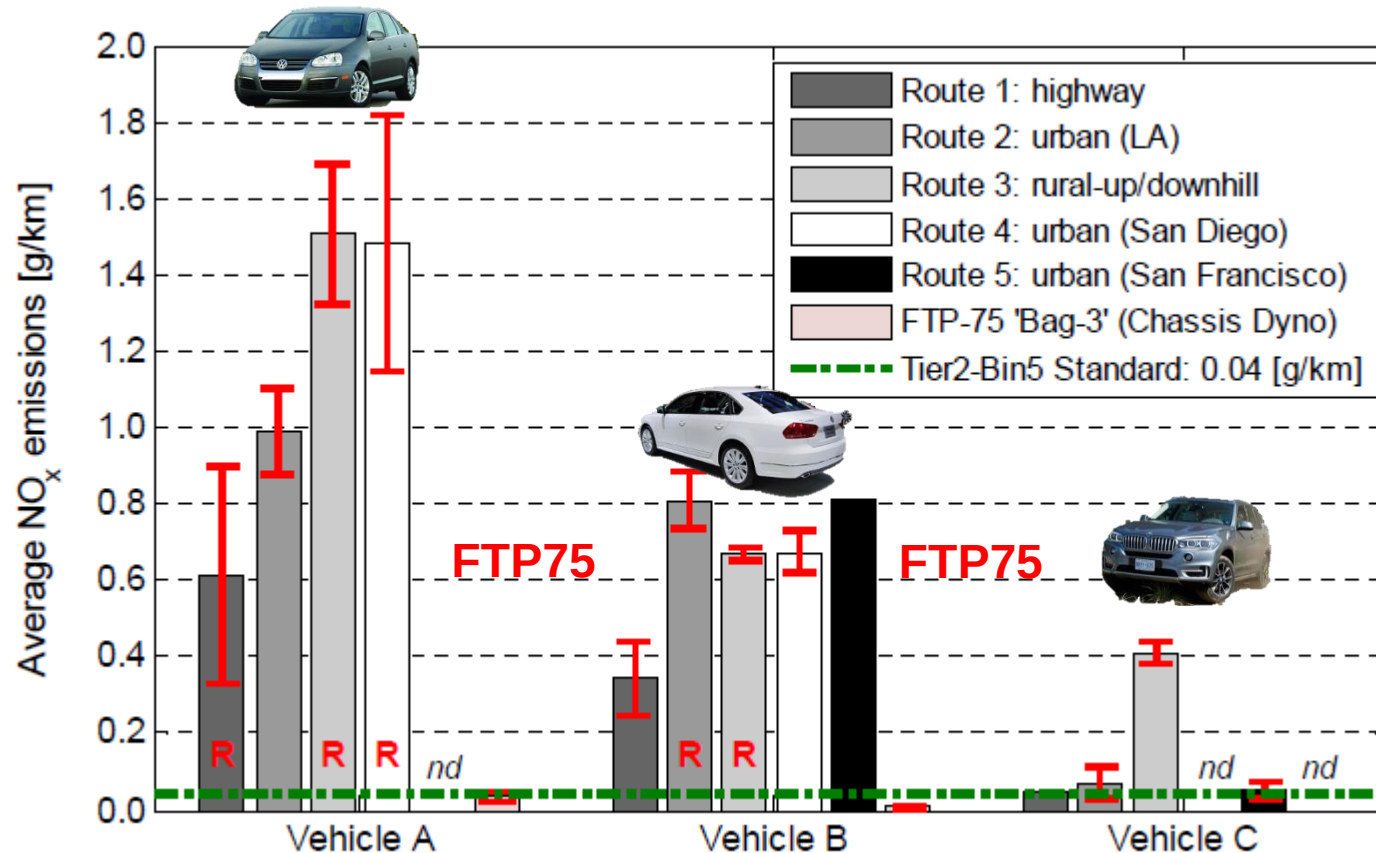


Zyklusdauer 1877s
Maximalgeschwindigkeit 91,25km/h
Mittlere Geschwindigkeit 34,12km/h

Der US Testzyklus FTP75 enthält deutlich mehr Beschleunigungsanteile und entspricht eher einer realistischen Fahrweise als der NEFZ.

Dieselgate

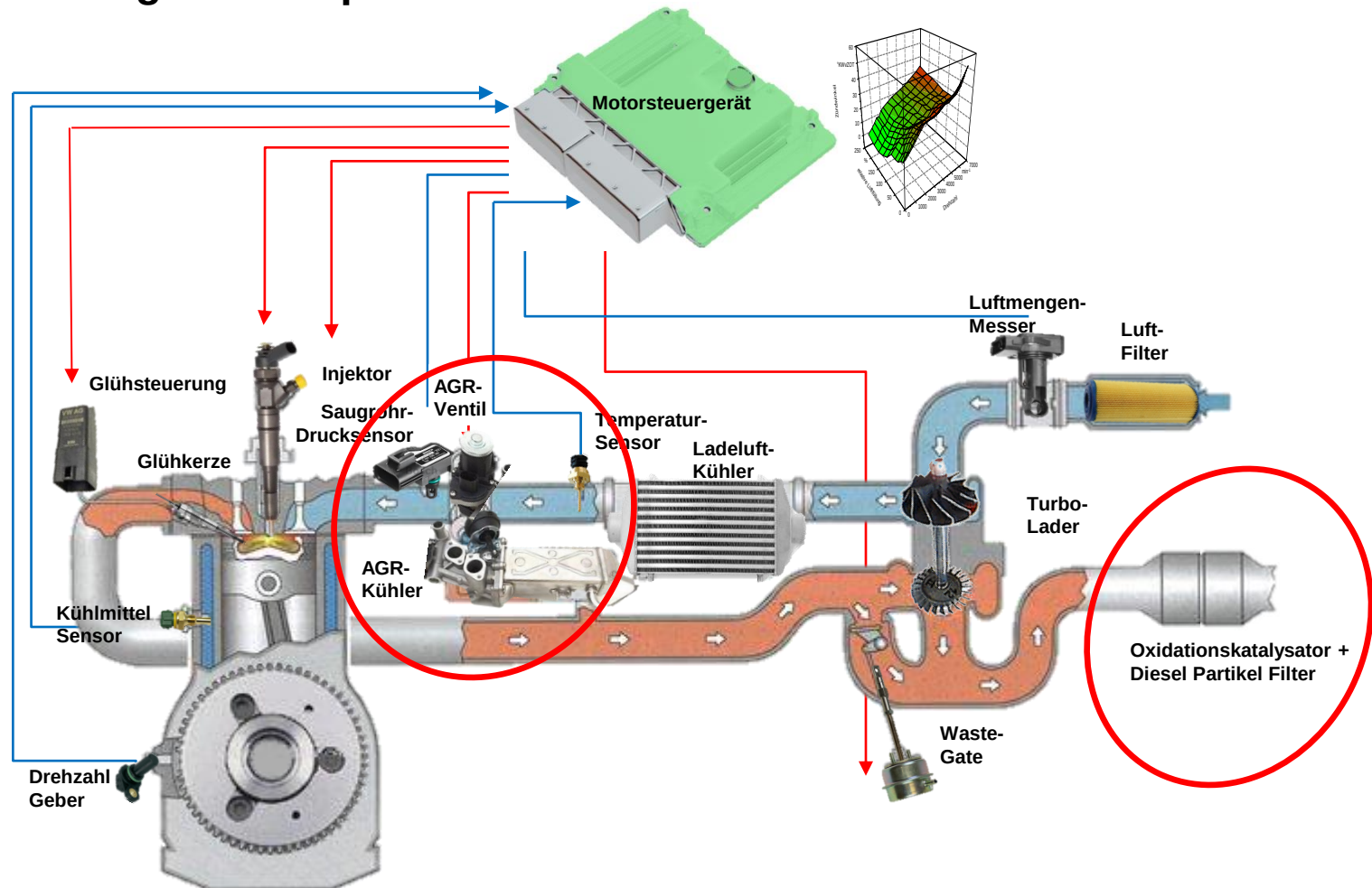
PEMS- Testergebnisse der West Virginia University im Auftrag der ICCT



Quelle: In-use-Emissions Testing of Light-Duty Diesel Vehicles in the United States, CAFEE West Virginia University, May, 2014

Auch die anspruchsvollen US-Grenzwerte sind mit einem Dieselfahrzeug realisierbar. Die VW Jetta Emission im Realbetrieb ist indiskutabel.

Bauteilerläuterung am Beispiel EURO5



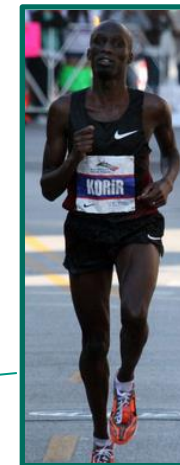
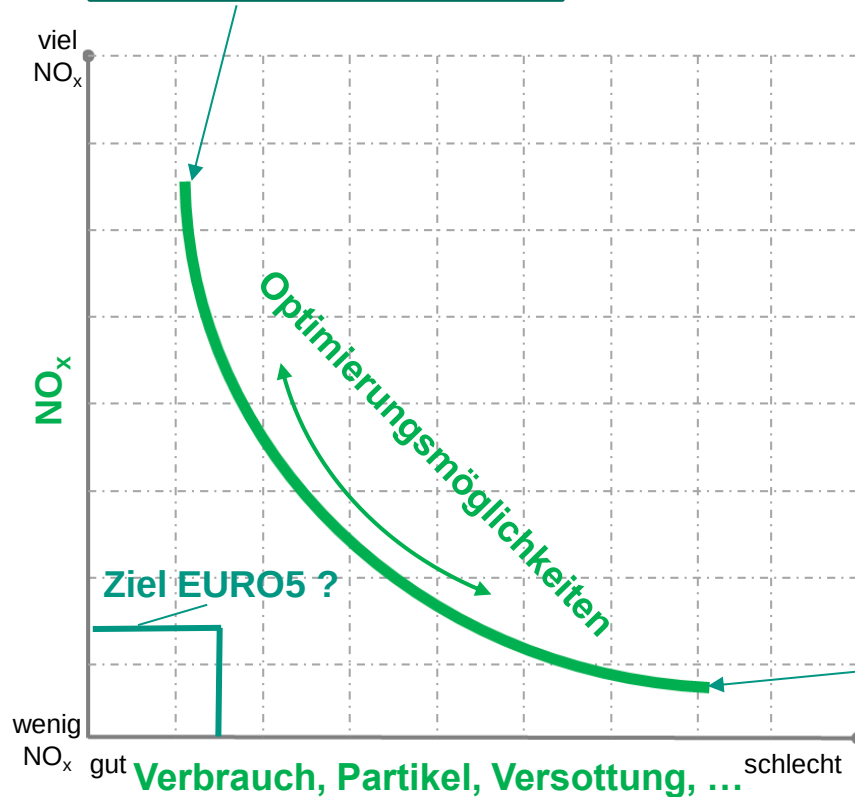
Grafik erweitert aus Zimmermann et.al., Komplexitätsbeherrschung von Motorsteuergeräte-Funktionalitäten, MTZ 01 2015

Wesentliche Technologiebausteine für EURO5 waren Abgasrückführung zur NO_x -Reduzierung und DOC+DPF zur Partikelreduzierung!

Konflikt beispielsweise bei EURO5 in 09/2009



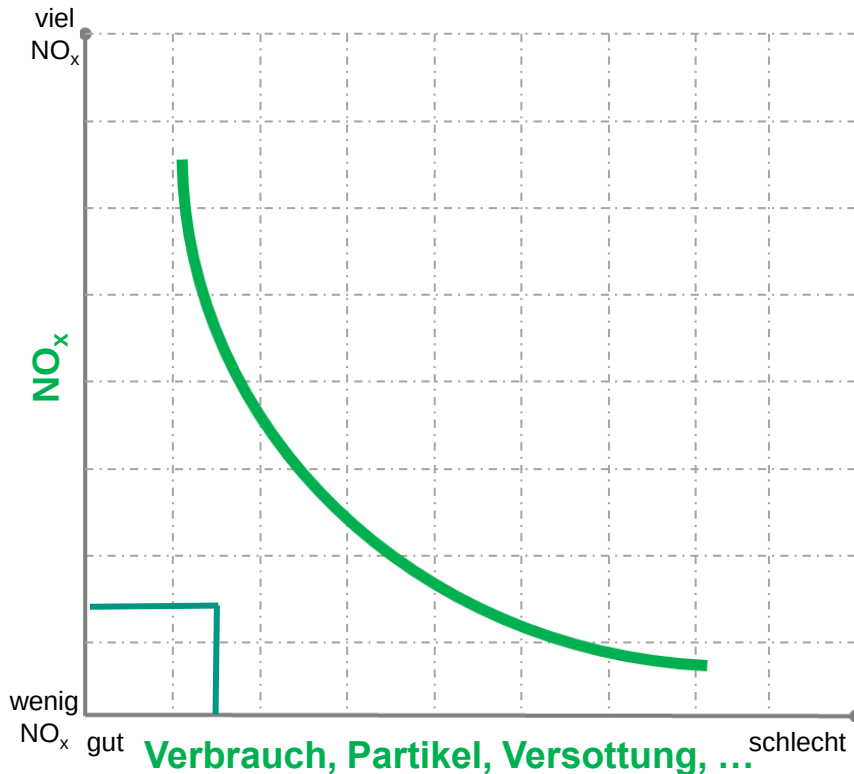
Entweder sehr stark (keine Partikel).....



...oder sehr
ausdauernd
(kein NO_x) ...

Quelle: <http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.hwrn.de%2Fkorir-chicago-ca30km-2011.jpg>

Technischer Ansatz am Beispiel EURO5

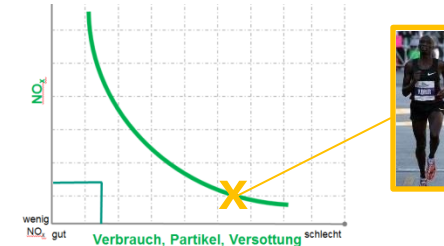


Quelle: <http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.hwrn.de%2Fkorir-chicago-ca30km-2011.jpg>

Umsetzung
EURO5
aller
Hersteller



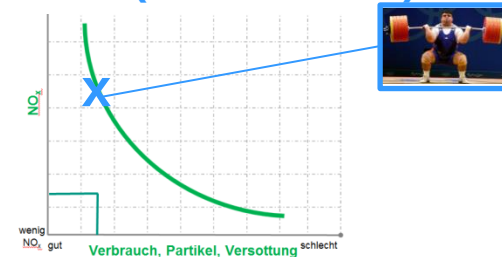
niedrige Motorlast und Drehzahl
(~NEFZ)



Regelung über Kennfelder
und benötigte Abschalt-
bedingungen

Illegales Vorgehen:
Zykluserkennung

hohe Motordrehzahl und Last
(~Realbetrieb)



Die EURO5 Entwicklung hatte keine andere Möglichkeit, als nur im NEFZ-nahen Bereich die NO_x-Werte zu erfüllen. Sicherlich wären teilweise bessere NO_x-Emissionen im Realbetrieb möglich gewesen, 180 mg/km jedoch nicht!

Temperaturvorgaben bei der Europäischen Gesetzgebung

Euro5/6
Regulation
715/2007

„Um die Kontrolle von Verdunstungsemissionen und von Emissionen bei niedriger Umgebungstemperatur zu verbessern, werden die Prüfverfahren von der Kommission überprüft.“

Benzinmotoren
(z.B. Fahrzeugklasse M1)

-7°C Test im NEFZ:

CO 15 g/km

HC 0,8 g/km

Dieselmotoren

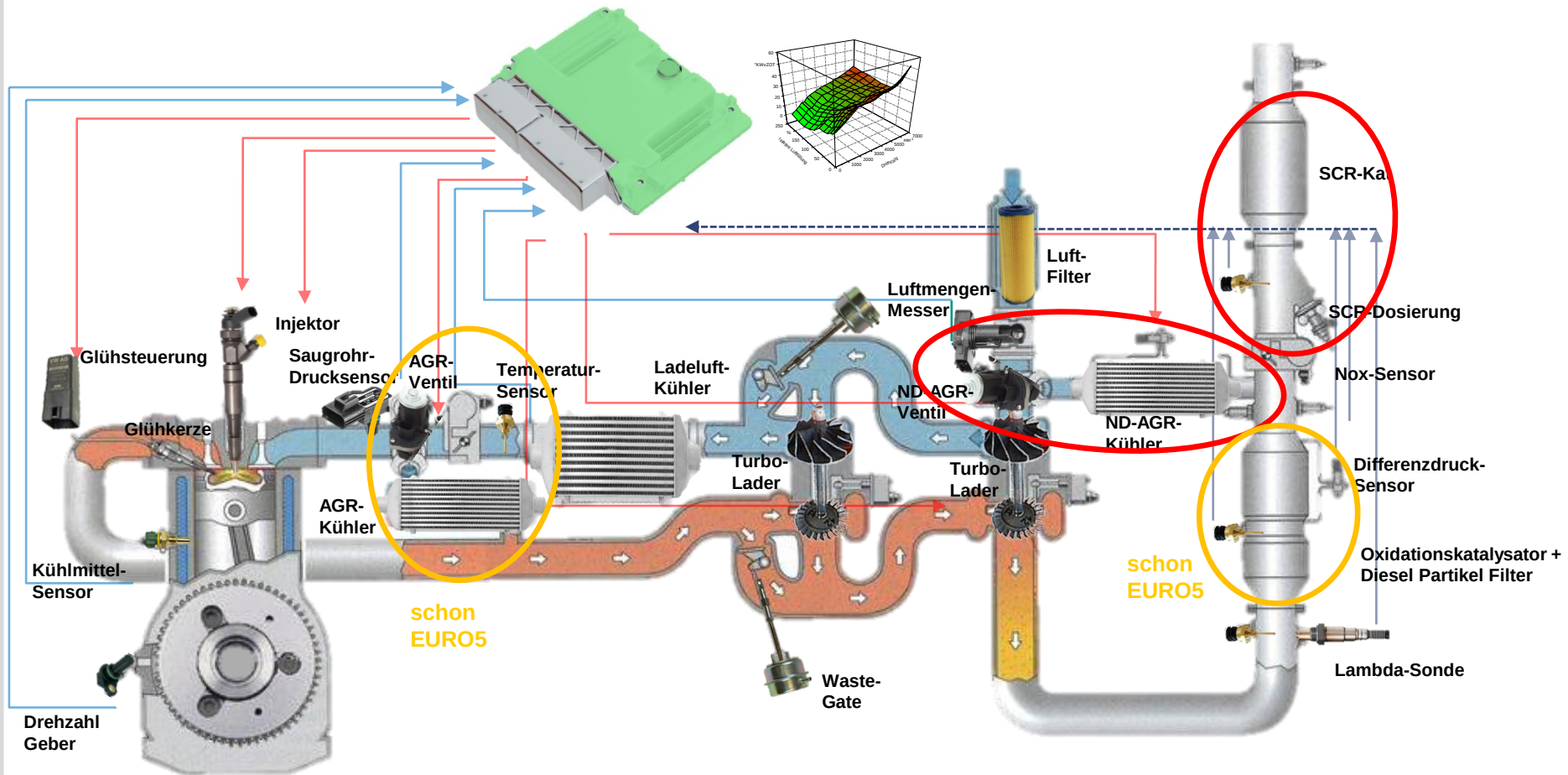
-7°C im NEFZ:

Keine Grenzwertangabe!

Regulierung (EC) 692/2008 mit Bezug auf ECE R83, Gültigkeit der ECE 715/2007

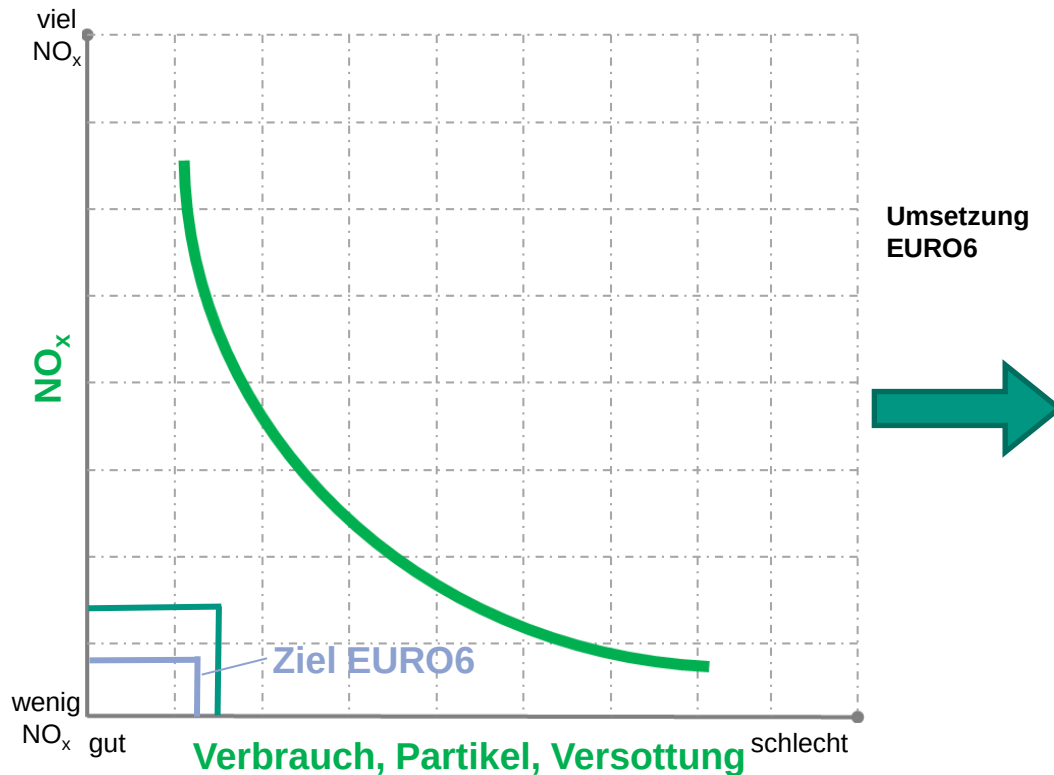
**Für Benzinmotoren gab es bei -7°C explizite Grenzwerte. Bei Dieselmotoren nicht!
Daher haben Dieselmotoren bei niedrigen Temperaturen erhöhte Emissionen.
Generell ist das Thema als offenes Thema beschrieben, d.h. ungeregt.**

Bauteilerläuterung am Beispiel von EURO6 mit SCR in 09/2014



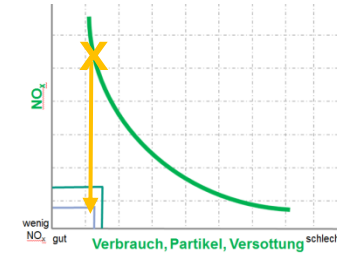
Wesentliche neue Technologiebausteine für EURO6 waren Niederdruck-AGR (ND-AGR) und erstmalig SCR bei zahlreichen Fahrzeugen!

Technischer Ansatz am Beispiel EURO6 mit SCR



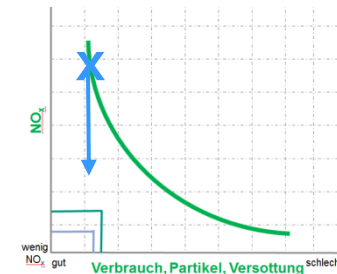
Quelle: <http://images.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.hwrn.de%2Fkorir-chicago-ca30km-2011.jpg>

niedrige Motorlast und Drehzahl
(~NEFZ)



Regelung über Kennfelder
und benötigte Abschalt-
bedingungen

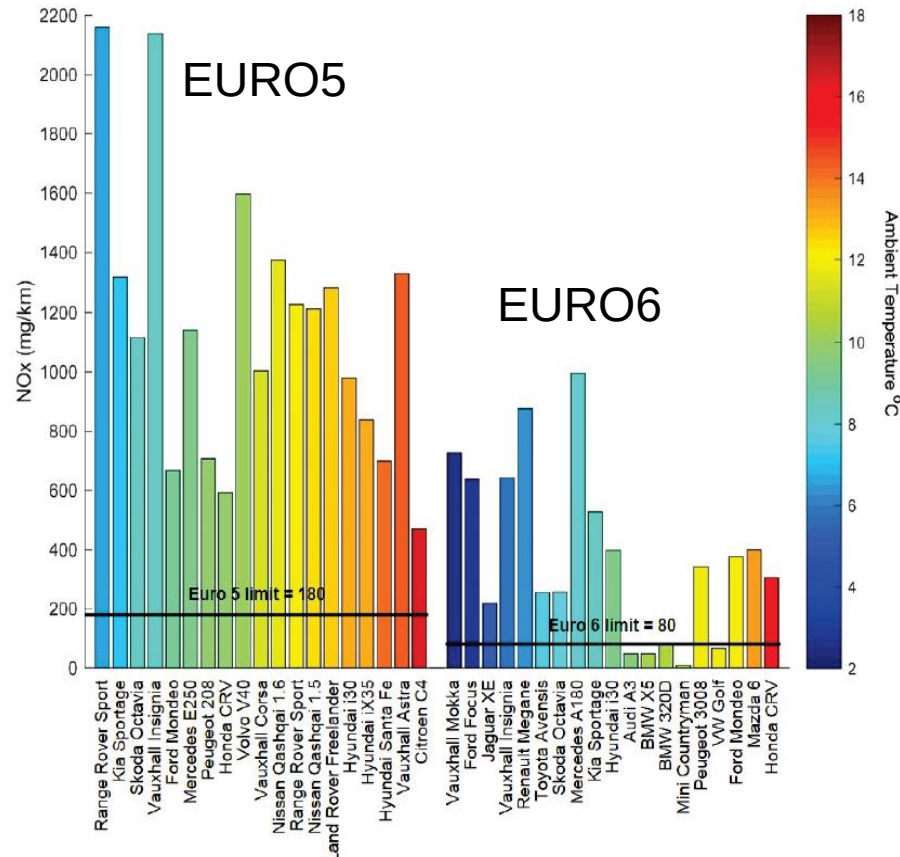
hohe Motordrehzahl und Last
(~Realbetrieb)



Bei der EURO6 Entwicklung ist eine deutliche NO_x -Verbesserung im Vergleich mit EURO5 erzielt worden. Trotzdem wäre bei einigen Applikationen niedrigere NO_x -Werte erreichbar gewesen.

Einführung von EURO6 in 09/2014

Testbericht von Department for Transport, GB



„Vehicle Emissions Testing“, Department for Transport GB, 2016

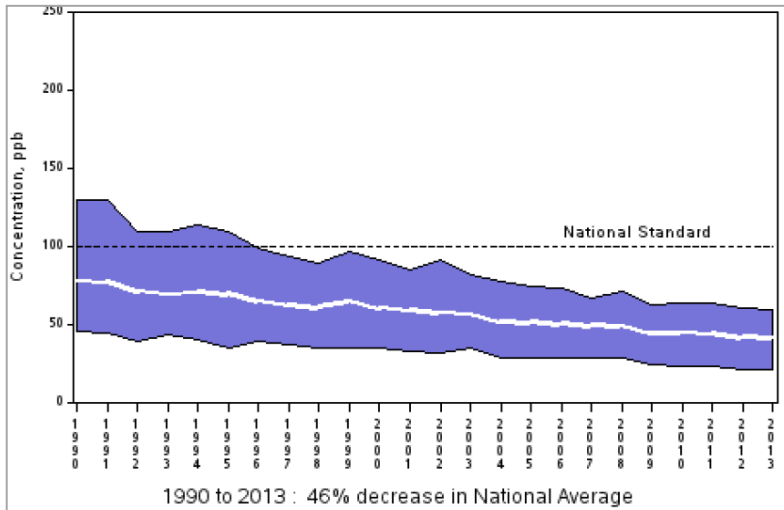
Deutlich fallende Tendenz mit EURO6 gegenüber EURO5.
Leider gibt es teilweise sogar EURO6 Ausreißer mit über 1000 mg NO_x/km im Stadtbetrieb. Die Lücken müssen geschlossen werden.

Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung
- 4 Emissionsgesetzgebung
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert?
- 6 Immissionssituation
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d
- 8 Zusammenfassung

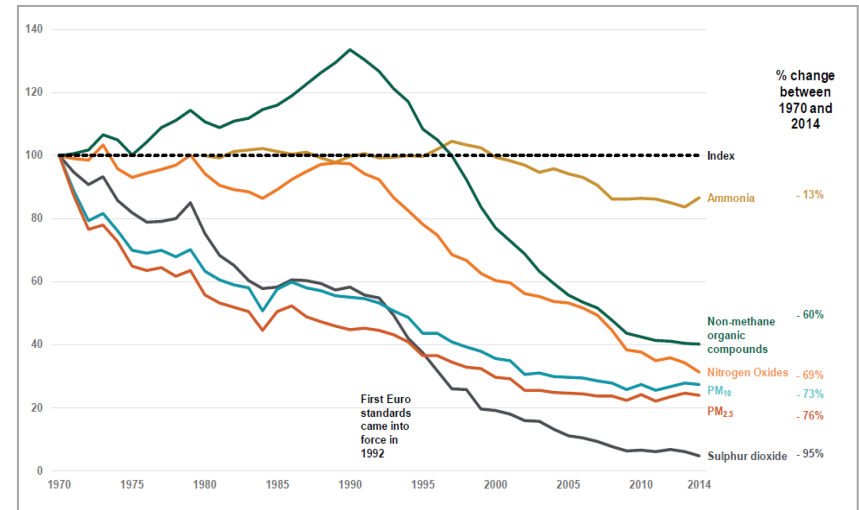
Entwicklung Immissionssituation weltweit

USA



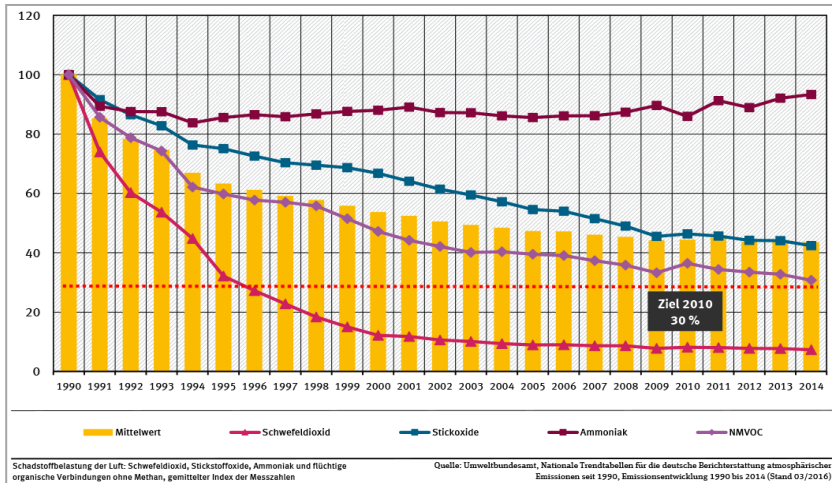
„Is NO₂ a Marker for Effects of Traffic Pollution or a Pollutant on Its Own“, Colorado State University, 2015

Großbritannien



„Vehicle Emissions Testing“, Department for Transport GB, 2016

Deutschland



Schadstoffbelastung der Luft: Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Ammoniak und flüchtige organische Verbindungen ohne Methan, gemittelter Index der Messzahlen
Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2014 (Stand 03/2016)

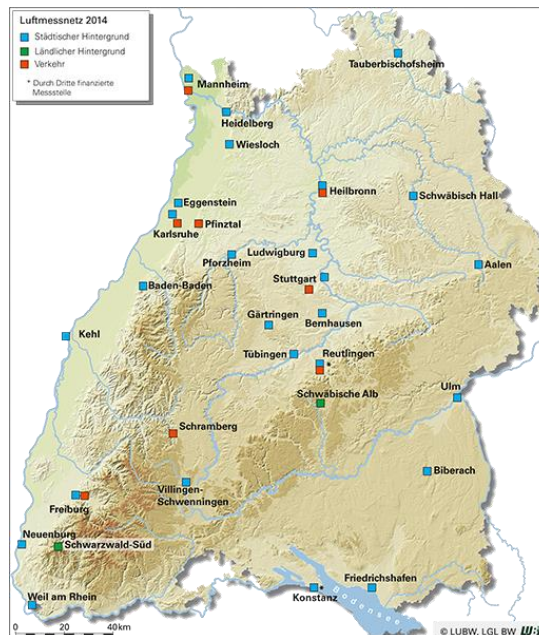
Luftqualität und NO₂-Immission hat sich bereits deutlich verbessert!

Abgasgesetzgebung zeigt Wirkung!

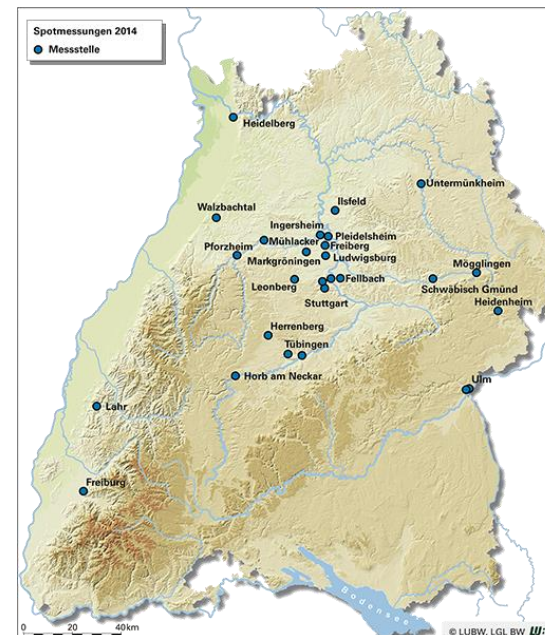
Eine weitere Verbesserung ist willkommen!

Luftmessnetz Deutschland

- Kontinuierliche Erfassung und Überwachung der Luftqualität in D durch Umweltbundesamt (UBA) und Landesumweltämter (z.B. LUBW in BW)
- UBA betreibt 7 Messstellen in Reinluftgebieten (Hintergrundwerte)
- 518 Messstellen der Landesämter (Stand 2015) untergliedert in Kategorien: Ländlich, vorstädtisch, städtisch und Spotmessstellen (Straßen-/Verkehrsnah in Städten)
- Messnetz in Baden-Württemberg (LUBW):
 - 2 ländlich
 - 26 vorstädtisch/städtisch
 - 27 Spotmessstellen (verkehrsnahe)

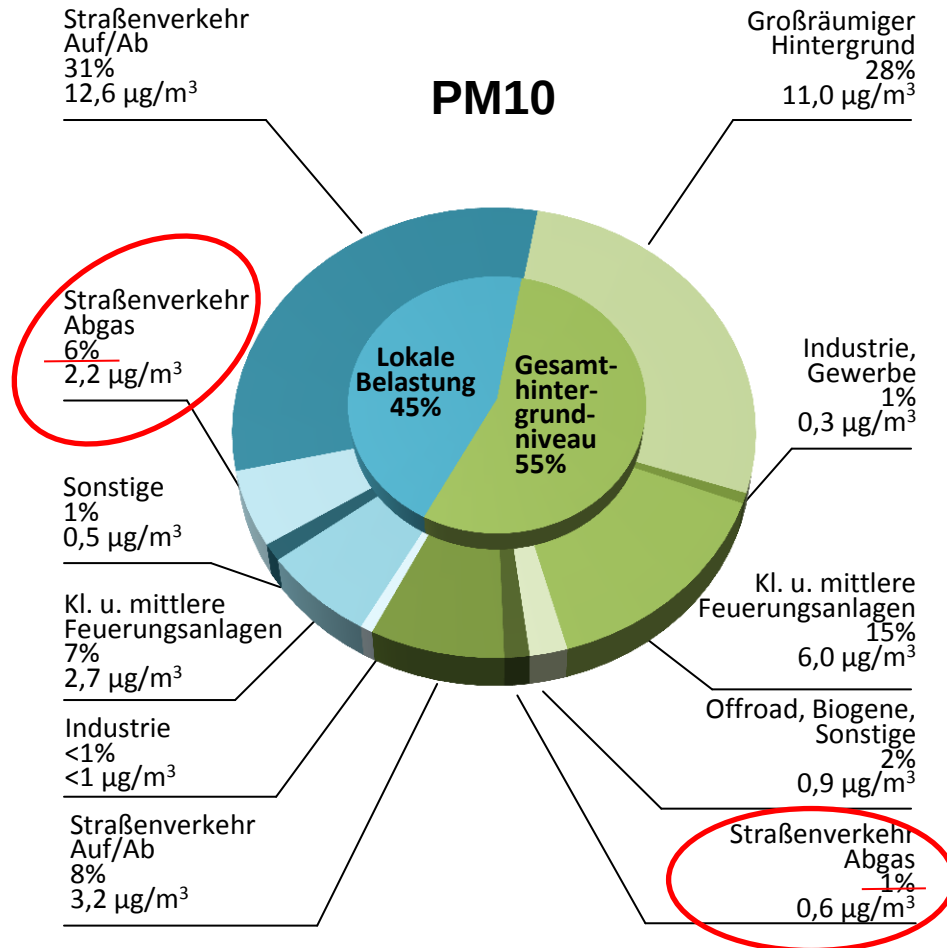


Luftmessnetz BW



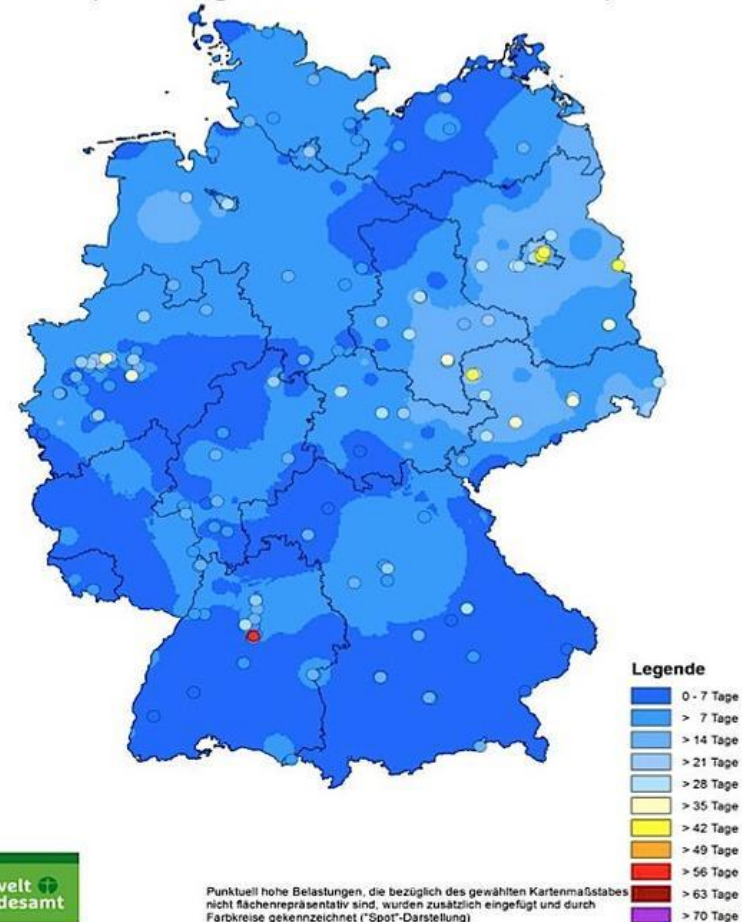
Spotmessnetz BW

Gesamtsituation Feinstaub/PM10 in Deutschland



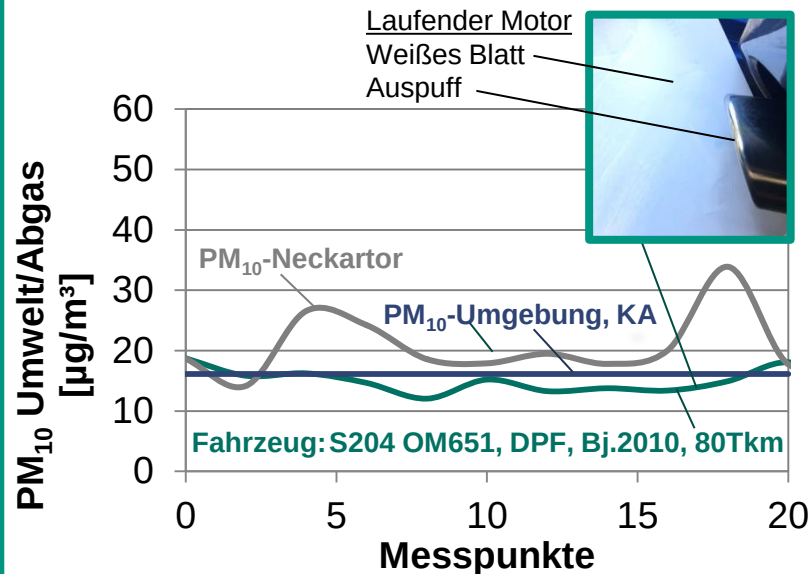
Quelle: Christoph Erdmenger; Ministerium für Transport und Infrastruktur Baden Württemberg; IFKM/KIT
 – NO_x Conference, Heidelberg, 01.2016

PM₁₀ - Tagesmittelwerte
Zahl der Überschreitungen von 50 µg/m³
Jahr 2014
(vorläufige Daten Stand 21.01.2015)

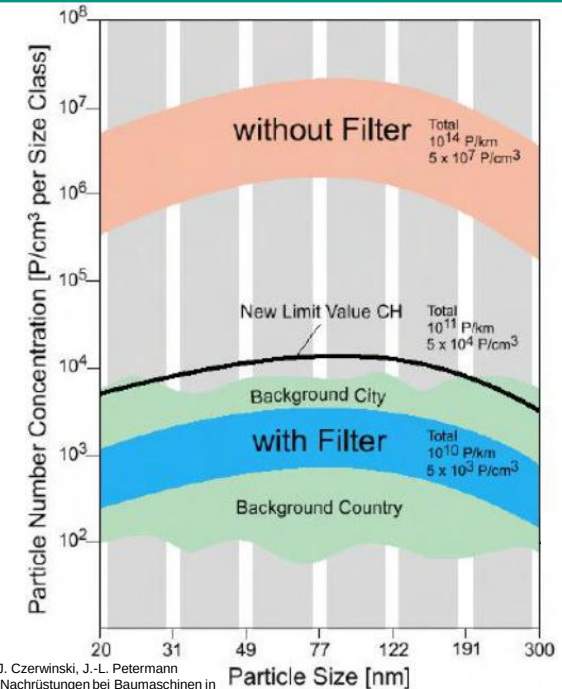


Der Dieselbeitrag zur Feinstaubthematik ist vernachlässigbar!

Wirkung des Dieselpartikelfilters



Quelle: Messungen IFKM, Antrittsvorlesung Koch, 2014



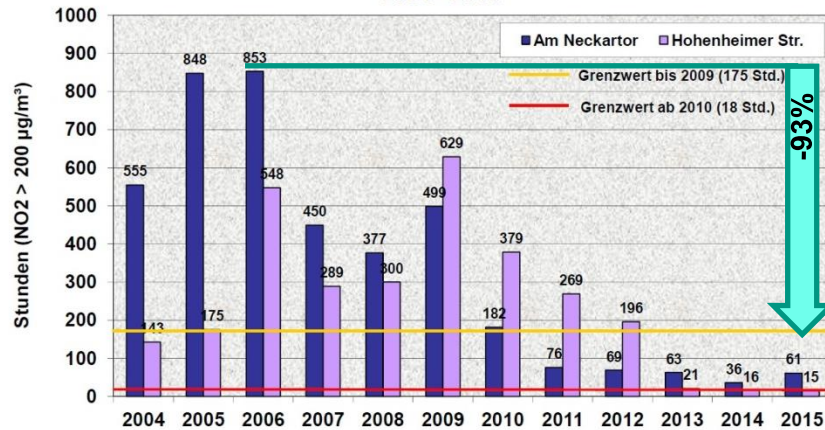
Quelle: A. Mayer, M. Wyser, J. Czerwinski, J.-L. Petermann
Erfahrungen mit Partikelfilter-Nachrüstungen bei Baumaschinen in
der Schweiz, FAD-Konferenz 2003

Die Partikelbelastung des Abgases von Dieselfahrzeugen ist geringer als die Partikelbelastung der Stadtluft und des städtischen Hintergrunds!

Zeitliche Entwicklung der Immissionssituation NO_2 am Beispiel „Stuttgart-Neckartor“

Überschreitungsstunden

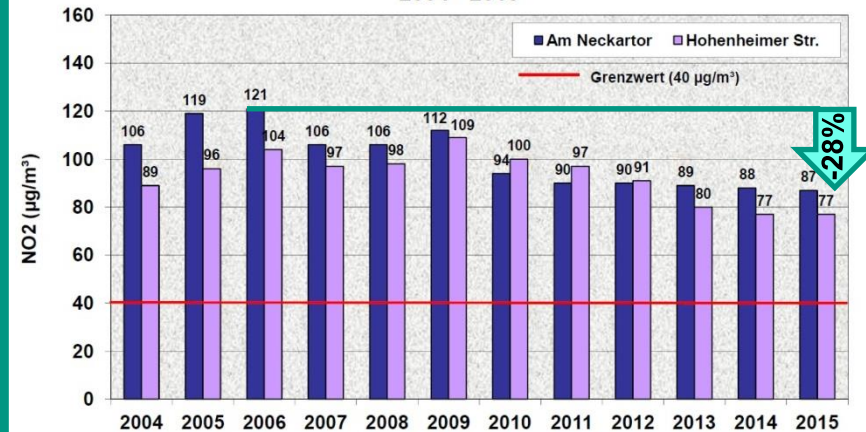
Anzahl der Überschreitungsstunden von NO_2 ($\text{NO}_2 > 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) an den LUBW Spot-Stationen "Am Neckartor" und "Hohenheimer Straße" 2004 - 2015



Quelle: LUBW, Grafik: AfU Stuttgart, Abt. 36-4

Jahresmittelwerte

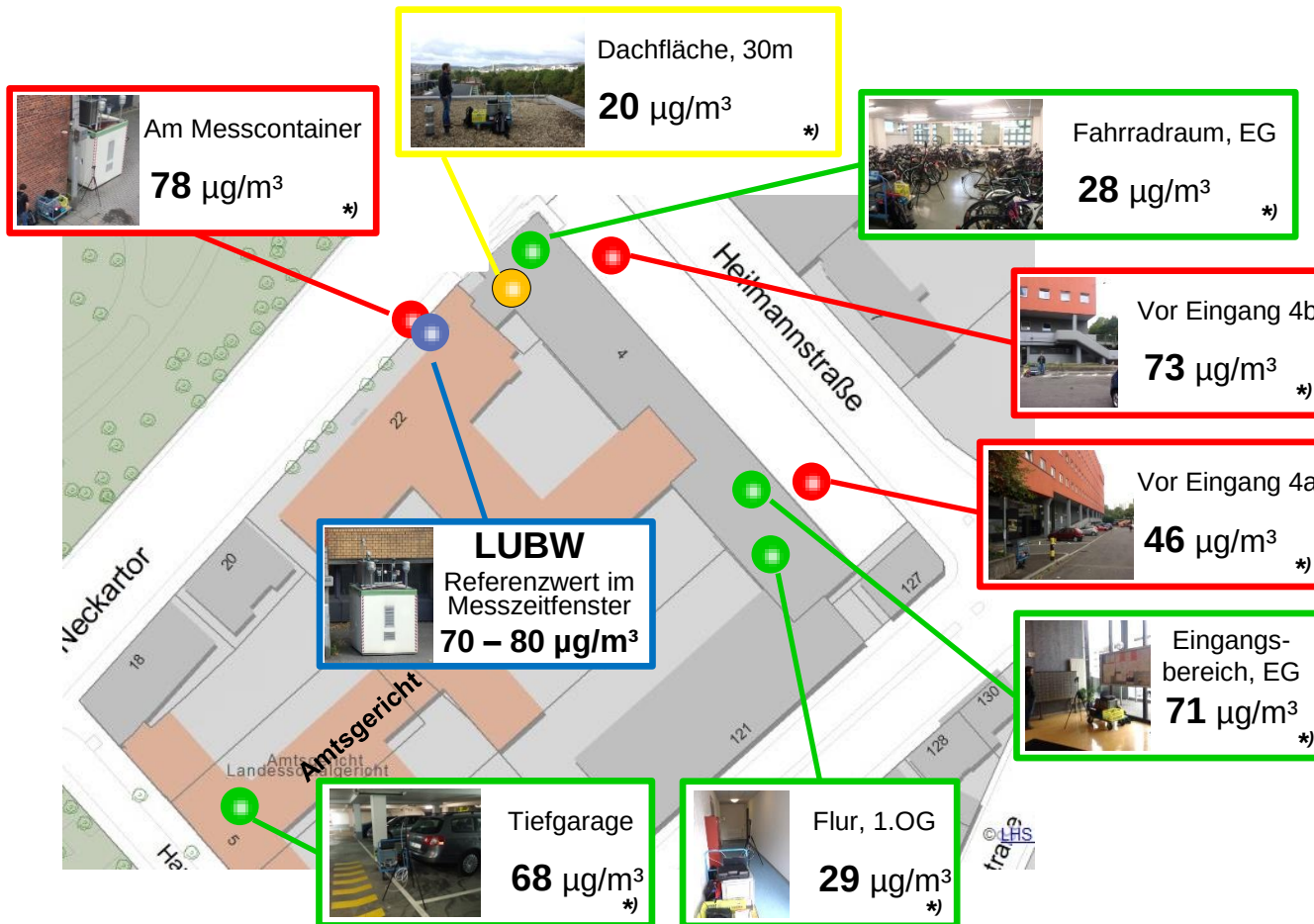
Jahresmittelwerte von Stickoxiden (NO_2) an den LUBW Spot-Stationen "Am Neckartor" und "Hohenheimer Straße" 2004 - 2015



Quelle: LUBW, Grafik: AfU Stuttgart, Abt. 36-4

Die Immissionswerte werden kontinuierlich besser. Diese Entwicklung ist zwischenzeitlich etwas abgeflacht! Das Niveau am Hotspot ist noch zu hoch.

Immissionssituation Stuttgart/Neckartor



Messungen mit Unterstützung und Messtechnik vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK, KIT)

Herzlichen Dank an Dr. C. Mohr, Dr. H. Saathoff und Prof. T. Leisner

- **Außenmessungen (3 Orte)**
- **Innenmessungen (4 Orte)**
- **Höhenmessungen (1 Ort)**
- **Referenzmessstelle der LUBW**

*) Werte gemessen am 05.09.2016 durch IFKM / KIT

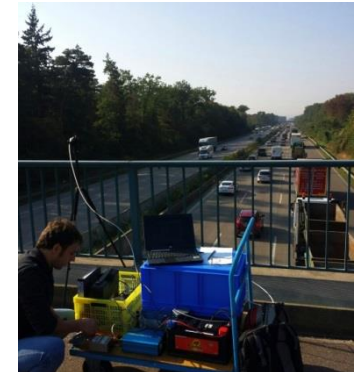
Im und auf dem Gebäude unmittelbar am Hot-Spot Neckartor liegen die NO₂-Werte mit Ausnahme des Eingangsbereichs unter 30 µg/m³ !

Immissionssituation Autobahn (BAB 5, nördl. Karlsruhe)



Messungen mit Unterstützung und Messtechnik vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK, KIT)

Herzlichen Dank an Dr. C. Mohr, Dr. H. Saathoff und Prof. T. Leisner

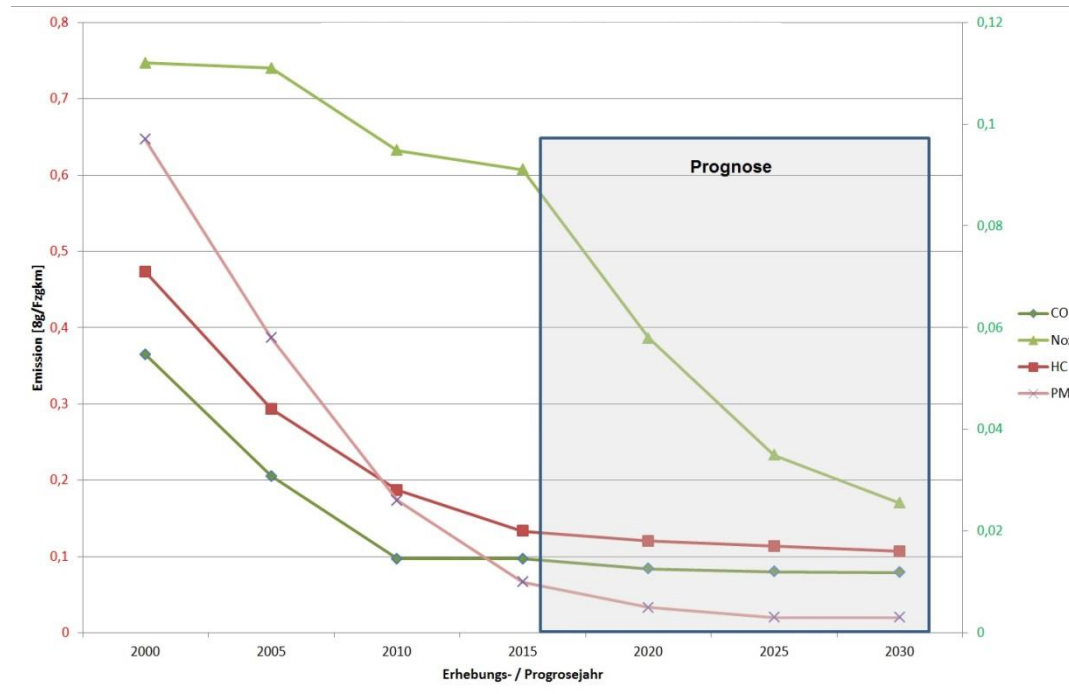


Alle Werte gemessen am 22.09.2016 durch IFKM/KIT

Abnahme der NO_2 -Werte auf lokale Hintergrundwerte innerhalb weniger Meter neben der Fahrbahn!

Zeitliche Entwicklung der Flottenemission

Emissionswerte Diesel PKW nach HBEFA



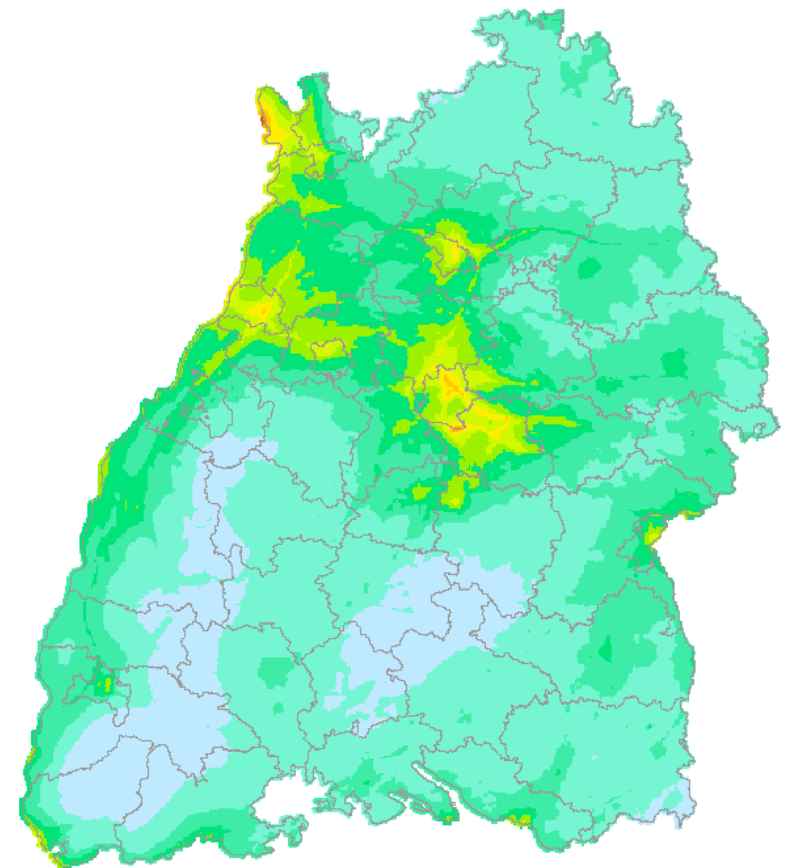
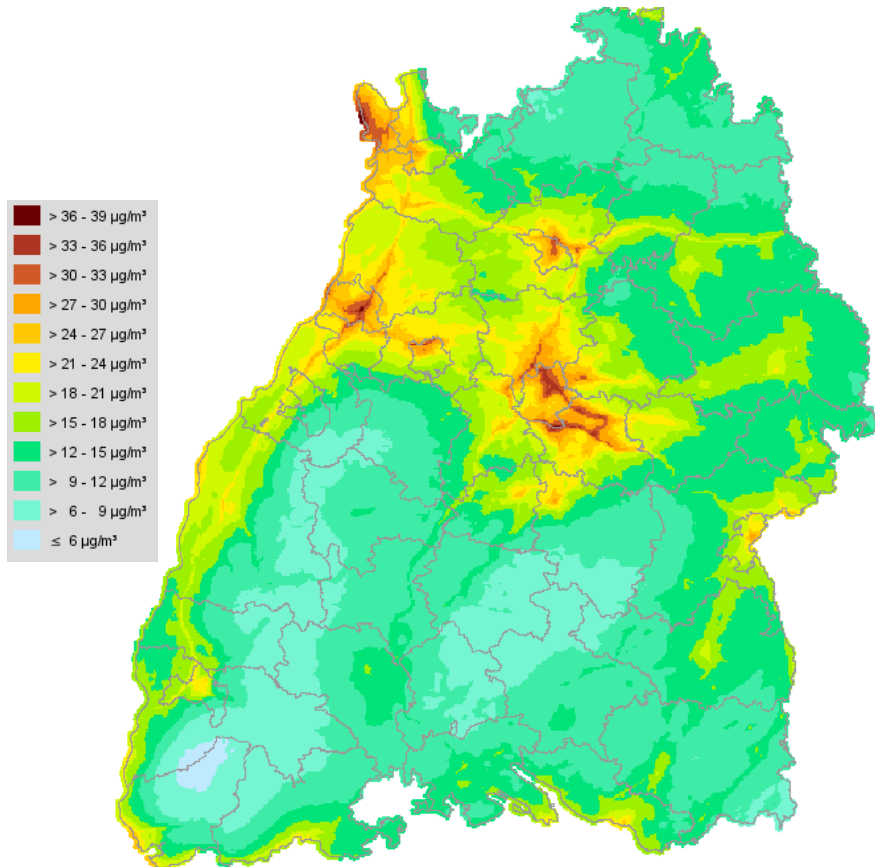
Quelle: HBEFA, 2016

Die NO_x-Flottenemission fällt ab 2015 steil ab. Dies zeigt sich bei allen Immissionsszenarien deutlich.

Entwicklung von NO₂ in Baden-Württemberg

Jahresmittelwert 2010 (Messung)

Jahresmittelwert 2020 (Modelrechnung)



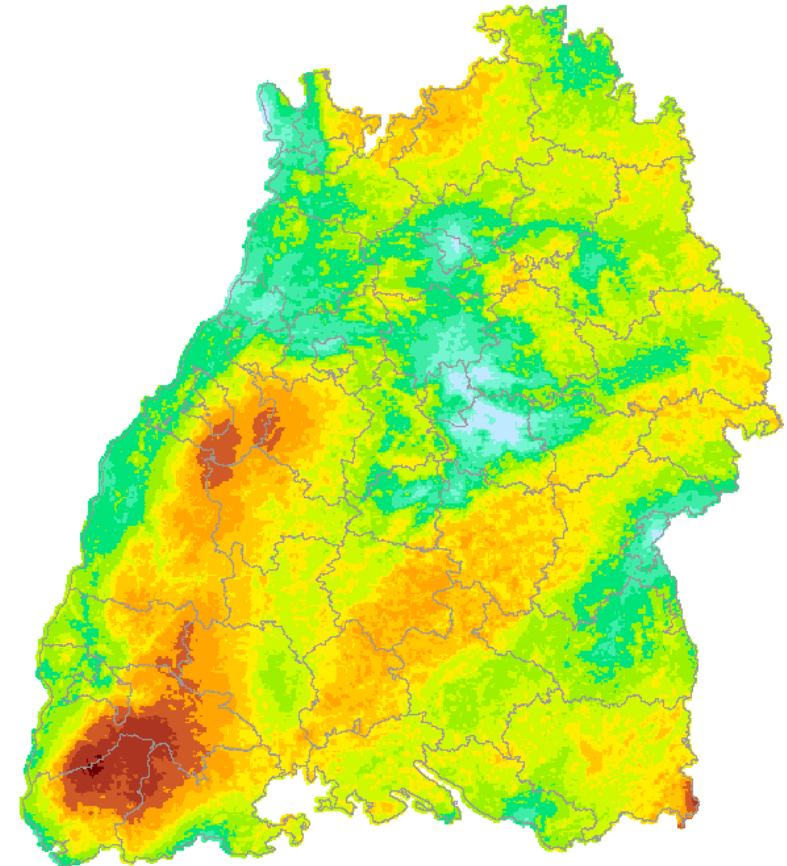
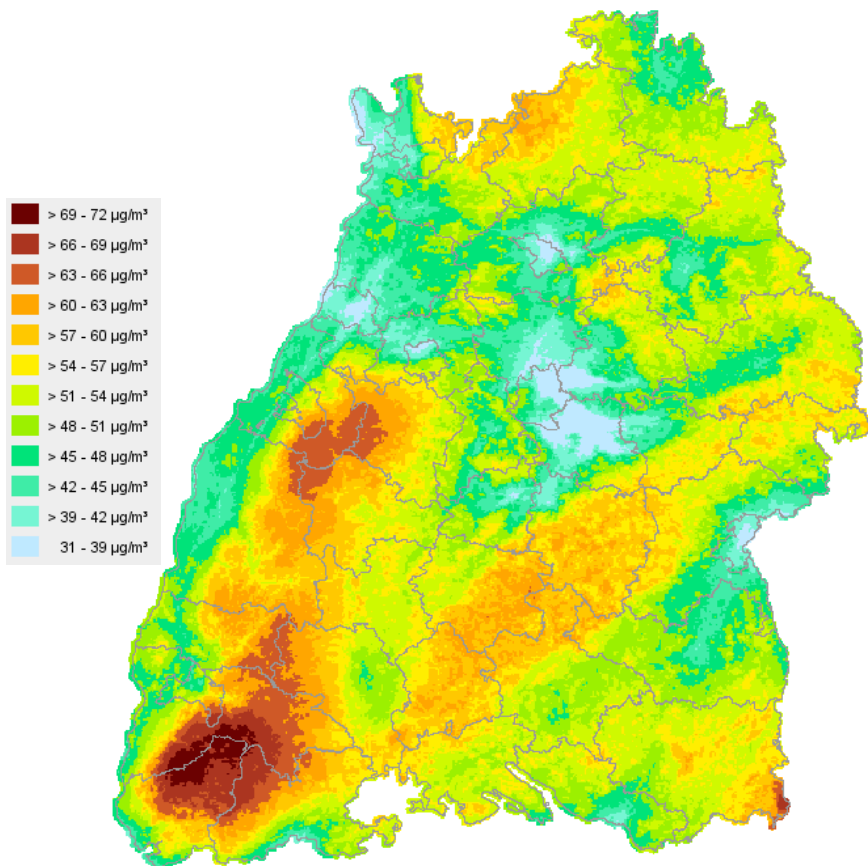
Quelle: LUBW <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/242644/>

Eine signifikante Verbesserung der NO₂-Immissionssituation ist seit 10 Jahren zu beobachten und zeichnet sich auch in der Zukunft ab.

Entwicklung von Ozon in Baden-Württemberg

Jahresmittelwert 2010 (Messung)

Jahresmittelwert 2020 (Modellrechnung)



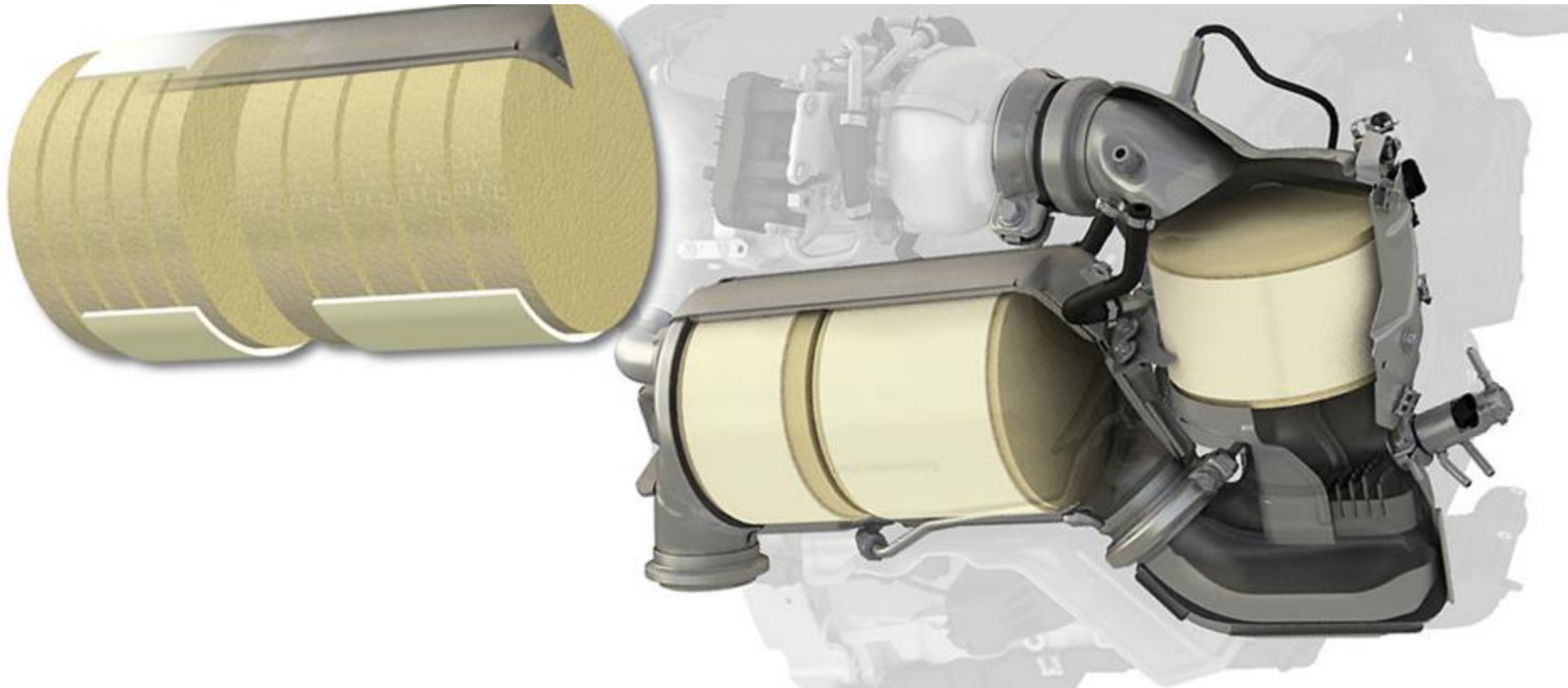
Quelle: LUBW <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/242644/>

Die Ozonsituation ist im Wesentlichen durch die geodätische Höhe definiert und variiert kaum. In den Städten ist kaum eine Erhöhung zu beobachten.

Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung
- 4 Emissionsgesetzgebung
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert?
- 6 Immissionssituation
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d**
- 8 Zusammenfassung

Moderne Technologie zur RDE-Erfüllung



Quelle: Lückert, Der neue 4-Zylinder Diesel Motor OM654 von Mercedes-Benz. Die innovative Basismotorisierung der neuen Diesel Generation, 2016

Die Entwicklung und Einführung motornaher (warmer) Katalysatoren bedurfte umfangreichster Entwicklungen und neuer Fahrzeugarchitekturen. Die modernsten Fahrzeuglösungen sind nach 5-10 Jahren Entwicklungszeit nun am Start.

Serienfahrzeuge für Messfahrt



AUDI Q7 3.0l V6

- Leistung max. 200 kW
- Abgasnachbehandlung DOC und SDPF
- Hochdruck-AGR



BWM 730d 3.0l R6

- Leistung max. 195 kW
- Abgasnachbehandlung DOC-NSK, DPF und SCR
- Hoch- und Niederdruck-AGR



Mercedes-Benz E220d 2.0l R4

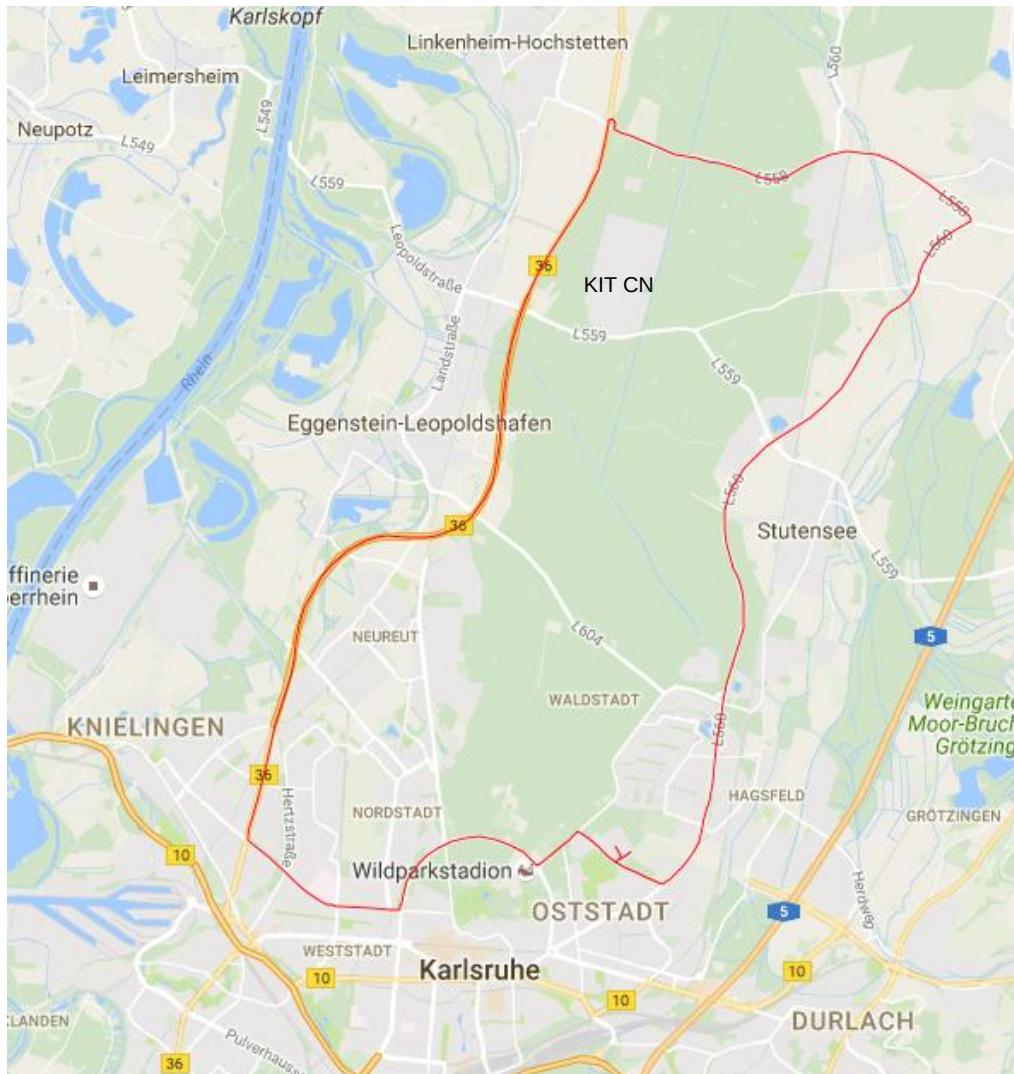
- Leistung max. 143 kW
- Abgasnachbehandlung DOC und SDPF
- Hoch- und Niederdruck-AGR



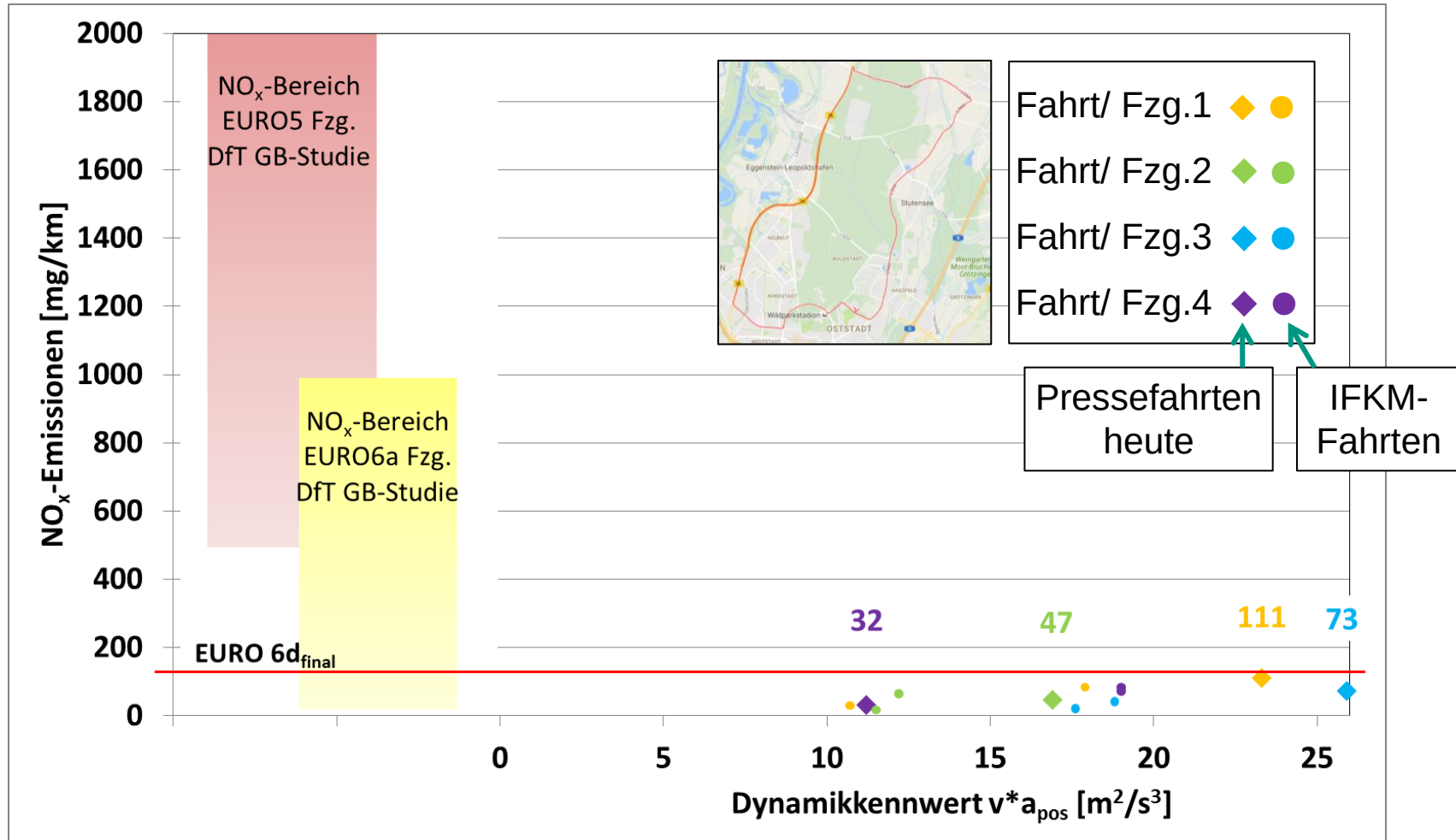
Volkswagen Tiguan 2.0l R4

- Leistung max. 140 kW
- Abgasnachbehandlung DOC und SDPF
- Hoch- und Niederdruck-AGR

Fahrtstrecke 38,7 km



Ergebnisse Messfahrten



**Deutliche Unterschreitung des NO_x-Grenzwertes im alltäglichen Fahrbetrieb.
(Bei RDE EURO6d_{temp} 168mg/km zulässig, bei EURO6d_{final} 120mg/km)**

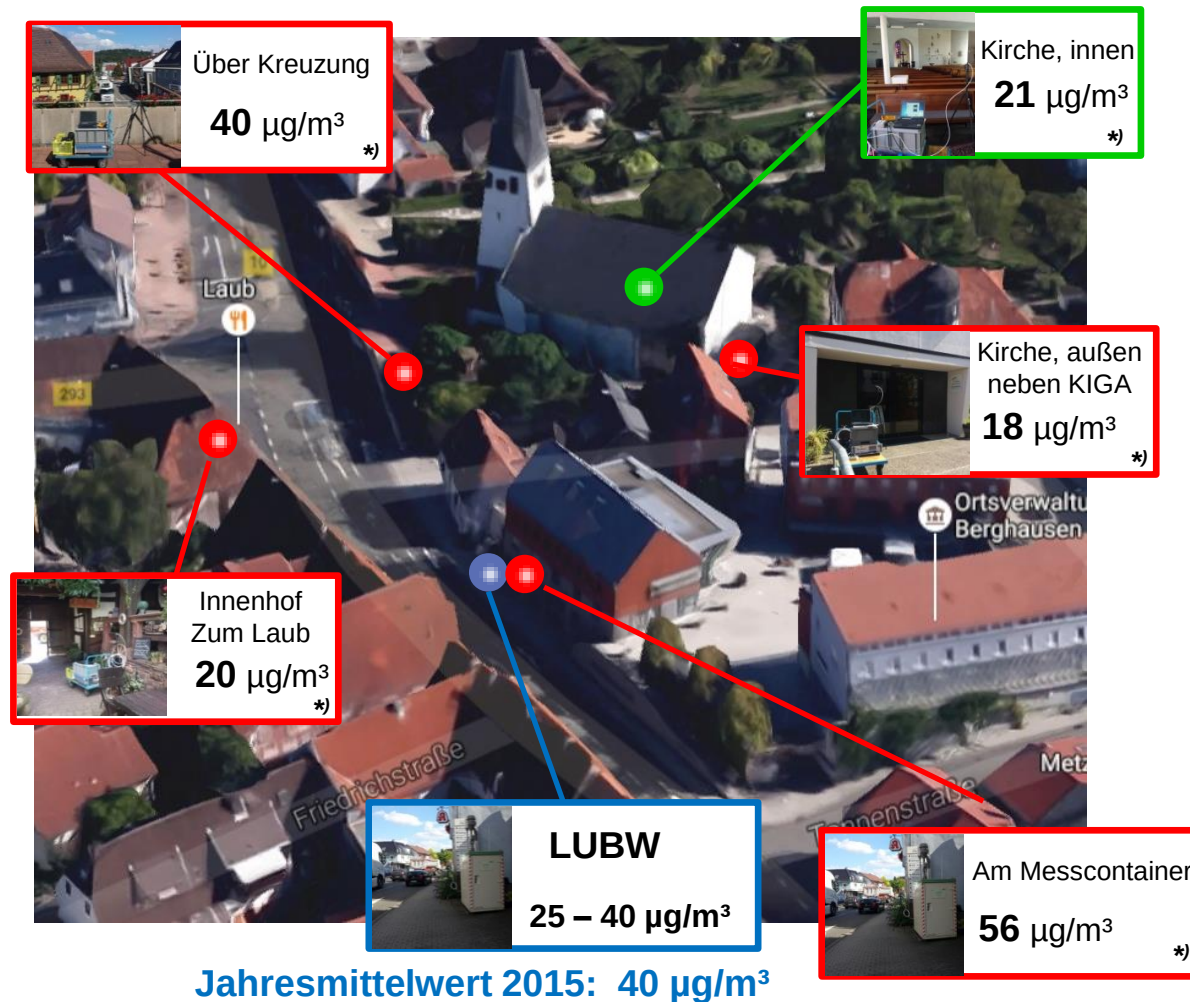
Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Funktionsweise Motor, Emissionen des Dieselmotors
- 3 Technologien: Motorische NO_x -Reduzierung und Abgasnachbehandlung
- 4 Emissionsgesetzgebung
- 5 Was ist bei TIER2BIN5, EURO4/5, EURO6 passiert?
- 6 Immissionssituation
- 7 Moderne Technologien zur Erfüllung von EURO6dTemp, EURO6d
- 8 Zusammenfassung

Schlußfolgerung und Zusammenfassung

- Der Einbau einer Defeat-Device (z.B. Volkswagen) ist illegal und inakzeptabel.
- Die meisten europäischen Diesellösungen (bis inklusive EURO6ab) sind legal aber teilweise sehr unbefriedigend an der Auslegungsgrenze des „wachsweichen“ alten NEFZ-Gesetzes appliziert.
- Die Emissionsthemen des Dieselmotors sind mit den RDE-Fahrzeugen gelöst. Verfeinerungen auf hohem Niveau werden folgen.
- Die Luftqualität hat sich für alle Bestandteile wie NO₂, Ruß, CO, SO_x, HC teilweise signifikant verbessert. Die öffentliche Wahrnehmung ist anders!
- Der Verkehrseinfluss ist noch bei NO₂ spürbar! Der Zielflug ist sichtbar!
- Der Dieselmotor ist die komplizierteste vorstellbare Technologie und wird eindrücklich beherrscht. Die deutsche Volkswirtschaft profitiert vom Diesel!
- Eine sachliche Diskussion über den Diesel sollte geführt werden.
- Der Dieselmotor wird noch sehr lange wesentliche Antriebsquelle bleiben.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Messungen mit Unterstützung und Messtechnik vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK, KIT)

Herzlichen Dank an Dr. C. Mohr, Dr. H. Saathoff und Prof. T. Leisner

- Außenmessungen (5 Orte)
- Innenmessungen (1 Ort)
- Referenzmessstelle der LUBW

*) Werte gemessen am 06.09.2016 durch IFKM/KIT