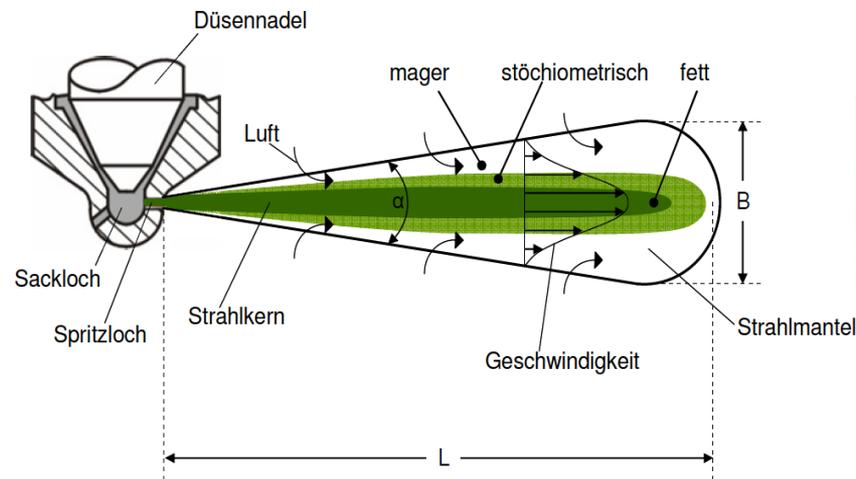
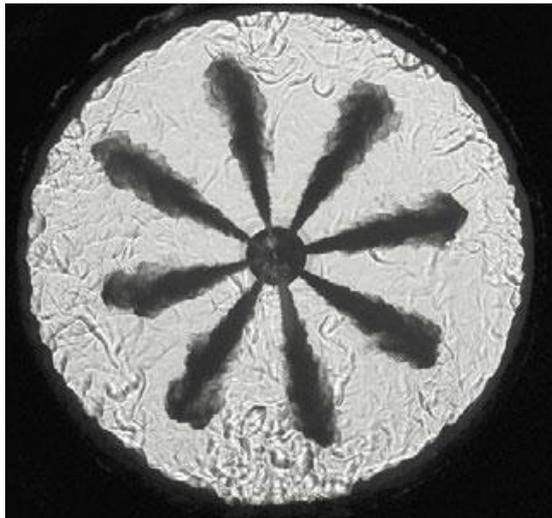


# Der Beitrag des Dieselmotors zur Immissionssituation. Eine technische Bewertung und Potentialanalyse

Dezember 2017

INSTITUT FÜR KOLBENMASCHINEN

Leiter Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch



**FEINSTAUB-ALARM!**

## Luft in Stuttgart wird immer schlechter



Neuer Abgastest  
Die dreckige Wahrheit über Diesellautos



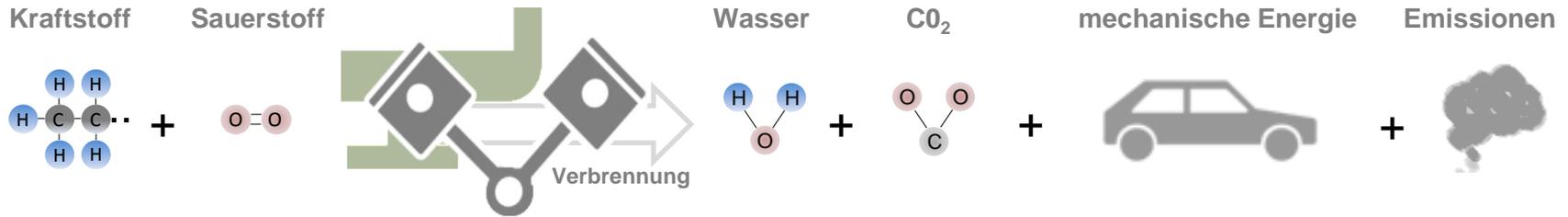
Die Abgastests für Autos gelten als realitätsfern. Ein neues Verfahren soll für ehrlichere Werte sorgen. Forscher haben 32 Dieselfahrzeuge jetzt auf diese Weise untersucht. Das Ergebnis ist für viele Hersteller blamabel. mehr... [ Forum ]

# Agenda

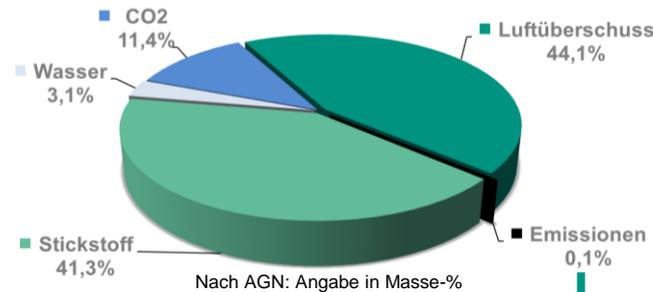
- 1 Einleitung
- 2 Feinstaub / Partikel
- 3  $\text{NO}_x$  /  $\text{NO}_2$
- 4 Ozon
- 5 Exposition / Gesundheit / Statistik
- 6 Berichterstattung
- 7 Zusammenfassung

# Funktionsprinzip und Emissionen eines Verbrennungsmotors

## Verbrennung



## Beispielhafte Abgaszusammensetzung eines modernen EU6 Dieselmotors



## Unerwünschte Emissionen

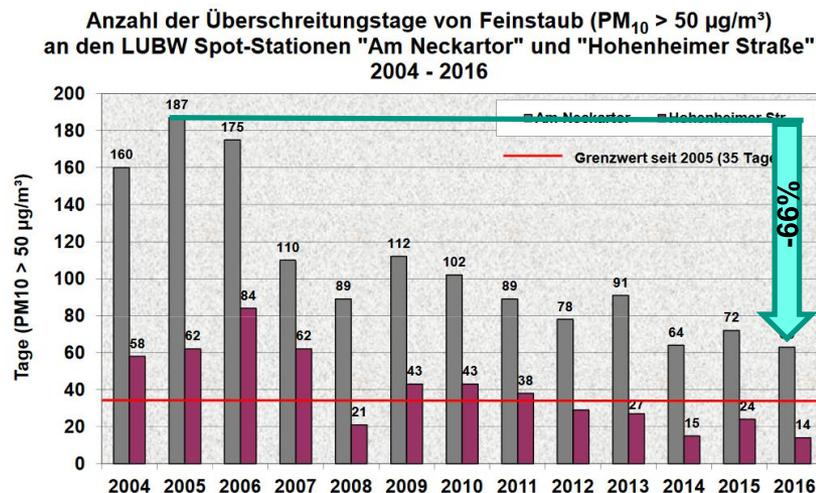
Kohlenmonoxid	CO	von Umweltmessstationen typischerweise nicht mehr aufgezeichnet	✓
Kohlenwasserstoff	HC	von Umweltmessstationen typischerweise nicht mehr aufgezeichnet	✓
Schwefeloxide	SO <sub>x</sub>	von Umweltmessstationen typischerweise nicht mehr aufgezeichnet	✓
Partikel	PM	Feinstaub	?
Stickstoffoxide	NO <sub>x</sub>	Stickoxide, Ozon	?

# Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Feinstaub / Partikel
- 3  $\text{NO}_x$  /  $\text{NO}_2$
- 4 Ozon
- 5 Exposition / Gesundheit / Statistik
- 6 Berichterstattung
- 7 Zusammenfassung

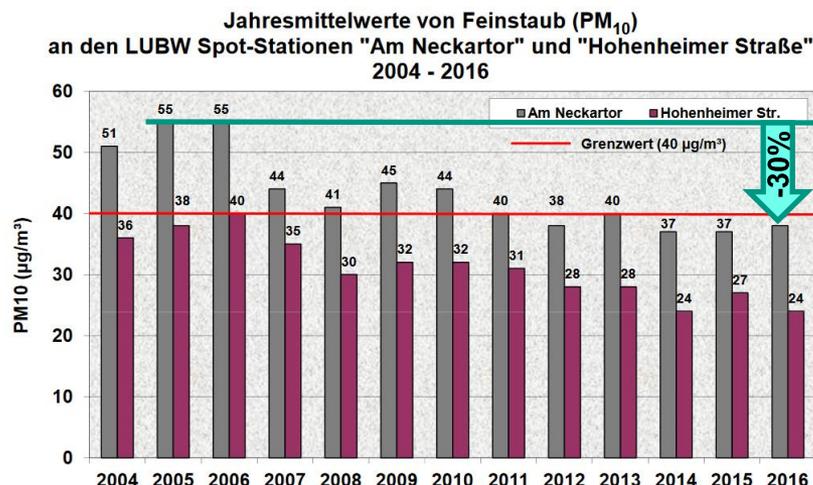
# Zeitliche Entwicklung der Immissionssituation PM<sub>10</sub> am Beispiel „Stuttgart-Neckartor“

## Überschreitungstage



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

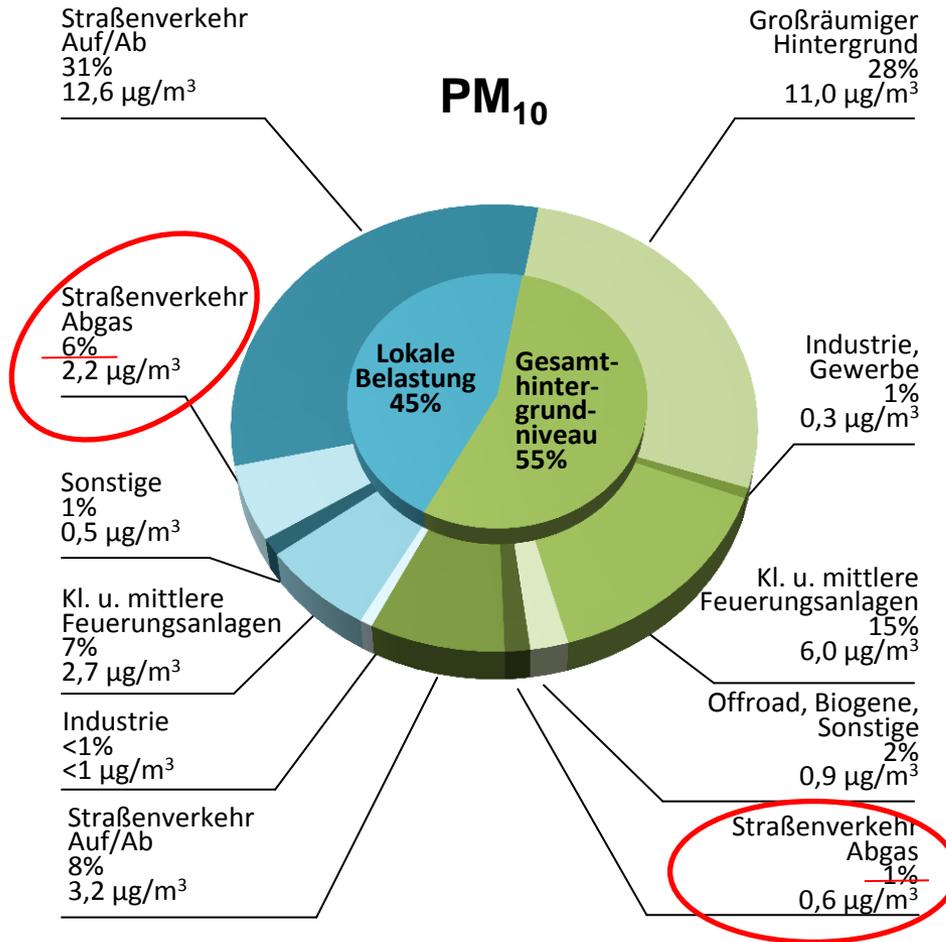
## Jahresmittelwerte



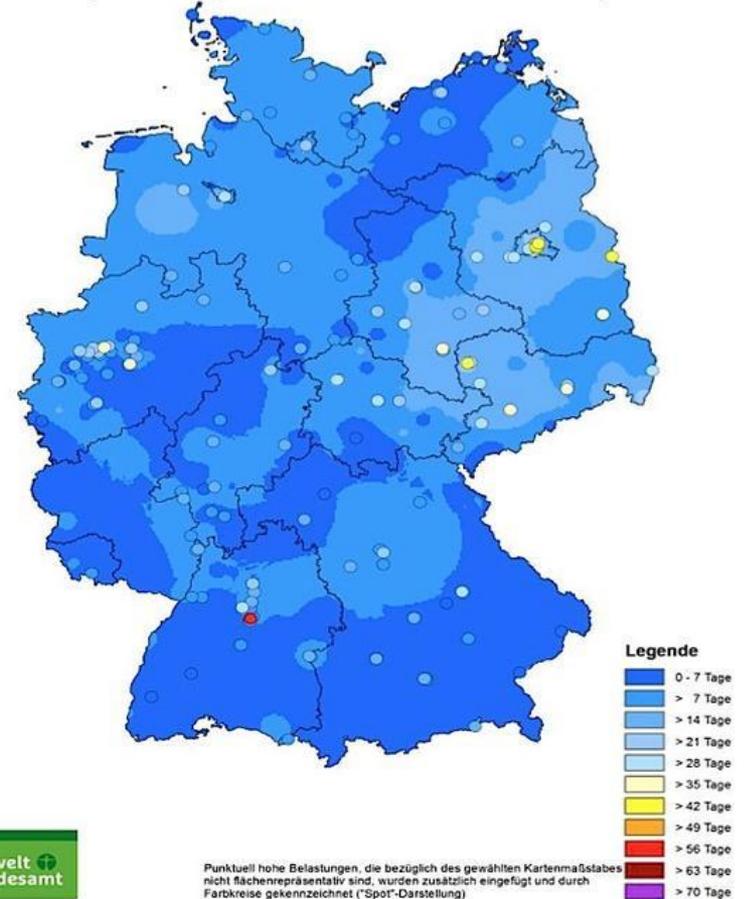
Quelle: Quelle: LUBW, Grafik: AfU Stuttgart, Abt. 36-4

**Der PM<sub>10</sub> Jahresmittelwert von S-Neckartor ist im Ziel!**  
**Nur die Überschreitungstage sind kritisch!**

# Gesamtsituation Feinstaub/PM<sub>10</sub> in Deutschland



**PM<sub>10</sub> - Tagesmittelwerte**  
 Zahl der Überschreitungen von 50 µg/m<sup>3</sup>  
 Jahr 2014  
 (vorläufige Daten Stand 21.01.2015)



Quelle: Christoph Erdmenger; Ministerium für Transport und Infrastruktur Baden Württemberg; IFKM/KIT – NO<sub>x</sub> Conference, Heidelberg, 01.2016



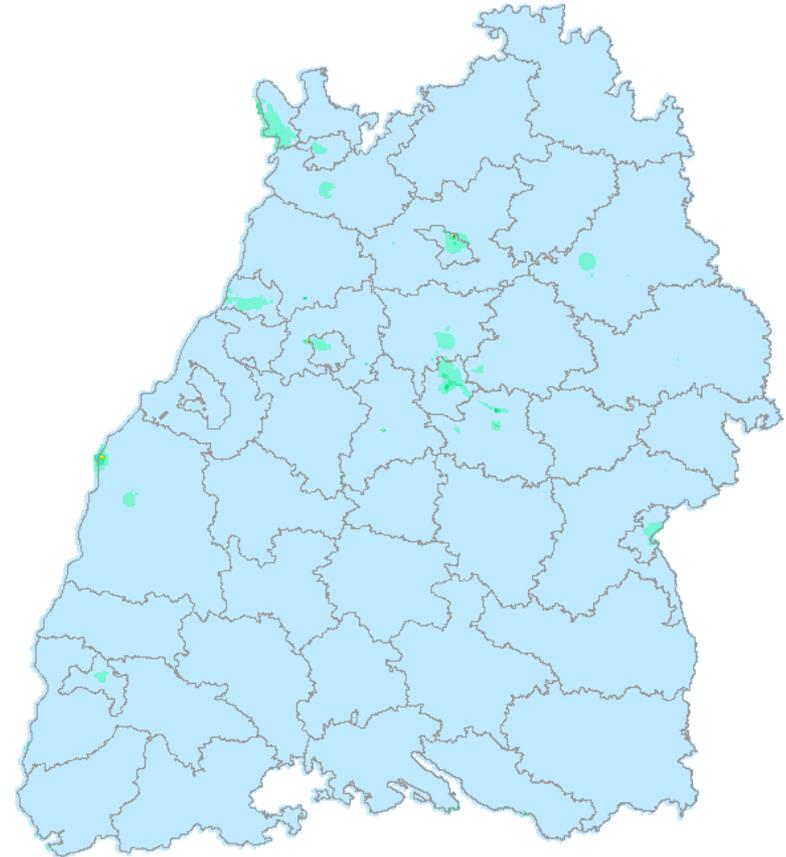
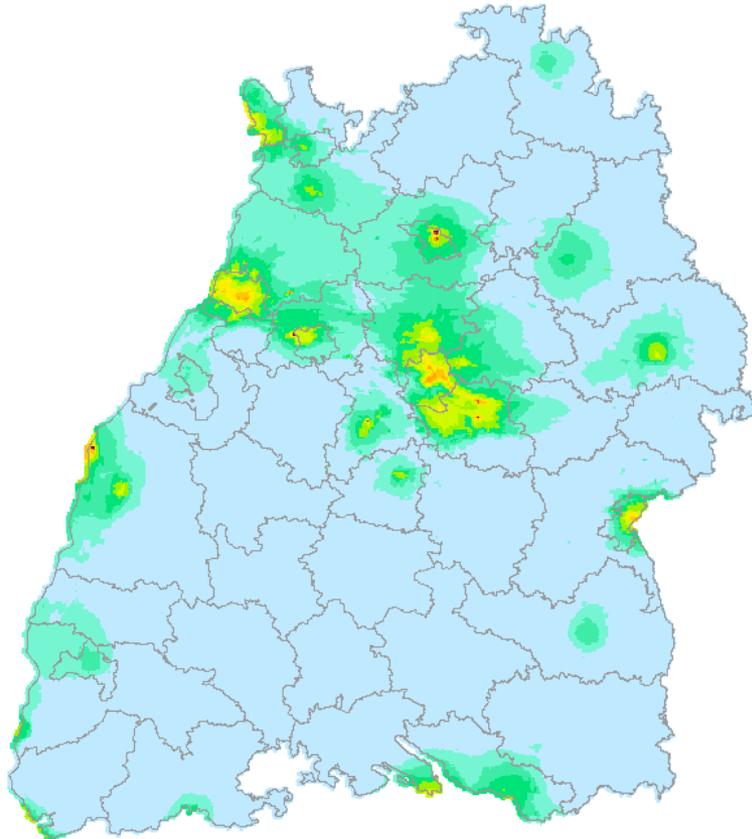
Punktuell hohe Belastungen, die bezüglich des gewählten Kartenmaßstabes nicht flächenrepräsentativ sind, wurden zusätzlich eingefügt und durch Farbkreise gekennzeichnet (\*Spot-Darstellung)

**Der Verbrennungsmotoren / Dieselbeitrag zur Feinstaubthematik ist vernachlässigbar!**

# Entwicklung Tagesmittelwerte $PM_{10} > 50 \mu g/m^3$ in Baden-Württem.

TMW  $> 50 \mu g/m^3$  2010 (Messung)

TMW  $> 50 \mu g/m^3$  2020 (Modelrechnung)



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

**Eine signifikante Verbesserung der Partikelimmissionssituation ist seit 30 Jahren zu beobachten und zeichnet sich auch in Zukunft ab.**

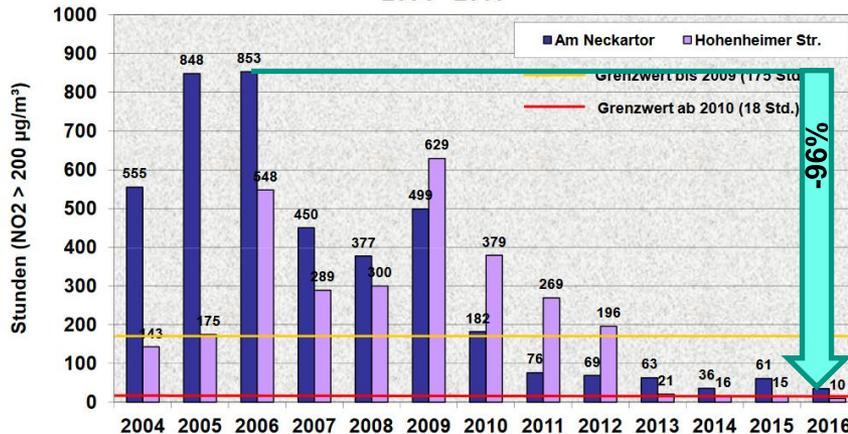
# Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Feinstaub / Partikel
- 3  $\text{NO}_x$  /  $\text{NO}_2$
- 4 Ozon
- 5 Exposition / Gesundheit / Statistik
- 6 Berichterstattung
- 7 Zusammenfassung

# Zeitliche Entwicklung der Immissionssituation NO<sub>2</sub> am Beispiel „Stuttgart-Neckartor“

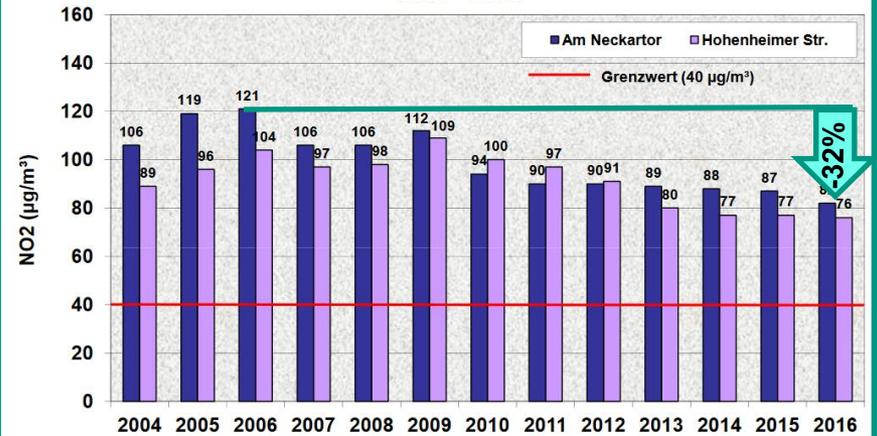
## Überschreitungsstunden

Anzahl der Überschreitungsstunden von NO<sub>2</sub> (NO<sub>2</sub> > 200 µg/m<sup>3</sup>) an den LUBW Spot-Stationen "Am Neckartor" und "Hohenheimer Straße" 2004 - 2016



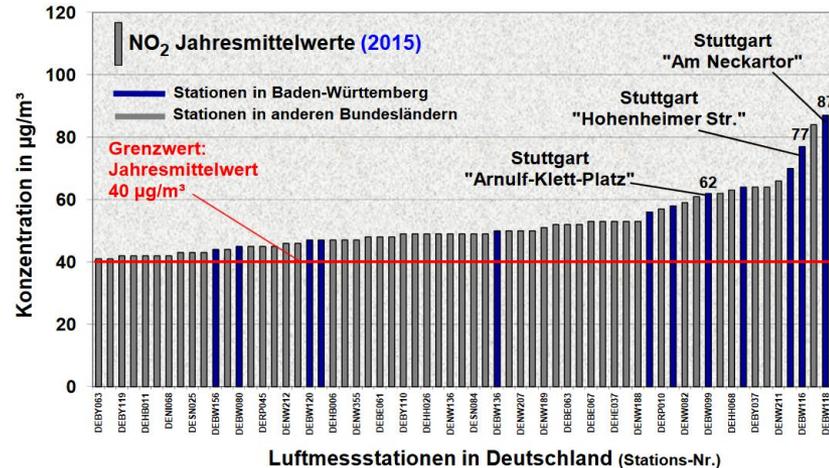
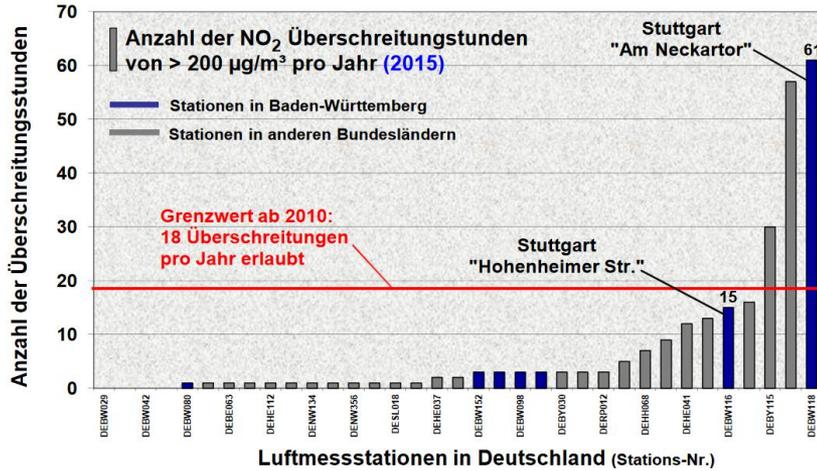
## Jahresmittelwerte

Jahresmittelwerte von Stickoxiden (NO<sub>2</sub>) an den LUBW Spot-Stationen "Am Neckartor" und "Hohenheimer Straße" 2004 - 2016

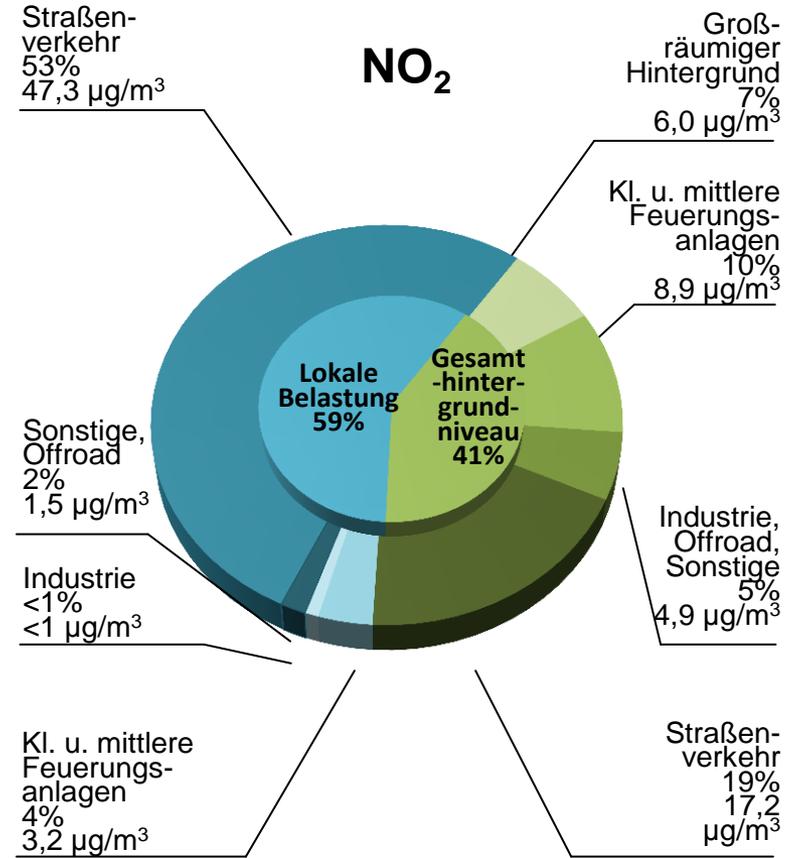


Die Immissionswerte werden kontinuierlich besser.  
Das Niveau am Hotspot ist noch zu hoch!

# Stickoxide in der BRD



Quelle: LUBW



Quelle: Christoph Erdmenger; Ministerium für Transport und Infrastruktur Baden-Württemberg; IFKM/KIT – NO<sub>x</sub> Conference, Heidelberg, 01.2016

2014: 149 Messstationen mit NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen → 2016: 62  
**Straßennah liegen deutliche NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwertüberschreitungen vor!**

# Immissionssituation NO<sub>2</sub> am Beispiel „Stuttgart Neckartor“



## Tägliches Verkehrsvolumen in Stuttgart am Neckartor in 2012

- 65.980 PKW
- 2.200 Infz
- 2.000 sNfz
- 70.300 gesamt (71.100 in 2013)



Quelle: Vogt et. al. Universität Stuttgart  
 25. ALS-Kolloquium „Stickstoffoxide und Feinstaub in Städten“

**Das Neckartor steht für den Bereichs mit den höchsten NO<sub>2</sub>-Werten, welche in Deutschland gefunden wurde. Es ist eine Hot-Spot Messung!**

## Erste RDE Fahrzeuge (EURO 6<sub>d, temp</sub>)



### 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

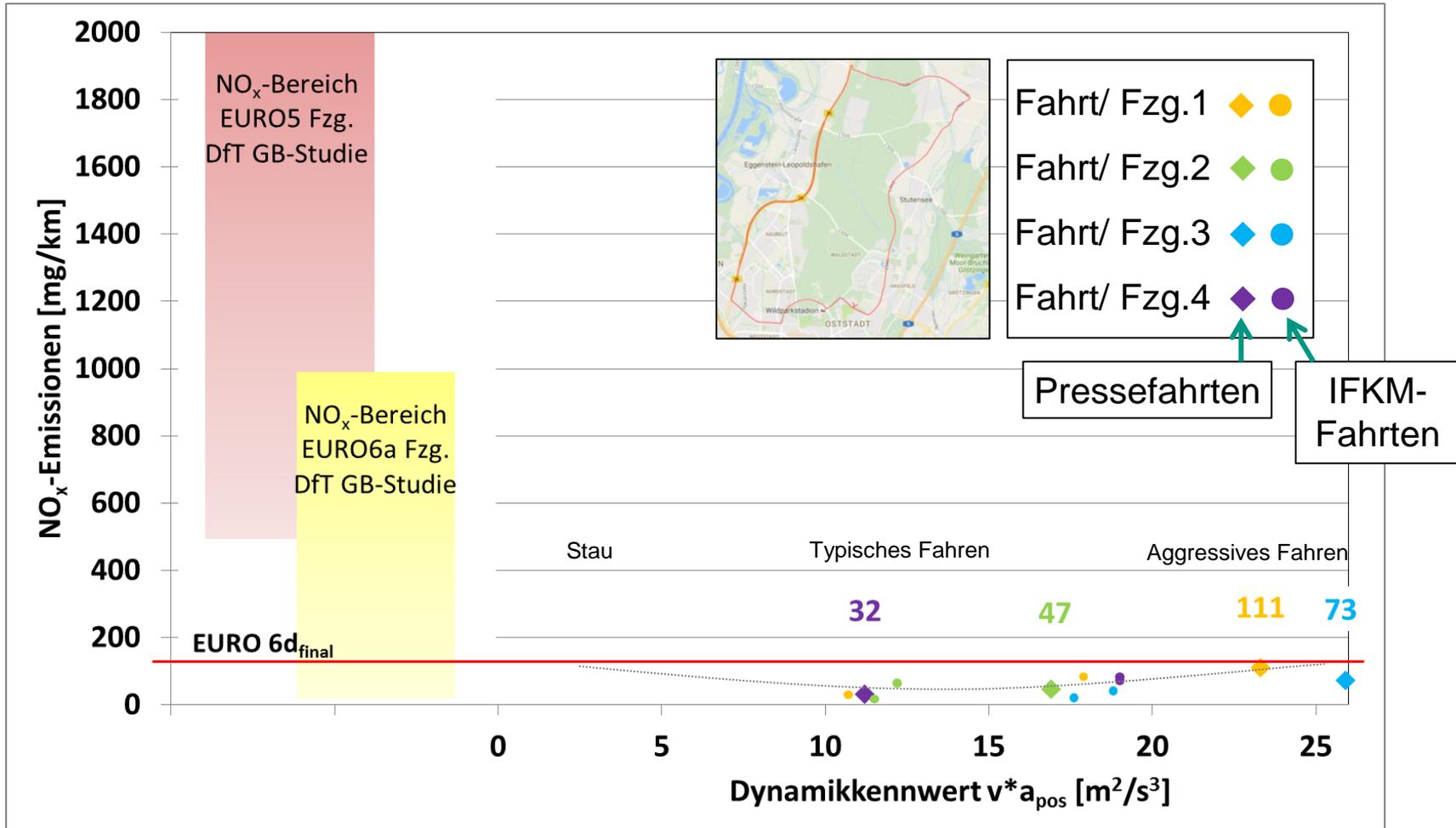
- Leistung max. 143 kW
- Abgasnachbehandlung DOC und SDPF
- Hoch- und Niederdruck-AGR



### Volkswagen Tiguan 2.0l R4

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

# Ergebnisse Presseworkshop Sep. 2016

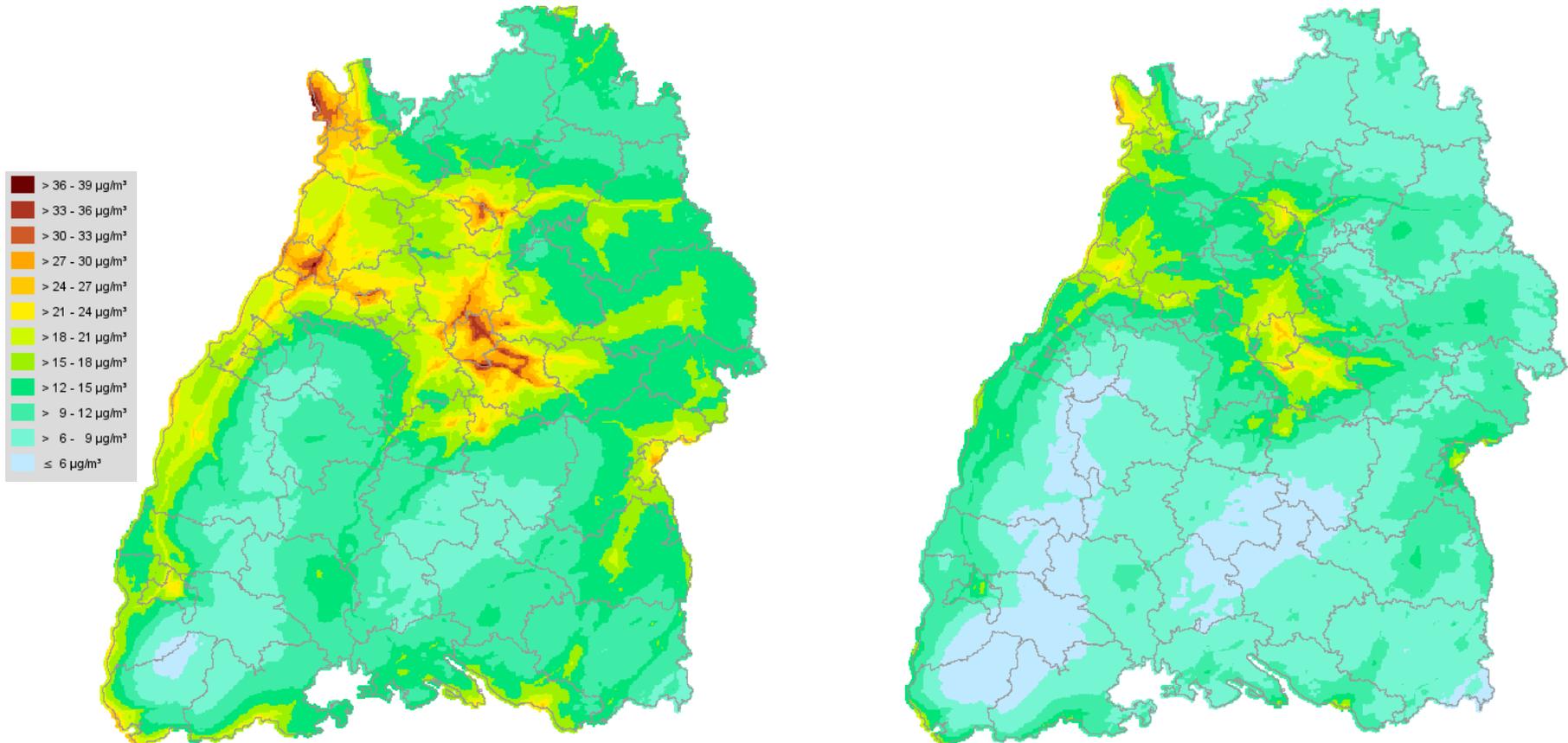


**Deutliche Unterschreitung des NO<sub>x</sub>-Grenzwertes im alltäglichen Fahrbetrieb.**  
 (Bei RDE EURO 6d<sub>temp</sub> 168mg/km zulässig, bei EURO 6d<sub>final</sub> 120mg/km)

## Entwicklung von NO<sub>2</sub> in Baden-Württemberg

### Jahresmittelwert 2010 (Messung)

### Jahresmittelwert 2020 (Modellrechnung)



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

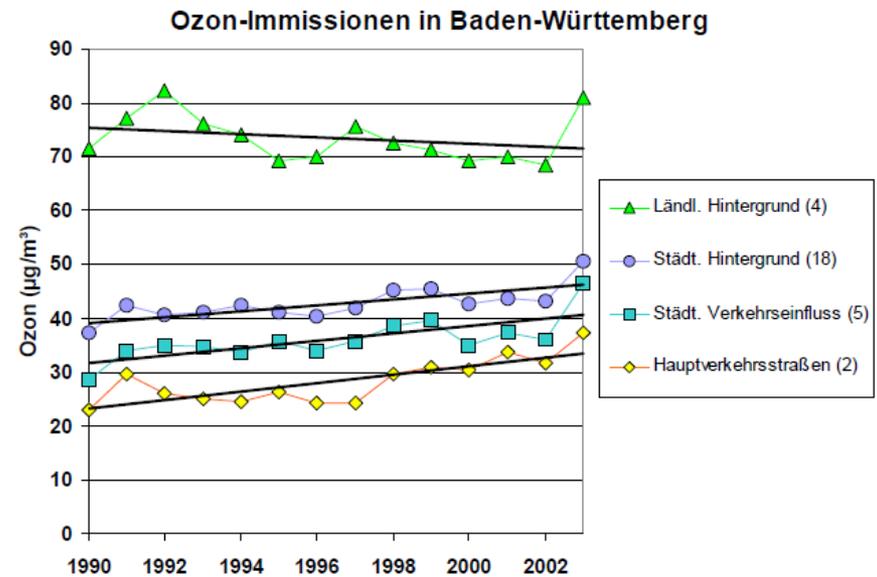
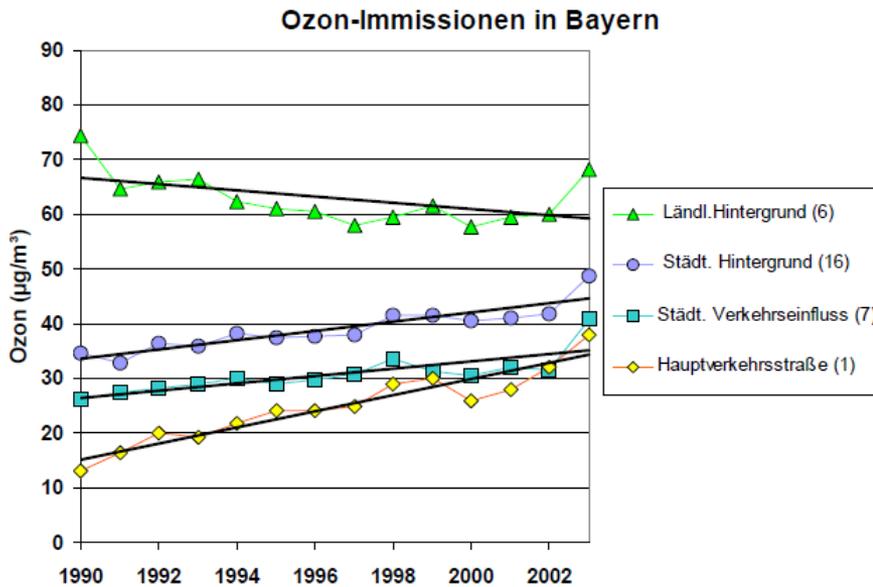
**Eine signifikante Verbesserung der NO<sub>2</sub>-Immissionssituation ist seit 10 Jahren zu beobachten und zeichnet sich auch in der Zukunft ab.**

# Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Feinstaub / Partikel
- 3  $\text{NO}_x$  /  $\text{NO}_2$
- 4 Ozon
- 5 Exposition / Gesundheit / Statistik
- 6 Berichterstattung
- 7 Zusammenfassung

# Immission: NO<sub>2</sub> und Ozon

## Vereinfachung: Photostationäres Gleichgewicht



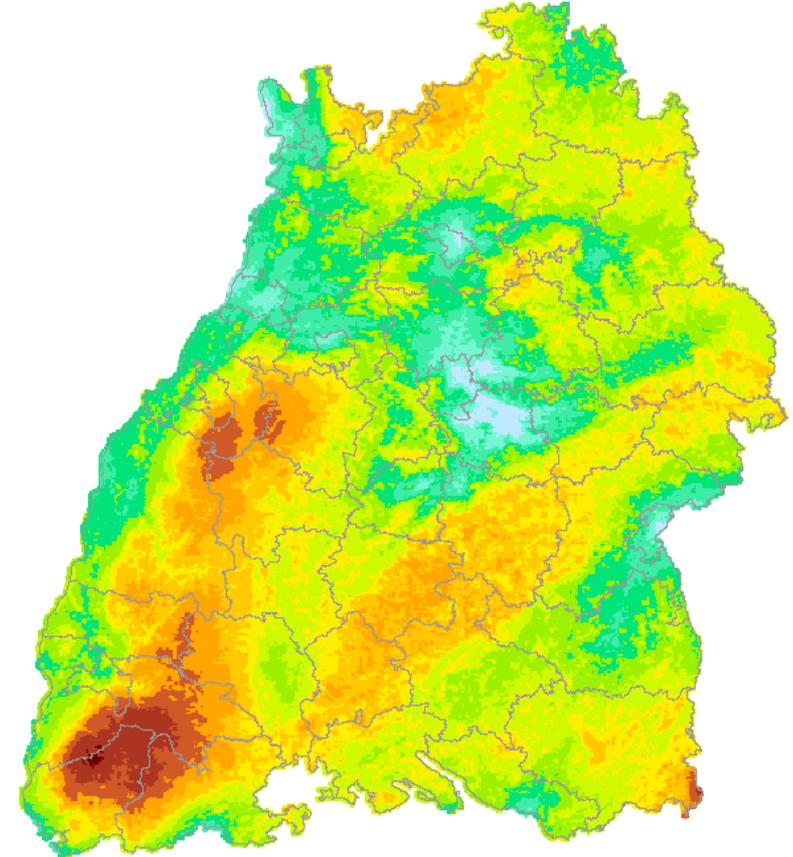
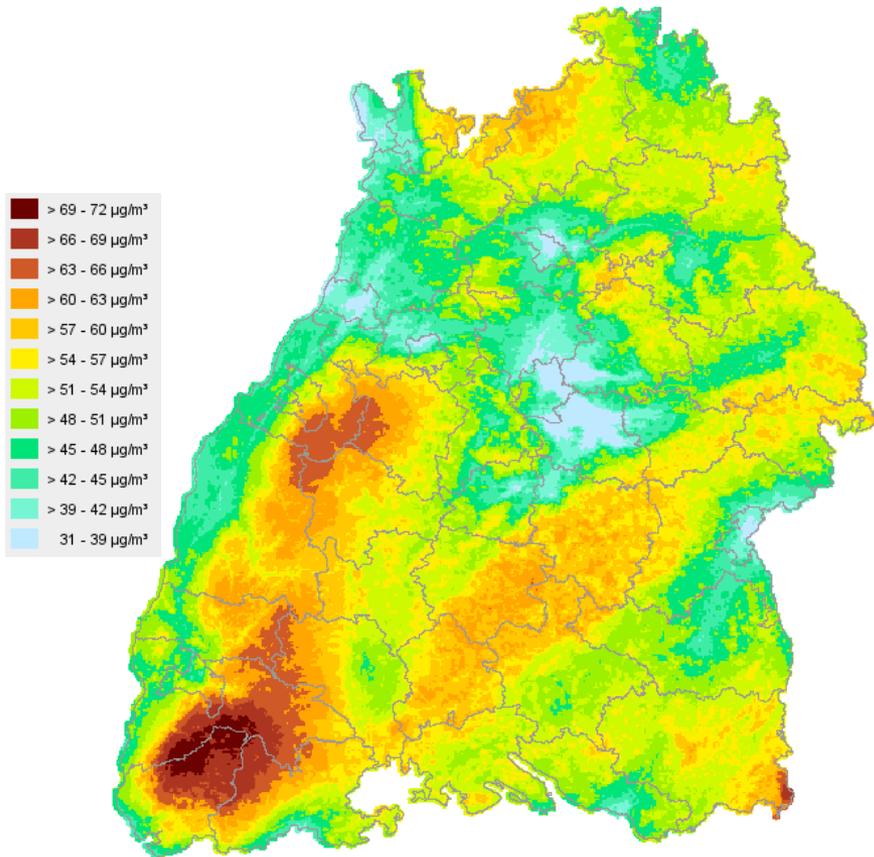
Quelle: no-no2-o3-trend\_1990-2003, LUBW und bayrisches Landesumweltamt

**Die Ozonbelastung ist deutlich geringer an den Hauptverkehrsstraßen!  
Dieselabgase (NO) "tauschen" Ozon gegen NO<sub>2</sub>.**

# Entwicklung von Ozon in Baden-Württemberg

Jahresmittelwert 2010 (Messung)

Jahresmittelwert 2020 (Modellrechnung)



- > 69 - 72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 66 - 69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 63 - 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 60 - 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 57 - 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 54 - 57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 51 - 54  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 48 - 51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 45 - 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 42 - 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- > 39 - 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- 31 - 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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

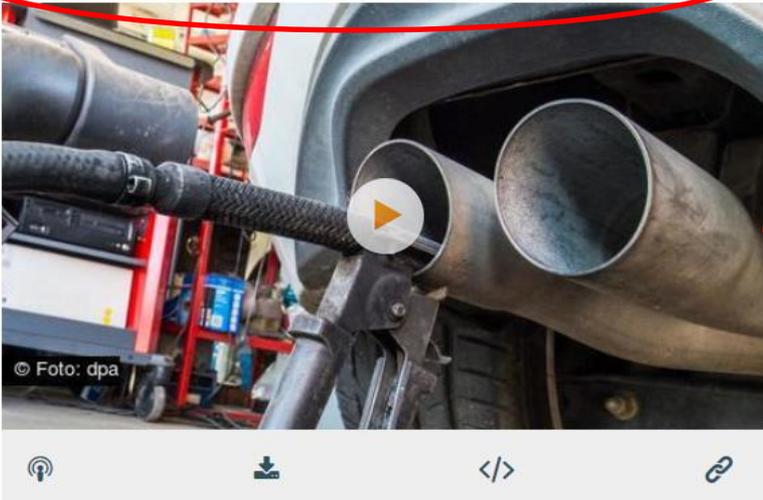
**Die Ozonsituation ist im Wesentlichen durch die geodätische Höhe definiert und variiert kaum. In den Städten liegt eine niedrigere Konzentration vor.**

# Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Feinstaub / Partikel
- 3  $\text{NO}_x$  /  $\text{NO}_2$
- 4 Ozon
- 5 Exposition / Gesundheit / Statistik**
- 6 Berichterstattung
- 7 Zusammenfassung

# Einfluß von NO<sub>2</sub> auf den Menschen?

## Stickstoffdioxid-Gefahr unter Experten umstritten



Die gesundheitlichen Gefahren von Stickoxiden aus Dieselabgasen für die Gesundheit der Bevölkerung ist unter Experten umstritten. Bei einer Anhörung vor dem **Abgas-Untersuchungsausschuss** des Bundestages unter Vorsitz von **Herbert Behrens (Die Linke)** sagte **Prof. Dr. Annette Peters** vom **Helmholtz-Zentrum München** am **Donnerstag, 8. September 2016**, es gebe zu dem Thema immer mehr Studien und immer mehr Argumente, **Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)** ernst zu nehmen. Es gebe einen Zusammenhang zwischen einer hohen NO<sub>2</sub>-Langzeitbelastung sowie Atemwegs- und Herz-Kreislaufkrankungen bis hin zu Todesfällen. Aus Sicht von Peters ist der Effekt klein, aber statistisch belastbar. Die Epidemiologin plädierte für eine Senkung der NO<sub>2</sub>-Grenzwerte, die in der EU gelten und sich an den Vorgaben der Weltgesundheitsorganisation WHO von 2005 orientieren.

Quelle: <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2016/kw36-pa-5ua-abgas/438352>

## "Stickoxide sind der Luftschadstoff Nummer eins"

Ähnlich äußerte sich **Dr. Denis Pöhler, Umweltphysiker** von der **Universität Heidelberg**. Stickoxide seien der Luftschadstoff Nummer eins in Deutschland und stark toxisch. Pöhler beklagte, es gebe zu wenige Messstationen an stark belasteten Orten in deutschen Städten. Auch habe sich gezeigt, dass die Belastung mit Stickoxiden trotz immer strengerer Vorgaben bis zur aktuellen Euro-Norm 6 gleich hoch geblieben sei. Gründe seien unter anderem auch mehr Verkehr und ein erhöhter Anteil von Dieselaufkommen am Verkehrsaufkommen.

Der **Münchener Toxikologe Prof. Dr. med. Helmut Greim** widersprach den Einschätzungen. NO<sub>2</sub> habe eine relativ geringe Wirkintensität. Er zweifle nicht an den Grenzwerten.

Auch **Prof. Dr. Thomas Koch** vom **Karlsruher Institut für Kolbenmaschinen** sagte, es seien keine strengeren Grenzwerte in Kombination mit der RDE-Gesetzgebung nötig (RDE: Real Driving Emissions, Emissionen im realen Fahrbetrieb). Nach Ansicht von Koch ist die Stickoxidproblematik seit zwei bis drei Jahren bei den modernsten Fahrzeugen des Jahrgangs 2016 technologisch durch moderne Vorrichtungen bei der Abgasnachbehandlung gelöst. Der Diesel sei ein umweltfreundlicher Antrieb und werde es noch lange bleiben.

## "Zu viele Grauzonen für die Autohersteller"

Einig waren sich Koch und Pöhler aber, dass es zu viele Grauzonen für die Autohersteller gebe, um Grenzwerte einzuhalten. Hier hätte man mehr Druck machen können, um Schlupflöcher zu schließen. Koch nannte die Regelungen "wachsweich", etwa zu den sogenannten Thermofenstern. Dabei wird die Abgasreinigung bei niedrigen oder hohen Temperaturen abgeschaltet, angeblich zum Motorschutz.

Dass illegale Manipulationen von Motoren zur Reduzierung von Abgasen für Experten nicht nachweisbar waren, machten mehrere Sachverständige deutlich. Dass der immer noch aktuelle Neue Europäische Fahrzyklus (NEFZ) als Testverfahren im Labor realitätsfern ist, war unter Fachleuten hingegen seit der Jahrtausendwende klar, sagte **Prof. Dr. Stefan Hausberger** von der **Technischen Universität Graz**.

## Es gibt widersprüchliche Aussagen! Luftschadstoff Nummer eins ist PM!

# Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Feinstaub / Partikel
- 3  $\text{NO}_x$  /  $\text{NO}_2$
- 4 Ozon
- 5 Exposition / Gesundheit / Statistik
- 6 **Berichterstattung**
- 7 Zusammenfassung

# Zeitungsartikel mit einseitiger Berichterstattung

**Die Presse**

WHO: Dieselabgase so giftig wie Asbest und Arsen

GESUNDHEIT WHO-UNTERSUCHUNG

**WELT N24**

Dieselabgase so krebserregend wie Asbest

6. Januar 2017, 09:18 Uhr Studie **Süddeutsche Zeitung**  
SZ.de Zeitung Magazin  
**Moderne Dieselaautos sind größere Dreckschleudern als Lastwagen**



Schluss damit!

**Der klimafreundliche Diesel ist ein Mythos**

Ein Gastkommentar von

**Ferdinand Dudenhöffer**

"Clean-Diesel" ist und bleibt eine Mogelpackung. Die Technologie plündert die

**DER SPIEGEL**

**Ein deutsches Versagen**

*Industrie und Politik müssen sich vom Dieselmotor verabschieden – und endlich modern werden.*

**WESER KURIER**  
TAGESZEITUNG FÜR BREMEN UND NIEDERSACHSEN

Neue Studie

**Vorzeitiger Tod durch Diesel-Gift**

Von **Stefan Sauer** - 15.05.2017 - 1 Kommentar

# Öffentliche Berichterstattung „Wissenschaftliche Gesellschaft“

Juli 2017

**WKM** Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik e.V. (WKM)

## Die Zukunft des Verbrennungsmotors /

### Bewertung der dieselmotorischen Situation

Die Diskussion des letzten Jahres mit einer ausgeprägten und teilweise berechtigten Kritik am dieselmotorischen Antrieb entwickelte eine Eigendynamik bis hin zu einer generellen Verbotsdiskussion von Verbrennungskraftmaschinen in Kraftfahrzeugen.

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik WKM verfolgt diese Entwicklung mit großer Sorge. Insbesondere bewertet die WKM die Entwicklung kritisch, dass anstelle einer nüchternen, faktenbasierten Information eine überwiegend voreingenommene und sehr emotionale Berichterstattung zu beobachten ist.

Aus diesem Grund hat die WKM drei Kernaussagen zu diesen Vorkommnissen und zur Zukunft des Verbrennungsmotors verfasst, die auf der Basis des wissenschaftlichen Kenntnisstandes formuliert wurden. Weiterführende Erläuterungen finden sich im Nachgang.

- a. Der Verbrennungsmotor war und ist Motor der Mobilität, des Güterverkehrs und der mobilen Arbeitsmaschinen. Diese Rolle wird durch elektrische Antriebe ergänzt, jedoch nicht ersetzt. Eine technologieoffene Weiterentwicklung von Antriebssystemen ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Klimapolitik in einer prosperierenden Gesellschaft. Verbote bewirken das Gegenteil. [siehe auch Erläuterungen 1 und 2]
- b. Aufgrund sehr geringer verbrennungsmotorischer Beiträge wird das Thema Emissionen und vor allem Immissionen in Zukunft kein Argument gegen den Diesel- oder Benzinmotor sein! Bereits der heutige Technologiestand stellt sicher, dass Immissionsgrenzwerte ausnahmslos eingehalten werden können. Rückblickend festgestellte Schwachstellen sind nicht mehr zukunftsrelevant. Auf Basis intensiver Forschung sind vollständig umweltneutrale verbrennungsmotorische Antriebe darstellbar. [siehe auch Erläuterungen 3 bis 7]
- c. Der besondere Vorteil des Verbrennungsmotors liegt in der effizienten und flexiblen Nutzung von Kraftstoffen mit hoher Energiedichte und exzellenten Lagerungs- und Verteilungsmöglichkeiten. Mit dieser grundsätzlichen Eigenschaft hat sich der Verbrennungsmotor ständig neu erfunden und ermöglicht bei Betrachtung des Gesamtsystems niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen als alternative Technologien. Das Potenzial, auch nicht-fossile und damit CO<sub>2</sub>-neutrale Kraftstoffe flexibel nutzen zu können, ist ein weiterer Garant für eine langfristige, nachhaltige Zukunftstechnologie. [siehe auch Erläuterungen 7 bis 10]

## 1. Technologieneutralität ist entscheidend!

## 2. Es gibt keine Immissionsgründe gegen modernste Verbrennungsmotoren.

## 3. Die CO<sub>2</sub>-Reduzierung, die eigentliche Herausforderung, wird mit synthetischen Kraftstoffen gelöst werden.

# Agenda

- 1 Einleitung
- 2 Feinstaub / Partikel
- 3  $\text{NO}_x$  /  $\text{NO}_2$
- 4 Ozon
- 5 Exposition / Gesundheit / Statistik
- 6 Berichterstattung
- 7 Zusammenfassung

## Schlussfolgerung und Zusammenfassung

- Der Einsatz einer Zykluserkennung ist inakzeptabel!
- Technisch bedingte erhöhte  $\text{NO}_x$ -Emissionen sind zu unterscheiden von einer illegalen Zykluserkennung!
- $\text{NO}_x$ -seitig war bei EURO5 (2009-2015) im Wesentlichen „nicht mehr drin“! Trotzdem erfolgt aktuell eine Nachbesserung im Rahmen des Möglichen.
- Die Automobilindustrie hat bei der Auslegung der ersten EURO6 Generation (ab 2014) die kritikwürdige Einschätzung verfolgt, alles auf die  $\text{CO}_2$  Reduzierung zu setzen! Dieser Fehler wird aktuell im Rahmen des Sinnvollen korrigiert!
- Jedoch werden bereits seit Jahrzehnten PM und  $\text{NO}_x$  kontinuierlich verbessert. Mittlerweile sind beide Herausforderungen „quasi wirkungsneutral“ gelöst! Mit den RDE-Fahrzeugen (EURO6<sub>d,temp</sub>) wird die letzte Flanke geschlossen!
- Die PM-Immission zeigt eine deutlich rückläufige Tendenz. Bereits heute ist der Beitrag des gefilterten Verbrennungsmotors vernachlässigbar!

## Schlussfolgerung und Zusammenfassung

- Der  $\text{NO}_2$ -Beitrag ist an den Hot-Spots noch erhöht durch Alttechnologien, jedoch deutlich fallend! Die Diesel- $\text{NO}_x$ -Reduzierung war die größte Herausforderung!
- Die Ozonkonzentration wird in den Städten durch Dieselaabgas reduziert!
- Typische Alltagsbelastungen entsprechen bis 200-fach höheren Immissionsbelastung als ein Aufenthalt in den Räumen am Neckartor!
- Bei berechtigter Kritik in Teilen hat keine andere Aktivität derart zur Luftverbesserung beigetragen wie die fortwährende Forschung und Entwicklung am Verbrennungsmotor.
- Weitere Optimierungen auf zusehends homöopathischem Niveau werden folgen!
- Der Dieselmotor ist viel besser als sein Ruf; die  $\text{NO}_x$ -Reduzierung hat schlicht sehr lange benötigt.