



Luftreinhalteplanung 2019 – Luftqualität und Mobilität



Luft



Luftreinhalteplanung 2019 – Luftqualität und Mobilität

Impressum

Luftreinhalteplanung – Luftqualität und Mobilität
Fachtagung des LfU am 19.11.2019

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Redaktion:

LfU Referat 12

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

Stand:

November 2019

Der Tagungsband steht als PDF-Datei zum kostenfreien Download zur Verfügung: www.bestellen.bayern.de/ (Kategorie Umwelt und Verbraucherschutz).

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Begrüßung	5
Dr. Roland Fischer, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Aktuelles zur Luftreinhalteplanung	9
Andrea Wellhöfer, Bayerisches Landesamt für Umwelt	
Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung – und ein Blick auf das Verfahren zum Luftreinhalteplan der Stadt Wiesbaden	15
Dr. Marita Mang, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	
Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität	25
Dr. Martina Kohlhuber, acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN	
Alternative Kraftstoffe für Otto- und Dieselmotoren – E-Fuels und deren Emissionen	37
Martin Härtl, Kai Gaukel, Georg Wachtmeister Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen der Technischen Universität München	
Wasserstoffmobilität: unser Beitrag zur Luftreinhaltung	46
Falk Schulte-Wintrop, H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG	
Digitalisierung des Verkehrs – Chancen und Risiken für Umwelt- und Klimaschutz	55
Axel Dörrie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	
Neuerungen in HBEFA 4.1	67
Dr. Benedikt Notter, INFRAS Forschung und Beratung	
Überprüfung von Softwareupdates	77
Nils Hennig, Kraftfahr-Bundesamt	
Tagungsleitung / Referenten	85

Begrüßung

Dr. Roland Fischer, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Fachtagung - Luftreinhalteplanung 2019

Bayerisches Landesamt für
Umwelt 

Aktuelle Stickstoffdioxid (NO₂)-Situation in Deutschland

- Auswertungen des Umweltbundesamtes (UBA) für 2018:
 - Erneuter Rückgang der NO₂-Belastung
 - Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ an noch etwa 37 % der automatisch messenden verkehrsnahen Messstationen (2017: 41 %)
- Auf europäischer Ebene läuft ein **Vertragsverletzungsverfahren** (Klage seit 11.10.2018) gegen Deutschland, wegen Nichteinhaltung der NO₂-Grenzwerte:
 - Frankreich wurde zwischenzeitlich verklagt, weil
 - die Überschreitung der Grenzwerte ausreicht, um einen Verstoß gegen die in Art. 13 der Richtlinie aufgestellte Verpflichtung feststellen zu können
 - Frankreich nicht bis spätestens zwei Jahre nach der ersten Überschreitung der Grenzwerte einen Luftqualitätsplan bei der Kommission eingereicht hat

Vertragsverletzungsverfahren, wegen NO₂

- Frankreich offenkundig nicht rechtzeitig geeignete Maßnahmen getroffen hat, die gewährleisten, dass der Zeitraum der Nichteinhaltung „so kurz wie möglich“ gehalten wird
 - es bei einer Vertragsverletzung unerheblich ist, ob diese auf Vorsatz, Fahrlässigkeit oder aufgetretene technische oder strukturelle Schwierigkeiten zurückzuführen ist Frankreich die fraglichen Grenzwerte während sieben aufeinanderfolgender Jahre systematisch und anhaltend überschritten hat, obwohl die Verpflichtung bestand, wirksame Maßnahmen zu treffen, um den Zeitraum der Nichteinhaltung so kurz wie möglich zu halten.
 - Für Deutschland ist noch kein Verhandlungstermin angesetzt.
- Diese Entscheidung zeigt, in welche Richtung es ggf. auch für Deutschland gehen kann, deshalb sind weitere Anstrengungen und Maßnahmen erforderlich.

Aktuelle Situation in Bayern

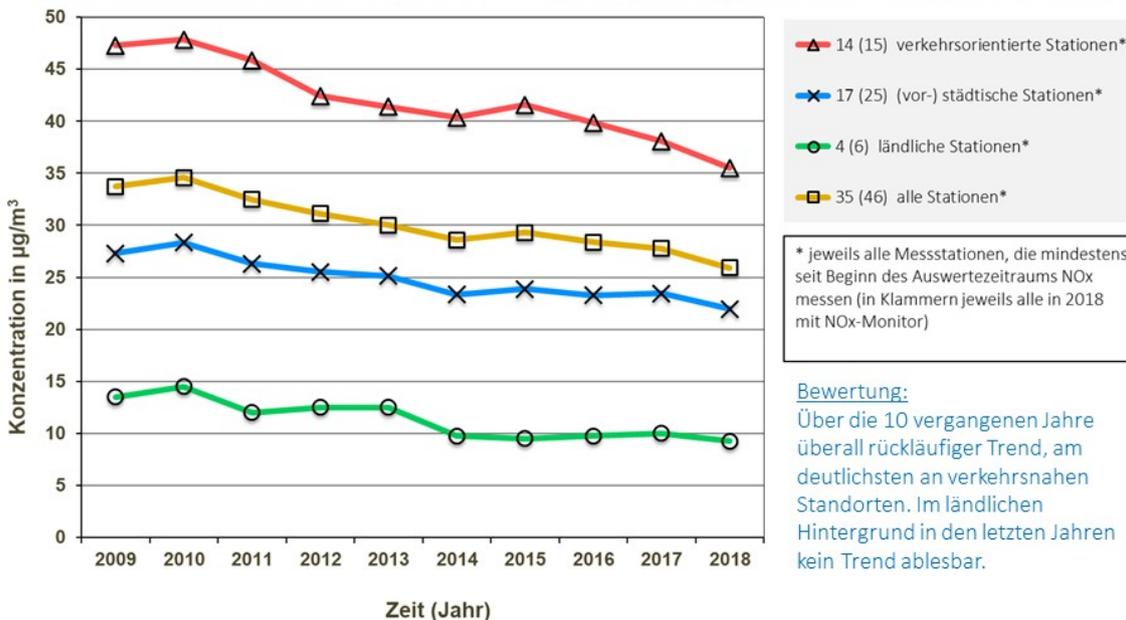
Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5})

- Seit 2007 wird der **PM₁₀-Jahresmittelgrenzwert** (40 µg/m³) und seit 2012 der **Tagesmittelgrenzwert** (50 µg/m³ in Verbindung mit 35 zulässigen Überschreitungen) **eingehalten**.
- Der seit 01.01.2015 gültige **PM_{2,5}-Jahresmittelgrenzwert** (25 µg/m³) wird **nicht überschritten**.

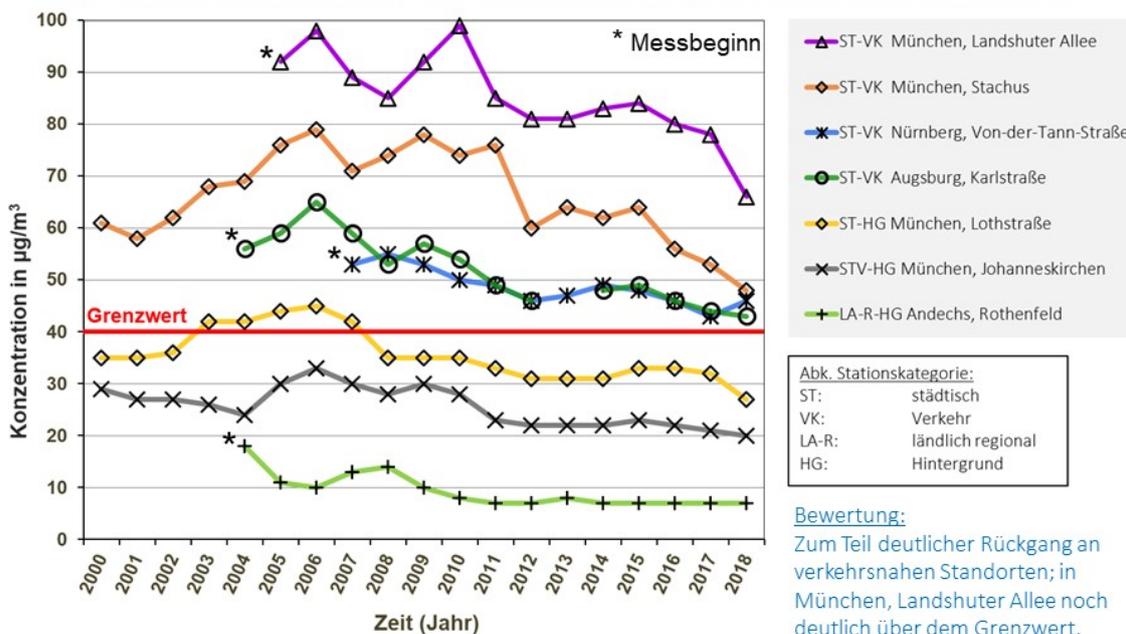
Stickstoffdioxid (NO₂)

- An stark verkehrsbelasteten Straßenabschnitten mit sehr ungünstigen Ausbreitungsbedingungen wird der seit 01.01.2010 gültige **Stickstoffdioxid-Jahresmittelgrenzwert** (40 µg/m³) **nicht eingehalten**. Doch es zeigt sich eine deutlich abnehmende Tendenz.
- **Stundenmittelgrenzwert** für NO₂ (200 µg/m³) in Verbindung mit 18 zulässigen Überschreitungen im Jahr wurde erstmalig im Jahr 2016 an allen Stationen in Bayern **eingehalten**.

Stickstoffdioxid: Mittelwerte der Stationskategorien der letzten 10 Jahre



Stickstoffdioxid: Mittelwerte einzelner Stationen ab dem Jahr 2000



Gerichtsverfahren wegen NO₂-Grenzwertüberschreitungen

Stadt	Kläger	Ursache	Verfahrensstand
München	DUH	Überschreitung an zwei LÜB-Stationen	Beschwerde- und Vollstreckungsverfahren
München	VCD	Überschreitung an zwei LÜB-Stationen	Berufung vor VGH; Terminierung steht an
Würzburg	DUH	Überschreitung nach PS-Messungen und Berechnungen	Erste Instanz: VGH Klageerwiderung
Regensburg	DUH	Überschreitung nach Berechnungen	Erste Instanz: VGH Klageerwiderung in Bearbeitung
Passau	DUH	Überschreitung nach PS-Messungen des VCD	Erste Instanz: VGH Klageerwiderung
Nürnberg	DUH	Überschreitung an einer LÜB-Station und nach Berechnungen	Erste Instanz: VGH Klageerwiderung im Abschluss
Fürth	DUH	Überschreitung nach Berechnungen (UIG-Information an DUH)	Erste Instanz: VGH Klageerwiderung in Bearbeitung
Laufen	Bürger	Überschreitung nach PS-Messungen und Berechnungen	Erste Instanz: VG Frage der richtigen Instanz ist zu prüfen.

Aktuelles zur Luftreinhalteplanung

Andrea Wellhöfer, Bayerisches Landesamt für Umwelt

1 Einführung

Die Belastung durch Stickstoffdioxid (NO_2) ist weiterhin das drängendste Thema der Luftreinhalteplanung, da der seit 2010 gültige Grenzwert für NO_2 von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemittelt über das Kalenderjahr, entsprechend der Neununddreißigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV), noch in vielen deutschen Städten überschritten wird [1].

Quellen für NO_2 sind Verbrennungsprozesse im Straßenverkehr (Verbrennungsmotoren), in Industrie, Energiewirtschaft und Haushalten. Hauptquelle im Straßenverkehr sind Dieselfahrzeuge mit zu hohen Realemissionen. Das neu veröffentlichte Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 4.1 [2]) zeigt jedoch auf, dass Diesel-Pkw der neuen Emissionsklassen Euro 6d temp und Euro 6d ein sehr gutes Emissionsverhalten haben. Während Euro 6a/b/c Diesel-Pkw noch mit durchschnittlich $630 \text{ mg}/\text{km}$ angesetzt werden müssen sowie Euro 5 Diesel-Pkw mit noch höheren Emissionen, liegen die durchschnittlichen NO_x -Emissionen für Euro 6d temp und Euro 6d Diesel-Pkw bei $46 \text{ mg}/\text{km}$ und $40 \text{ mg}/\text{km}$ [3].

Die Schadstoffverminderung an der Quelle ist eine der wirksamsten und effektivsten Maßnahmen, dies zeigt sich insbesondere an der Minderungsrate, die die Flottenerneuerung durch den Einsatz von neuen und Substitution alter Fahrzeuge jährlich mit sich bringt. Neben der Flottenerneuerung ist eine Hardware-Nachrüstung für ältere Diesel-Pkw (Euro 5) möglich, die wir, das Bayerische Landesamt für Umwelt, selbst an einem Dienstfahrzeug testen. Hier hat das Kraftfahrtbundesamt (KBA) für unterschiedliche Fahrzeugkategorien, in diesem Jahr auch im Pkw-Bereich, „Allgemeine Betriebserlaubnisse“ (ABE) erteilt. Unterschieden wird nach Nachrüstmöglichkeiten für Busse, Pkw, leichte Handwerker- und Lieferfahrzeuge sowie für schwere Kommunalfahrzeuge [4].

Das System, das in unserem Dienst-Pkw verbaut ist, hat für unser Fahrzeug noch keine ABE vom KBA erhalten, weil die durch das System verursachte Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs etwas über der in den Technischen Vorschriften für Hardware-Nachrüstungen bei PKW [5] vorgeschriebenen maximal zulässigen Erhöhung von 6 % liegt. Problematisch ist der Prozentsatz bei Fahrzeugen, die einen geringen Kraftstoffverbrauch haben. Für unser Fahrzeug, das durchschnittlich $6,2 \text{ l}$ Dieselkraftstoff vor Einbau verbraucht hatte, entsprechen 6 % gerade einmal $0,37 \text{ l}$. Damit dürfte es derzeit nicht mehr als $6,57 \text{ l}$ verbrauchen, tatsächlich liegt der Verbrauch etwas höher bei $6,7 \text{ l}$ (entsprechend 8 % Erhöhung). Die Stickstoffdioxid-Minderung beträgt dagegen bei unserem Fahrzeug auch im Langzeit- und Realbetrieb (ca. 35.000 km Fahrleistung) rund 75 %. Für den Weiterbetrieb von älteren Fahrzeugen befürworten wir eine Nachrüstung zur Verminderung von Stickstoffoxiden, da sie nur für einen absehbaren Zeitraum als Übergangslösung anzusehen ist.

2 Stickstoffdioxidsituation deutschlandweit

Das Umweltbundesamt (UBA) sammelt und bewertet die Messdaten aus den Luftmessnetzen der Bundesländer und des Umweltbundesamtes. Nach den Auswertungen des UBA [6] zeigt die Stickstoffdioxidbelastung, wie im vergangenen Jahr, weiterhin auch für das Kalenderjahr 2018 einen Rückgang. In 2018 lagen an etwa 37 % (Vorjahr: 41 %) der verkehrsnahen automatisch messenden Stationen die NO_2 -Jahresmittelwerte über dem Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Zahl der Kommunen mit Grenzwertüberschreitungen lag deutschlandweit bei 57 Städten [7]. NO₂-Stundenmittelwerte über 200 µg/m³ sind seit 2010 höchstens 18-mal im Jahr zulässig. Im Jahr 2018 wurde dieser Grenzwert wie im Vorjahr deutschlandweit nicht überschritten. In den Vorjahren kam es im verkehrsnahen Bereich vereinzelt (rd. 1 % der verkehrsnahen Messstationen) zu Überschreitungen.

Die EU-Kommission hat am 17.05.2018 Klage beim Gerichtshof der Europäischen Union gegen Deutschland, Frankreich, Ungarn, Italien, Rumänien und das Vereinigte Königreich eingereicht, weil die Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) nicht eingehalten werden. Auch wurden nach Ansicht der Kommission keine geeigneten Maßnahmen ergriffen, um die Zeiträume, in denen die Grenzwerte überschritten werden, so kurz wie möglich zu halten [8].

Am 24.10.2019 hat der EuGH im Rahmen des Vertragsverletzungsverfahrens Frankreich verurteilt, wegen des Verstoßes gegen die Verpflichtungen aus der Richtlinie über Luftqualität (Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (ABl. 2008, L 152, S. 1)), da Frankreich den Jahresgrenzwert für Stickstoffdioxid seit dem 01.01.2010 in zwölf französischen Ballungsräumen und Luftqualitätsgebieten systematisch und anhaltend überschritten hat [9].

In dem Urteil betont der EuGH, dass:

- die Überschreitung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid in der Luft für sich genommen ausreichend, um einen Verstoß gegen die in Art. 13 der Richtlinie aufgestellte Verpflichtung feststellen zu können
- Frankreich nicht bis spätestens zwei Jahre nach der ersten Überschreitung der Grenzwerte einen Luftqualitätsplan bei der Kommission eingereicht hat
- Frankreich offenkundig nicht rechtzeitig geeignete Maßnahmen getroffen hat, die gewährleisten, dass der Zeitraum der Nichteinhaltung „so kurz wie möglich“ gehalten wird
- es bei einer Vertragsverletzung unerheblich ist, ob diese auf Vorsatz, Fahrlässigkeit oder aufgetretene technische oder strukturelle Schwierigkeiten zurückzuführen ist, Frankreich die fraglichen Grenzwerte während sieben aufeinanderfolgender Jahre systematisch und anhaltend überschritten hat, obwohl die Verpflichtung bestand, wirksame Maßnahmen zu treffen, um den Zeitraum der Nichteinhaltung so kurz wie möglich zu halten.

Die Kommission hatte gleichzeitig auch gegen Deutschland eine Vertragsverletzungsklage wegen Nichteinhaltung der Grenzwerte für Stickstoffdioxid in zahlreichen Gebieten erhoben (Rechtssache C 635/18 Kommission / Deutschland). In dieser Rechtssache gab es zum Zeitpunkt dieser vorliegenden Zusammenfassung noch keinen Termin.

3 Stand der Luftreinhalteplanung in Bayern

In Bayern liegt der Focus ebenfalls weiterhin auf dem Luftschadstoff Stickstoffdioxid (NO₂). Die Feinstaubgrenzwerte für PM₁₀ sowie für PM_{2,5} sind an den Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystem Bayerns (LÜB) nicht überschritten.

Der seit 01.01.2010 gültige **Stickstoffdioxid-Jahresmittelgrenzwert** von 40 µg/m³ wird an stark verkehrsbelasteten Standorten mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen (d.h. beidseitig geschlossener Bebauung) nicht eingehalten.

Der **Stundenmittelgrenzwert** für NO₂ von 200 µg/m³ in Verbindung mit 18 zulässigen Überschreitungen pro Kalenderjahr wird dagegen seit 2016 weiterhin an allen Stationen in Bayern eingehalten.

Das Bayerische Landesamt für Umwelt betreibt seit 1974 das Lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) mit derzeit über 50 Messstationen. Die Messstationen werden gemäß den gesetzlichen Vorgaben der 39. BImSchV betrieben. Folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte im Mittel über alle bayerischen Stationen des LÜB sowie sortiert nach den Standortumgebungen „verkehrsorientiert“, „(vor-)städtisch“ und „ländlich“ über den Zeitraum von 2000 bis 2018. Insbesondere in den letzten Jahren ist ein stetiger Rückgang der NO₂-Belastung vor allem an verkehrsorientierten Stationen zu sehen.

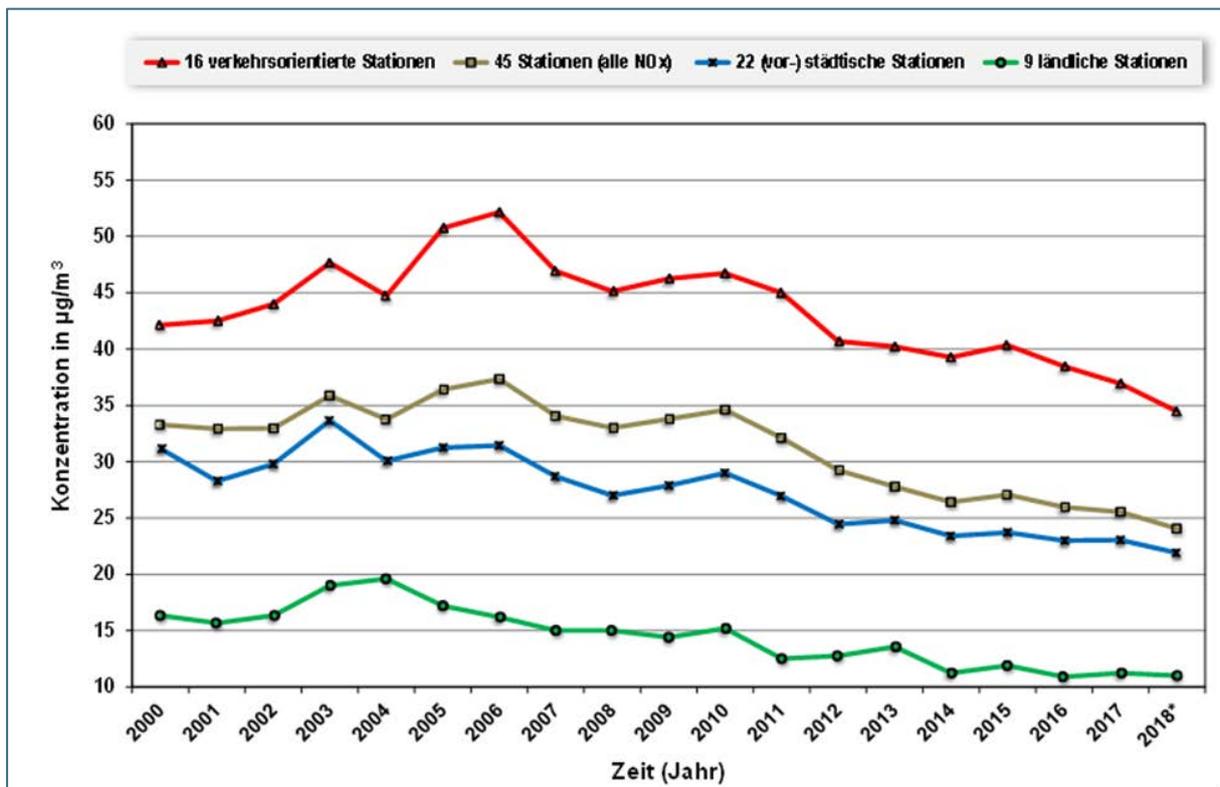


Abb.: Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte im Mittel über alle bayerischen Stationen sowie sortiert nach Standortumgebung „verkehrsorientiert“, „(vor-)städtisch“ und „ländlich“ im Zeitraum von 2000 bis 2018 [10]

Insgesamt wurde der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahr 2018 noch an den Messstationen in drei bayerischen Städten (Vorjahr: vier) überschritten. In Augsburg wurde eine Konzentration von 43 µg/m³ und in Nürnberg von 46 µg/m³ an NO₂ ermittelt. Deutliche Überschreitungen wurden in München an der Landshuter Allee mit 66 µg/m³ (Vorjahr: 78 µg/m³) und am Stachus mit 48 µg/m³ (Vorjahr: 53 µg/m³) gemessen, wobei eine Zwischenbilanz für die vergangenen zehn Monate auf eine weiterhin tendenzielle Verbesserung der Luftqualität auch in München hindeutet. Der Langzeitverlauf über den Auswertzeitraum von Januar 2009 bis Dezember 2018 zeigt für NO₂ in München an der Landshuter Allee eine Abnahme von - 23 µg/m³ [11]. München lag 2018 im negativen Städteranking hinter Stuttgart (71 µg/m³) und Darmstadt (67 µg/m³) an dritter Stelle, weitere Verbesserungen sind nötig.

In Regensburg konnte 2018 der NO₂-Jahresmittel-Grenzwert mit 37 µg/m³ erstmals eingehalten werden.

In Bayern existieren insgesamt 17 Luftreinhaltepläne mit Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität.

Sie wurden für die Ballungsräume München, Nürnberg-Fürth-Erlangen, Augsburg und die Gebiete Ansbach, Arzberg, Bayreuth, Burghausen, Ingolstadt, Landshut, Lindau, Neu-Ulm, Inntalautobahn: Streckenabschnitt Oberaudorf, Passau, Regensburg, Schwandorf, Weiden und Würzburg erstellt. Für Augsburg, Ansbach, Lindau, München (sechsmal), Nürnberg (zweimal), Regensburg (zweimal) sowie Würzburg (zweimal) wurden die Pläne fortgeschrieben. Aufgrund der weiterhin hohen NO₂-Grenzwertüberschreitungen wurde der Luftreinhalteplan für München erneut fortgeschrieben. Die 7. Fortschreibung wird voraussichtlich in den nächsten Tagen in Kraft treten. Zur Verbesserung der Luftqualität in der Landeshauptstadt München sind in der siebten Fortschreibung des Luftreinhalteplans im Wesentlichen Maßnahmen in den Bereichen öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV), Radverkehr, Elektromobilität, intelligente Verkehrssteuerung, Baustellenmanagement, Sharing und Pooling, Parkraummanagement, Stadtlogistik, Mobilitätsmanagement und Planungsgrundlagen vorgesehen [12].

Um ein klareres Bild über die Schadstoffbelastung zu bekommen und die Wirksamkeit künftiger Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität einschätzen zu können, hat die Landeshauptstadt München umfangreiche Messungen für Stickstoffdioxid beauftragt. Seit 01.01.2018 werden an 21 ausgewählten Standorten ergänzende Messungen durchgeführt. Seit Beginn des Jahres 2019 wurde die Anzahl an NO₂-Passivsammler-Messungen um weitere 20 ausgewählte Standorte im Stadtgebiet erhöht. Die Ergebnisse können im Internet abgerufen werden [13].

Beginnend im Juli 2019 wurden von unserer Seite 17 weitere Standorte mit Passivsammler-Messungen von NO₂ ergänzend beauftragt, so dass in München nun an rund 60 Standorten über das Stadtgebiet verteilt, zusätzlich zu den fünf Messstationen des LÜB, gemessen wird. Alle Standorte sind in der 7. Fortschreibung des Luftreinhalteplans der Stadt München aufgelistet und dargestellt.

Trotz der insgesamt abnehmenden NO₂-Tendenz in Bayern, hat sich in diesem Jahr die Anzahl der Klageverfahren mit Bezug zur Luftreinhalteplanung erhöht. Neben den Klageverfahren, aufgrund des Luftreinhalteplans der Stadt München, wurde für die folgenden 6 weiteren Städte Fürth, Laufen, Nürnberg, Passau, Regensburg und Würzburg Klage erhoben. Die Klageschriften beinhalten im Regelfall die Aufstellung eines Luftreinhalteplans oder eine Forderung nach Fortschreibung vorhandener Luftreinhaltepläne und Festlegung von Maßnahmen, mit dem Ziel der schnellstmöglichen Einhaltung des Jahresmittelgrenzwertes für NO₂.

4 Bestandszahlen für Personenkraftwagen (Pkw)

Die Überschreitungen des NO₂-Grenzwertes an stark befahrenen Straßen sind wie bereits erwähnt hauptsächlich auf den Straßenverkehr und hier insbesondere auf Dieselfahrzeuge zurückzuführen. Fahrzeuge mit unterschiedlichen Abgasnormen tragen dabei unterschiedlich stark zu den Stickstoffoxidemissionen bei. Während das Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) in der letzten Version 3.3 noch aufgezeigt hatte, dass die Stickstoffoxidemissionen der Fahrzeuge in der Kategorie der Diesel-Pkw mit der Emissionsklasse Euro 5 am höchsten waren, ist die Datengrundlage im neuem HBEFA 4.1 umfangreich überarbeitet worden. Die Aktualisierungen zeigen, dass Euro 4 Fahrzeuge doch höhere durchschnittliche NO₂-Emissionen im Vergleich zu Euro 5 Fahrzeugen aufweisen. Mit der Einführung des Euro-6d-Standards in 2 Stufen, bei dem die Emissionstests zusätzlich unter realen Fahrbedingungen (RDE) erfolgen, und der Flottenerneuerung durch neue Fahrzeuge dieser Emissionsklassen werden sich die Stickstoffoxidemissionen nun aber deutlich verringern. Seit 1. September 2019 gilt für alle Diesel-Pkw-Neufahrzeuge, dass diese entsprechend Euro 6d-temp für die Zulassung den Emissionsgrenzwert von 168 mg/km unter realen Fahrbedingungen einhalten müssen (Schadstoffnorm Euro 6d-temp). Ab Januar 2020 beträgt dieser Wert für neue Modelle, ein Jahr später für alle Neufahrzeuge, dann nur noch rund 120 mg/km (Schadstoffnorm Euro 6d). Wie bereits in der

Einführung aufgezeigt, liegen diese beiden Fahrzeugkategorien im Realbetrieb erfreulicherweise durchschnittlich deutlich unter den geforderten Emissionsbegrenzungen. Es bleibt zu hoffen, dass die Fahrzeuge auf Dauer keine negativen Alterungseffekte zeigen.

Folgend die Veränderungen der vom KBA veröffentlichten Pkw-Zahlen von 2018 zum Vorjahr 2017 im Überblick [14]:

Nach der Statistik des KBA waren zum 01.01.2019 in Deutschland rund 47,1 Mio. Pkw (+1,3 % zum Vorjahr) zugelassen, davon 32,2 % Diesel-Pkw (-0,5 % zum Vorjahr) und 65,9 % Benzin-Pkw (+1,9 % zum Vorjahr).

Der Bestand an Elektro-Pkw stieg von 53.861 auf 83.175.

Die Anzahl der Pkw mit der Emissionsklasse Euro 6 stieg um +33,1 % auf rund 12,4 Millionen Fahrzeuge an, wovon erst 180 Euro 6d und 813.314 die Euro 6d-temp hatten. Der Anteil der Pkw mit Euro 6 wuchs auf insgesamt 26,3 %. Die Pkw der Emissionsklassen Euro 4 und 5 bildeten mit 28,4 % beziehungsweise 27,1 % aber immer noch den größten Anteil.

Das Durchschnittsalter aller Pkw zum 01.01.2019 betrug 9,5 Jahre (+ 0,1 Jahr).

Wer Interesse an Beiträgen zu früheren Fachtagungen hat, dem stehen die Tagungsbände im Publikationsshop der Bayerischen Staatsregierung unter „Publikationen“ zur Verfügung [15].

Wir bedanken uns herzlich bei allen Referentinnen und Referenten für ihre Bereitschaft an der heutigen Veranstaltung mitzuwirken.

Schrifttum (LINKS zuletzt am 28. Oktober 2019 aufgerufen)

- [1] Daten zur Luftqualität 2018: 57 Städte über dem NO₂-Grenzwert, Umweltbundesamt (UBA), 17. Juni 2019 <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/daten-zur-luftqualitaet-2018-57-staedte-ueber-dem>
- [2] Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) NEWS, INFRAS, 11. September 2019 <https://www.hbefa.net/d/>
- [3] Hintergrundinformationen zur Version 4.1 des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), UBA, 20. September 2019 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/20190920_hbefa41_release_hintergrunddokument_v2.pdf
- [4] Nachrüstung von NO_x-Minderungssystemen mit hoher Minderungsleistung, Stand: 28. Oktober 2019 https://www.kba.de/DE/Typgenehmigung/Typgenehmigungen/Typgenehmigungserteilung/ABE_NOx/ABE_NOx_node.html
- [5] Technische Vorschriften für Hardware-Nachrüstungen bei PKW (Seitenende), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 9. September 2019 <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Dossier/Hardware-Nachruestungen/top-4-nachruestung-technische-vorgaben.html>
- [6] Luftqualität 2018 - Vorläufige Auswertung, Umweltbundesamt (UBA), Januar 2019 https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet_2018

- [7] Liste der Städte mit NO₂-Grenzwertüberschreitung, UBA, Stand: 03. Juni 2019
<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/liste-der-staedte-no2-grenzwertueberschreitung>
- [8] EU-Kommission verklagt Deutschland und fünf weitere Mitgliedsstaaten wegen Luftverschmutzung, Europäische Kommission, 17. Mai 2018, https://ec.europa.eu/germany/news/20180517-luftverschmutzung-klage_de
- [9] Pressemitteilung - Frankreich hat den Jahresgrenzwert für Stickstoffdioxid seit dem 1. Januar 2010 systematisch und anhaltend überschritten, Gerichtshof der Europäischen Union, 24. Oktober 2019 <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2019-10/cp190132de.pdf>
- [10] Lufthygienische Berichte, BayLfU
https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/lufthygienische_berichte/index.htm
- [11] Langzeitverläufe Luftschadstoffe, BayLfU
<https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/langzeitverlaeufe/index.htm>
- [12] Luftreinhalteplan München, Regierung von Oberbayern
<https://www.regierung.oberbayern.bayern.de/aufgaben/umwelt/allgemein/luftreinhalte/02716/>
- [13] Immissionsmessungen, Stadt München
https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Luft_und_Strahlung/Stickstoffdioxidmessungen.html#stickstoffdioxid-no2_2
- [14] Fahrzeugbestand am 1. Januar 2019, Kraftfahrtbundesamt
https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/Fahrzeugbestand/pm05_fz_bestand_pm_komplett.html;jsessionid=4646026CD70578FF24C87DF0B1BB33A8.live21304?nn=2141728
- [15] Tagungsbände der Fachtagung Luftreinhalteplanung, BayLfU
<https://www.bestellen.bayern.de>

Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung – und ein Blick auf das Verfahren zum Luftreinhalteplan der Stadt Wiesbaden

Dr. Marita Mang, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Zusammenfassung

Immer noch wird in vielen Kommunen in Deutschland der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid (NO₂) überschritten. Als Hauptverursacher der Belastung sind seit langem hohe Stickoxidemissionen insbesondere der Dieselfahrzeuge bekannt. Die Hoffnung, dass sich dieses Problem nach Einführung der Euro-6-Norm lösen würde, ging nicht in Erfüllung. Ganz im Gegenteil zeigten bereits die überarbeiteten Emissionsfaktoren des HBEFA¹ 3.3, dass die bisherigen Prognosen der Schadstoffentwicklung hinfällig würden. Allein mit den unbestritten sinnvollen, doch i. d. R. nur in geringem Umfang wirksamen und häufig auch nicht schnell genug umsetzbaren Maßnahmen, wie dem Ausbau von ÖPNV und Radverkehr, Verkehrsmanagement oder Förderung der E-Mobilität, konnte eine Grenzwerteinhaltung nicht gewährleistet werden.

Das führte zu einer Klagewelle von Umweltverbänden gegen die Luftreinhaltepläne, die nach Ansicht der Kläger die wirksamste Maßnahme – nämlich ein Fahrverbot für hoch emittierende Fahrzeuge – nicht beinhalteten. Nach der Grundsatzentscheidung des Bundesverwaltungsgerichts vom 27. Februar 2018 zur Zulässig- und Erforderlichkeit von Fahrverboten erreichten die Diskussionen bundesweit einen Höhepunkt. Zur Vermeidung von Fahrverboten legte die Bundesregierung nicht nur umfangreiche Förderprogramme auf, sie ergänzte auch das Bundes-Immissionsschutzgesetz um einen weiteren Paragraphen, der Fahrverbote erst bei NO₂-Jahresmittelwerten größer 50 µg/m³ i.d.R. als verhältnismäßig festlegte. Standorte von Messstationen und Probenahmestellen wurden als rechtswidrig bezeichnet, Messverfahren angezweifelt, Stickstoffdioxid von Lungenfachärzten als besonders ungefährlich eingestuft und damit die Einhaltung des NO₂-Immissionsgrenzwertes als Grundlage für die Festlegung von Fahrverboten grundsätzlich in Frage gestellt. Diese Diskussionen erschwerten den Behörden zusätzlich die Planaufstellung.

Vor allem die im Laufe der letzten beiden Jahre ergangenen Gerichtsurteile haben die Luftreinhalteplanung entscheidend geprägt. Einerseits, in dem sie zur Klärung grundsätzlicher Dinge wie den Standorten von Probenahmestellen oder der Bedeutung des Immissionsgrenzwertes für die Luftreinhalteplanung beitrugen, aber andererseits auch mit zusätzlichen Anforderungen, die sie an die Luftreinhalteplanung stellten. Auch wenn diese Anforderungen, wie z. B. die Erhöhung der Prognosesicherheit, prinzipiell nachvollziehbar sind, erhöhen sie nicht nur den Aufwand für die Planung, sondern stellen die zuständigen Behörden vor kaum lösbare Probleme. So ist jeder, der sich einmal mit der Berechnung von Minderungswirkungen und Prognosen befasst hat, sich der Unsicherheiten, mit denen die jeweiligen Annahmen verbunden sind, bewusst.

Inzwischen zeichnet sich in der Rechtsprechung die Tendenz ab, dass auf Fahrverbote nur dann verzichtet werden darf, wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit die vorgesehenen Maßnahmen zur kurzfristigen Einhaltung des Immissionsgrenzwertes ausreichen. Ansonsten sind sie zumindest als eine Art Rückfallposition in den Luftreinhalteplänen zu berücksichtigen, falls sich die Prognosen als nicht realistisch erweisen sollten, was engmaschig überwacht werden soll.

¹ Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Gliederung

- **Gerichte übernehmen die „Regie“ in der Luftreinhalteplanung**
 - Messung von Luftschadstoffen
 - Gültigkeit der Immissionsgrenzwerte
 - Bedeutung des § 47 Abs. 4a BImSchG
 - Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen
 - Anforderungen an die Prognosesicherheit
- **Konsequenzen für die Luftreinhalteplanung**
- **(Gerichts-)Verfahren zum Luftreinhalteplan Wiesbaden**



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

2

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz



Gerichte übernehmen die „Regie“ in der Luftreinhalteplanung



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

3

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Messung von Luftschadstoffen

22. Februar 2019

Fahrverbote

Muss man diese Messwerte ernst nehmen?

SPIEGEL Exklusiv für Abonnenten

Auch die Hängelstraße in Darmstadt wird ab Juni teilweise für Fahrzeuge gesperrt, wegen hoher Schadstoffkonzentration. Messen die Behörden in Deutschland zu akribisch? Von Matthias Bartsch, Jan Friedmann



Darmstadt, Messstandorte Hängelstraße

Gutachten des TÜV Rheinland vom 27. Juni 2019 bestätigt Korrektheit der Messstandorte



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

4

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Messung von Luftschadstoffen



EuGH-Urteil (C-723/17) vom 26. Juni 2019 trägt zur Klärung der umstrittenen Messstandorte bei

„... Verpflichtung, Probenahmestellen so einzurichten, dass sie Informationen über die Verschmutzung der am stärksten belasteten Orte liefern., ...“

„... stellen die Probenahmestellen ... das wichtigste Instrument zur Beurteilung der Luftqualität dar.“

„... obliegt es daher den zuständigen nationalen Behörden, den Standort der Probenahmestellen so zu wählen, dass die Gefahr unbemerkter Überschreitungen von Grenzwerten minimiert wird.“



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

5

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Gültigkeit der Immissionsgrenzwerte

Der Mythos Stickstoffdioxid als Rechtfertigung für den Anti-Diesel-Terror der Grünen
EIKE - Europäisches Institut für Klima & Energie
Nicht das Klima ist bedroht, sondern unsere Freiheit!
03. November 2018 Admin Energie 18
<https://www.eike-klima-energie.eu/2018/11/03/der-mythos-stickstoffdioxid-rechtfertigung-fuer-den-anti-diesel-terror-der-gruenen/>

„Alles Quatsch“ Nach Diesel-Urteil stellt Lungenarzt Stickoxid-Grenzwerte in Frage
Köln: Nach Diesel-Urteil stellt Lungenarzt Stickstoff-Grenzwerte in Frage
<https://www.ksta.de/politik/-alles-quatsch--nach-diesel-urteil--stellt-lungenarzt-stickoxid-grenzwerte-in-frage-31604658>

Pollitik ignoriert Zweifel am Grenzwert 40 Mikrogramm
Absurde Dieselpanik: Politik ignoriert Zweifel am Grenzwert
Nachrichten > Finanzen > Karriere > Berufsleben > Absurde Dieselpanik: Politik ignoriert Zweifel am Grenzwert
https://www.focus.de/finanzen/karriere/berufsleben/dieselpolitik-ignoriert-zweifel-am-grenzwert-40-mikrogramm_id_7378

**Streit über NO₂-Belastung
Scheuer will Grenzwert-Überprüfung**
01.02.2019 07:20 Uhr
Zahlreiche Lungenärzte bezweifeln den Sinn des geltenden Stickstoffdioxid-Grenzwerts. Verkehrsminister Scheuer nimmt die Vorlage gerne auf.
<https://www.zdf.de/nachrichten/heute/streit-ueber-no2-belastung-scheuer-will-grenzwert-ueberpruefung-100.html>

HESSEN
Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019 6

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Gültigkeit der Immissionsgrenzwerte

ZEIT ONLINE
Luftverschmutzung
EU-Kommission weist Andreas Scheuers Forderung zurück
Die Brüsseler Behörde hat die Stickoxidgrenzwerte gegen die Kritik des Verkehrsministers verteidigt. Sie prüft stattdessen, ob die Werte ausreichend streng sind.
13. März 2019, 11:50 Uhr / Quelle: ZEIT ONLINE, dpa, jci / 326 Kommentare
<https://www.zeit.de/wirtschaft/2019-03/luftverschmutzung-stickoxide-grenzwerte-andreas-scheuer-eu-kommission>

Leitsatz aus dem Urteil des OVG NRW vom 31.07.2019 (8 A 2851/18)
„Die gesetzlichen Grenzwerte für Stickstoffdioxid sind rechtsverbindlich. Auch wenn sie fachlich nicht unumstritten sind, sind sie nicht willkürlich festgelegt worden.“

„Sind die Grenzwerte aber einmal festgelegt, sind sie auch verbindlich. Dann können Überlegungen zur Verhältnismäßigkeit nur noch in begrenztem Maße berücksichtigt werden.“

Leopoldina
Nationale Akademie der Wissenschaften
April 2019 | 4. Jahrestagung
Saubere Luft
Stickstoffoxide und Feinstaub in der Atemluft:
Grundlagen und Empfehlungen

HESSEN
Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019 7

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Bedeutung des § 47 Abs. 4a BImSchG



Änderung des BImSchG vom 8. April 2019

„Verbote des Kraftfahrzeugverkehrs für Kraftfahrzeuge mit Selbstzündungsmotor kommen wegen der Überschreitung des Immissionsgrenzwertes für Stickstoffdioxid in der Regel nur in Gebieten in Betracht, in denen der Wert von 50 Mikrogramm Stickstoffdioxid pro Kubikmeter Luft im Jahresmittel überschritten worden ist. ...“



unionsrechtswidrig; für Behörden unbeachtlich

- Urteil VGH BW vom 18.03.2019 (10 S 1977/18)
- Urteil OVG Münster vom 31.07.2019 (8 A 2851/18)



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

8

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Verhältnismäßigkeit von Fahrverboten

BVerwG vom 27.02.2018 (7 C 30.17)

Fahrverbote als ultima ratio erforderlich!

Generell zulässig bei streckenbezogenen und eingeschränkt (Ausnahmen nach Verhältnismäßigkeitsgrundsatz) bei zonalen Fahrverboten.

VGH BW vom 18.03.2019 (10 S 1977/18)

LRP ungenügend bei fehlender Berücksichtigung von Fahrverboten, wenn diese zur schnelleren Grenzwerteinhaltung geführt hätten.

Der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz erlaube nur Erwägungen der Behörde zum Wann und Wie der Fahrverbote.

OVG NRW vom 31.07.2019 (8 A 2851/18)

Von Fahrverboten kann unter bestimmten Umständen abgesehen werden (Rechtfertigung anhand der konkreten Umstände des Einzelfalls)

Aber: Festlegung weiterer Maßnahmen (wie z.B. von Fahrverboten) notwendig, falls Prognose sich nicht bewahrheitet.



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

9

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Anforderungen an Prognosesicherheit

Höhere Sicherheit bei der prognostizierten Einhaltung des Immissionsgrenzwertes gefordert:

- Aufschlag eines „Korrekturfaktors“ von $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VG Berlin vom 9. Oktober 2018 - VG 10 K 207.16)
- „es bedarf einer hinreichenden Wahrscheinlichkeit dafür, mit einer geplanten Maßnahme die Einhaltung des Grenzwertes zu erreichen“ (VGH BW vom 18.03.2019 – 10 S 1977/18)
- LRP muss auf einer zweiten Stufe Maßnahmen für den Fall bereithalten, dass sich die Prognose der Grenzwerteinhaltung als zu positiv erweisen und absehbar nicht verwirklichen sollte (OVG NRW vom 31.07.2019 – 8 A 2851/18)



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

10

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Konsequenzen für die Luftreinhalteplanung

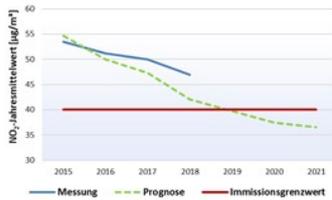


Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

11

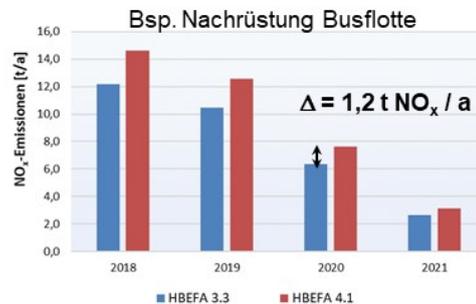
Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

I.d.R. keine Änderung der Messstandorte / -verfahren erforderlich; **Messwerte als Grundlage der Maßnahmenplanung**



Nutzung **aktueller Daten** erforderlich
Abgleich Modellrechnungen mit Messwerten

Annahmen „ausreichend **gesichert**“ und „**plausibel**“ begründet
(Problematisch: Verkehrsentwicklung, Änderung HBEFA, Wirkung Nachrüstung, Hintergrundbelastung...)

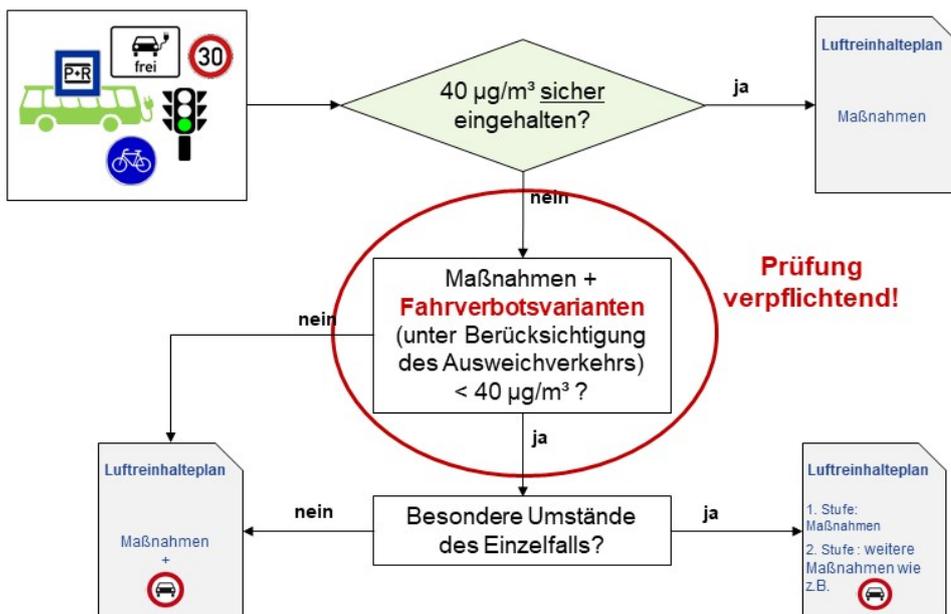


Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

12

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Wirkungskombinationen von Maßnahmen prüfen

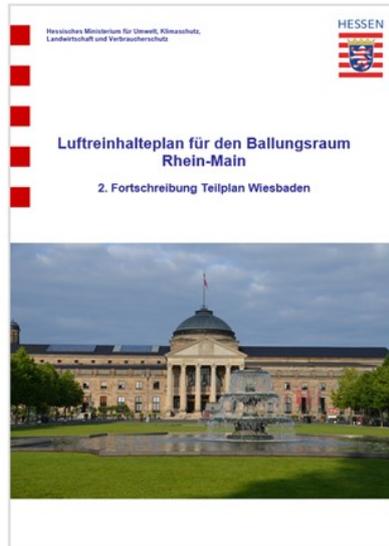


Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

13

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

(Gerichts-)Verfahren zum Luftreinhalteplan Wiesbaden



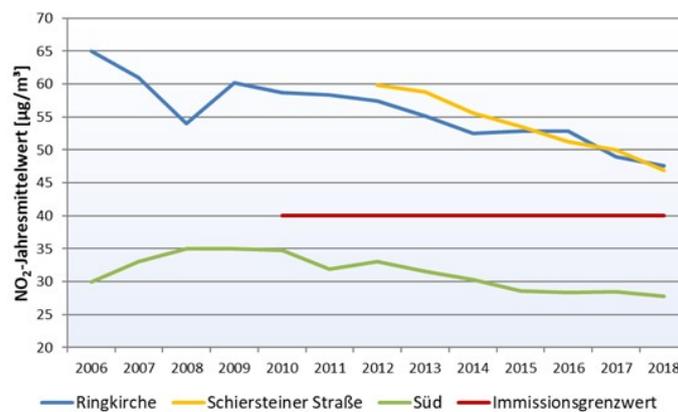
Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

14

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Ausgangssituation

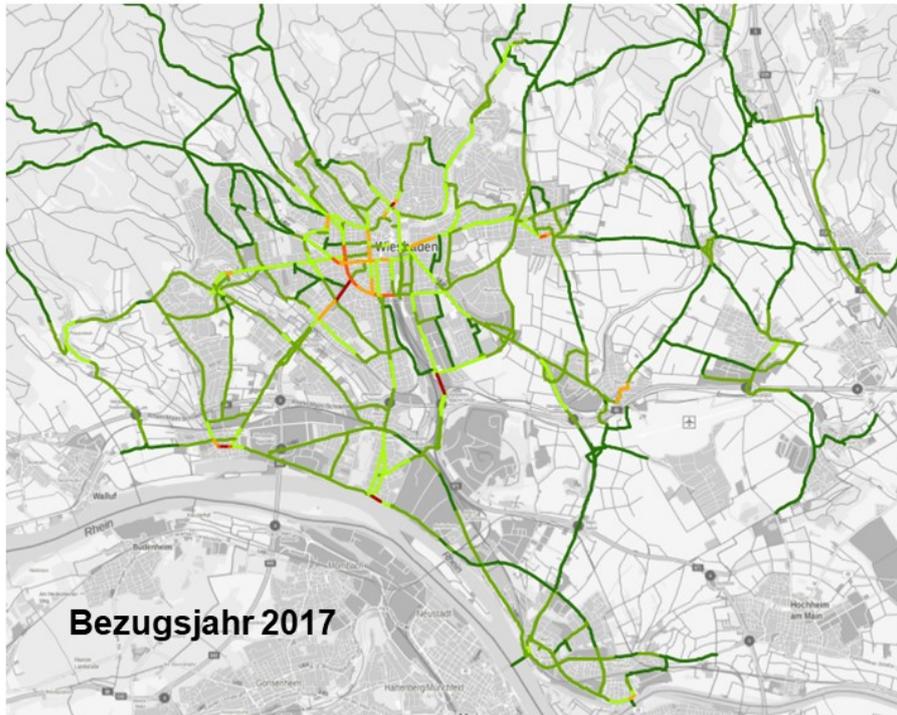
- Klage gegen 1. Fortschreibung des Luftreinhalteplans Wiesbaden; Forderung u.a. von Fahrverboten
- NO₂-JMW 2017: 48,9 µg/m³ (Ringkirche), 50,0 µg/m³ (Schiersteiner Str.)



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

15

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz



NO₂-JMW [µg/m³]:

- 50-55 µg/m³
- 45-50 µg/m³
- 40-45 µg/m³
- 35-40 µg/m³
- 30-35 µg/m³
- < 30 µg/m³

39 Straßenab-
schnitte mit
Überschreitungen



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

16

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Besonderheit im Verfahren

➔ Außergewöhnliches Engagement des zuständigen Umwelt- und Verkehrsdezernenten der Stadt Wiesbaden

- Berücksichtigung aller Möglichkeiten, um Fahrverbote zu vermeiden (auch unpopulärer Maßnahmen wie z.B. der Wegnahme von Fahrstreifen zugunsten von Bus- bzw. Radverkehr oder der Einrichtung von Pfortnerampeln)
- Umfassende Nutzung von Förderprogrammen (z.B. Digitalisierung des Verkehrs, 18 Mio €)
- Vorabinformation von Gericht und Klägern über die Maßnahmen (incl. Zeitplan zur Umsetzung); Vorlage des Planentwurfs
- Aktive Öffentlichkeitsarbeit (ausführliche Pressemeldungen) zur jeweiligen Umsetzung von Maßnahmen
- Konkrete „Wünsche“ des Gerichts (zusätzliche Berechnungen, Konkretisierungen) für die mündliche Verhandlung wurden kurzfristig realisiert



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

17

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Besonderheiten im Gerichtsverfahren

Mündliche Verhandlung am 9. Dezember 2018

➔ **Richter bescheinigt der Stadt ein ambitioniertes Programm mit beachtlichen Maßnahmen, die „nicht nur auf dem Papier stehen“**

- Gericht fordert dennoch die Nachrüstung der Busse, da sich die vorgesehene komplette Umstellung der Busflotte auf E-Busse verzögert
- Zusage der Stadt Wiesbaden zur Nachrüstung von ca. 100 Bussen in 2019 und Vorlage des Nachweises für 100 Nachrüstsätze und entsprechende Werkstattkapazitäten für den Einbau
- Gericht fordert streckenbezogene Fahrverbote zu prüfen
- Vertagung der Verhandlung auf den 13. Februar 2019

Abschließende Aufstellung des Luftreinhalteplans am 11. Februar 2019

... unter Berücksichtigung der Busnachrüstung und Darlegung der Wirkung von Fahrverboten



Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

18

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Besonderheiten im Gerichtsverfahren

Mündliche Verhandlung am 13. Februar 2019

- Fragen der Kläger nach dem Umsetzungsstand entsprechend Zeitplan werden alle als „umgesetzt“ beantwortet
- Untersuchungen zu streckenbezogenen Fahrverbote werden akzeptiert und die Maßnahme als in Teilen nicht zielführend und unverhältnismäßig bewertet
- Prognosen werden vom Gericht als tragfähig und von Klägerseite als zwar knapp, aber akzeptabel angesehen
- Gericht lässt Klägern die Wahl zwischen
 - Erledigung der Klage
 - Klageabweisung oder
 - Vergleich mit Überprüfungsklausel (seitens Beklagter abgelehnt)

➔ **Erledigung der Klage!**

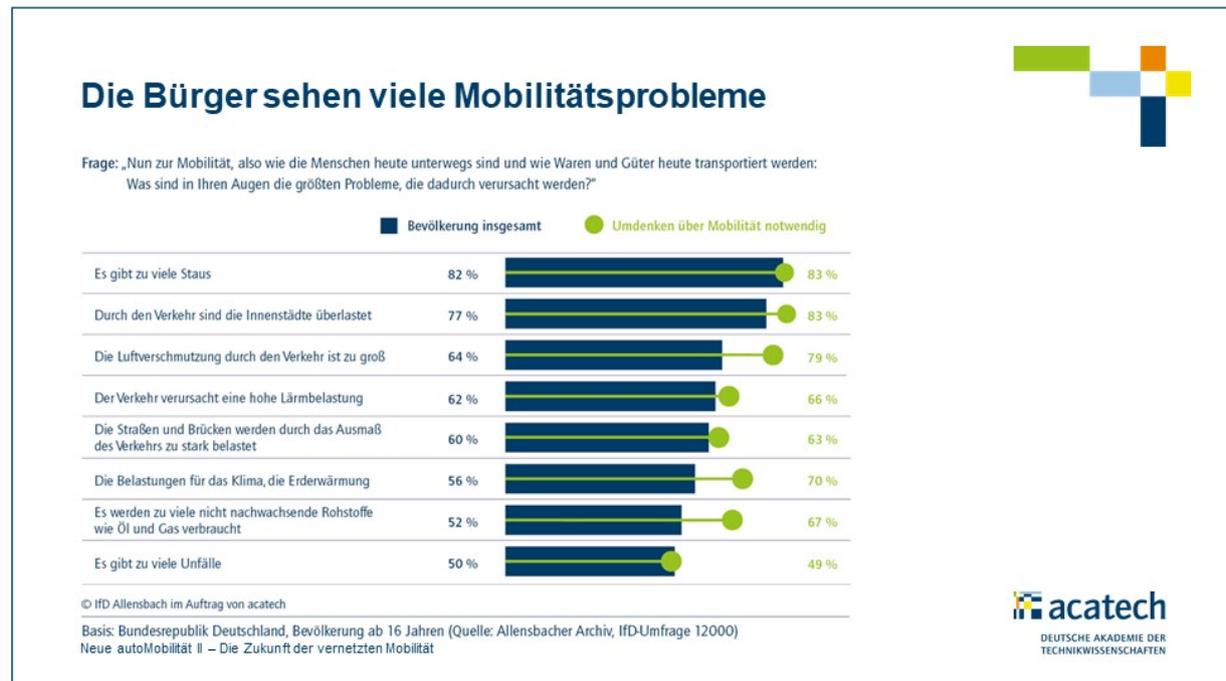


Dr. Mang, Neue Entwicklungen in der Luftreinhaltung, LfU Bayern - Fachtagung Luftqualität und Mobilität, 19. Nov. 2019

19

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

Dr. Martina Kohlhuber, acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN



Prioritäten der individuellen Mobilität

Prioritäten der individuellen Mobilität

Frage: „Wenn es um Ihre eigene Mobilität geht, also wie Sie in der Regel unterwegs sind: Was ist Ihnen da besonders wichtig? Was von dieser Liste würden Sie nennen?“

Mir ist besonders wichtig,

dass ich möglichst flexibel und unabhängig bin	82 %	
dass ich verlässlich bzw. planbar unterwegs bin	71 %	
dass ich möglichst sicher unterwegs bin	68 %	
dass ich möglichst schnell ankomme	66 %	
dass es möglichst wenig kostet	54 %	
dass ich möglichst angenehm, komfortabel unterwegs bin	45 %	
dass ich mich bewege bzw. an der frischen Luft bin	40 %	
dass es nicht voll ist, ich nicht unter vielen Menschen bin	31 %	
dass ich möglichst umweltfreundlich unterwegs bin	30 %	
dass ich etwas nebenher machen kann, z. B. arbeiten oder lesen	11 %	

© IfD Allensbach im Auftrag von acatech

Basis: Bundesrepublik Deutschland, Bevölkerung ab 16 Jahren (Quelle: Allensbacher Archiv, IfD-Umfrage 12000)
Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Erwartungen und Wünsche

Frage: "Wie stellen Sie sich Mobilität in 10 Jahren vor? Was von dieser Liste wird wohl zutreffen?"
Und was davon würden Sie sich wünschen, was fänden Sie gut?

	Erwartungen	Wünsche
Immer mehr Berufstätige können auch von zu Hause oder von unterwegs arbeiten	62 %	47
Immer mehr Innenstädte werden für den Autoverkehr gesperrt sein	57	25
Intelligente Ampelschaltungen sorgen in den Städten für flüssigen Verkehr	54	58
Der öffentliche Nahverkehr wird ausgebaut	54	59
Die Autos der Zukunft fahren mit Elektroantrieb	53	34
Es gibt mehr Fahrverbote	44	10
Es gibt mehr Vorschriften und Vorgaben für die Mobilität der Bürger	41	5
Immer mehr Menschen teilen sich privat oder über einen Carsharing-Anbieter Autos	40	25
Autos steuern sich weitgehend selbst	33	16
Der öffentliche Nahverkehr kann so gestaltet werden, dass Busse nur noch dann fahren, wenn sie benötigt werden	28	26
Post und Pakete werden verstärkt durch Drohnen ausgeliefert	28	16

© IfD Allensbach
Basis: Bundesrepublik Deutschland, Bevölkerung ab 16 Jahre
Quelle: Allensbacher Archiv, IfD-Umfrage 12000

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Agenda der Bevölkerung für die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur

Frage: "Wenn es um die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur in Deutschland geht, was halten Sie da für besonders wichtig?"

Für die Entwicklung der Infrastruktur ist besonders wichtig,



© IFD Allensbach
Basis: Bundesrepublik Deutschland, Bevölkerung ab 16 Jahre
Quelle: Allensbacher Archiv, IFD-Umfrage 12000

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

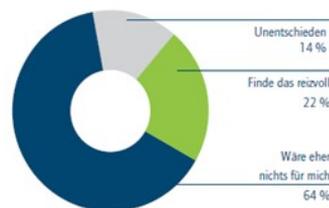
Die Gesellschaft steht fahrerlosen Fahrzeugen (noch) skeptisch gegenüber...



© acatech/Körber Stiftung 2019, TechnikRadar

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

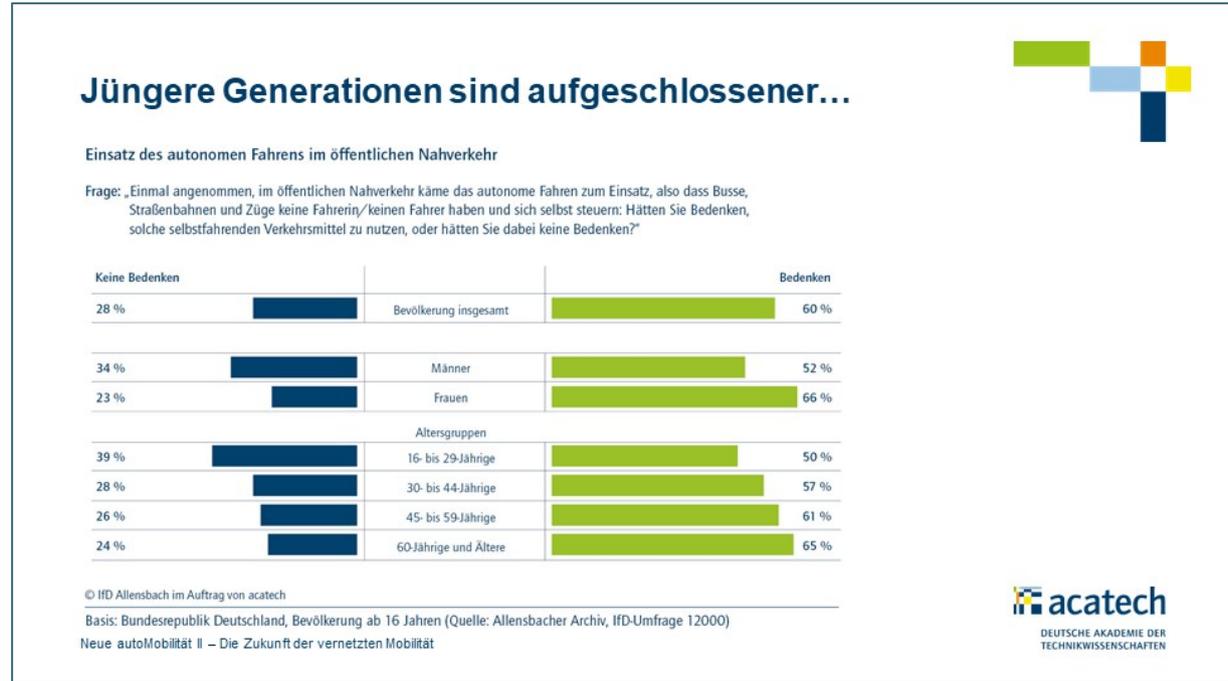
Frage: „Ingenieure arbeiten zurzeit an einem Auto, das sich selbst steuert, das man also nicht mehr vollständig selbst fahren muss. Finden Sie ein solches Auto reizvoll, oder wäre das eher nichts für Sie?“



© IFD Allensbach im Auftrag von acatech

Basis: Bundesrepublik Deutschland, Bevölkerung ab 16 Jahren
(Quelle: Allensbacher Archiv, IFD-Umfrage 12000)

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN



Neue autoMobilität II

gefördert vom  Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur





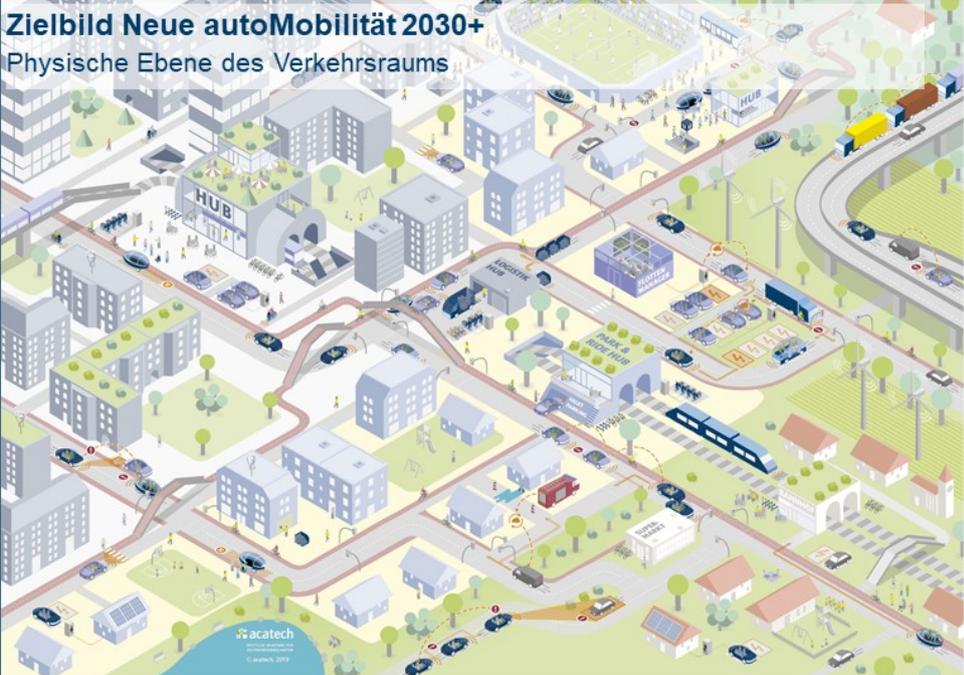
Neue autoMobilität II: Kooperativer Straßenverkehr und intelligente Verkehrssteuerung für die Mobilität der Zukunft

Laufzeit: 01/2018 bis 09/2019

- Fortschreibung des acatech Projekts Neue autoMobilität I: Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft
- Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer (Vorstand Energie und Verkehr, DLR) 
- Projektbeteiligte: Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik



Zielbild Neue autoMobilität 2030+ Physische Ebene des Verkehrsraums



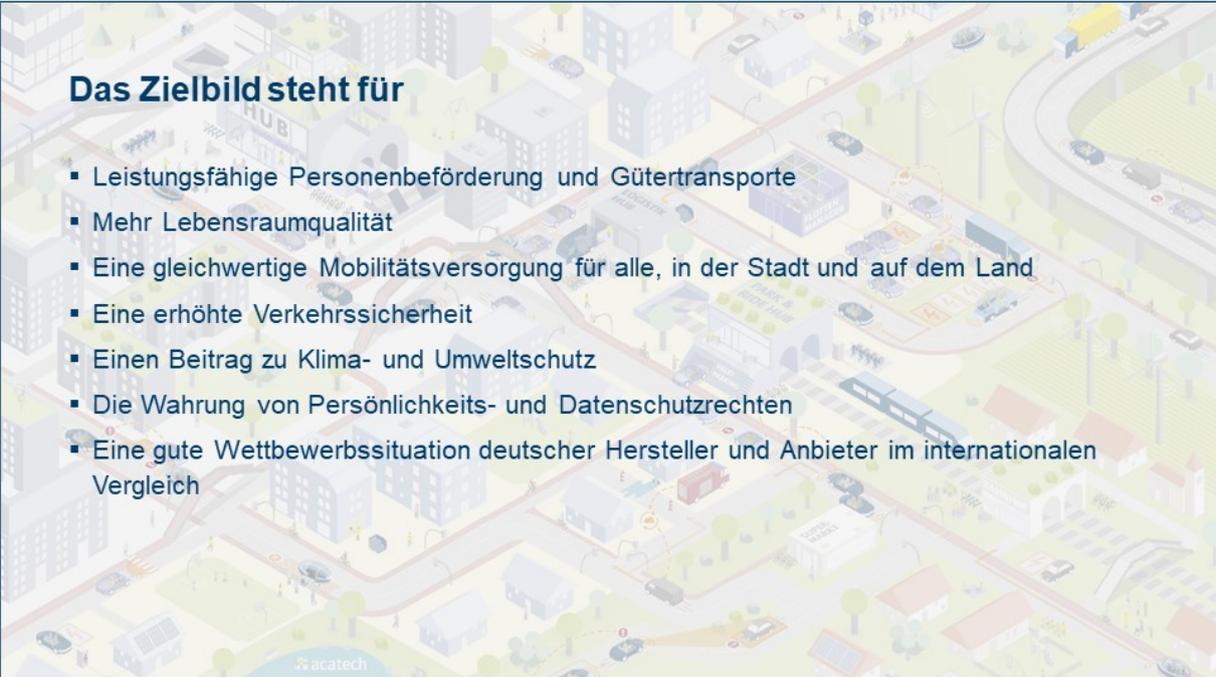
- Darstellung von Räumen und verkehrlichen Zusammenhängen
- Bürgergerechte Flächennutzung



acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Das Zielbild steht für

- Leistungsfähige Personenbeförderung und Gütertransporte
- Mehr Lebensraumqualität
- Eine gleichwertige Mobilitätsversorgung für alle, in der Stadt und auf dem Land
- Eine erhöhte Verkehrssicherheit
- Einen Beitrag zu Klima- und Umweltschutz
- Die Wahrung von Persönlichkeits- und Datenschutzrechten
- Eine gute Wettbewerbssituation deutscher Hersteller und Anbieter im internationalen Vergleich



acatech

Zukunftsbilder der Mobilität

- Die Zukunftsbilder der Mobilität zeigen Entwicklungen hin zu einem integrierten Mobilitätskonzept
- Szenarien verdeutlichen neue Möglichkeiten der Mobilität durch Automatisierung und Vernetzung



Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

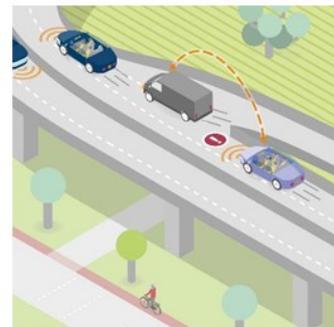
Kooperativer Mischverkehr



Echtzeitinformationen zur Verkehrslage



Kooperation beim Linksabbiegen



Kooperatives Einfädeln

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Bessere Anbindung des ländlichen Raums



Ländlicher Hub mit attraktiven Sharing-Angeboten



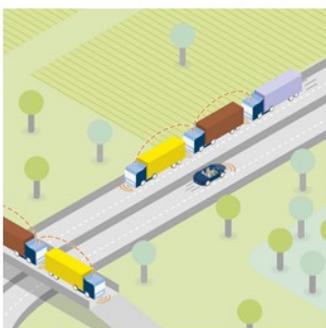
Autonomer Bürgerbus verbindet Umland und Hub

- Kommunen als Garanten Daseinsvorsorge
- leistungsfähiger ÖV
- Abdeckung aller Mobilitätsbedarfe
- Mobilitätsangebote gemeinsam mit Bürgern definieren

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Automatisierter und vernetzter Güterfernverkehr



Platooning im Güterfernverkehr



Neue Berufsbilder

- Hochautomatisierte Konvois
- Kraftstoffsparender Transport
- Entlastung des Fahrers bzw. Zeit für alternative Aufgaben

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

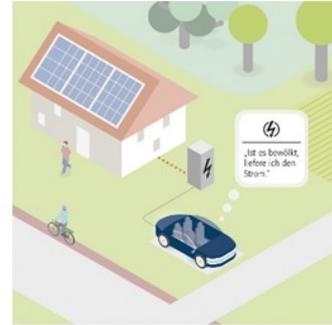
Sektorenkoppelung



Verkehrs- und
Energienetzmanagement



Fahrzeuge als mobiler
Stromspeicher



Koppelung an Smart Home

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

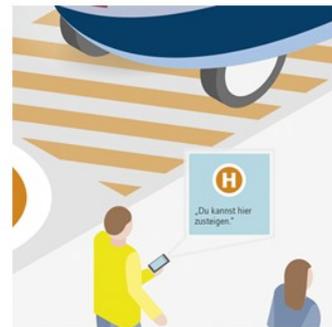
Verkehrsträgerübergreifend unterwegs



Mobilität aus einer Hand



Virtuelle Haltestellen



Orientierungshilfe für
Verkehrsteilnehmende

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Flächenumnutzung und Parkraummanagement



Unproduktive Flächennutzung



Produktive Flächennutzung

- Carsharing als alternative zum Privatfahrzeug
- Weniger ruhender Verkehr
- Mehr Platz im öffentlichen Raum

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Gebündelte Paketzulieferung



Logistik-Hubs am Stadtrand



Gebündelte Auslieferung



Ein Anbieter auf der letzten Meile

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Intelligente Verkehrssteuerung



Dynamische Verkehrsführung bei Großveranstaltungen



Vernetzte Ampeln optimieren lokale und Gesamtverkehrslage



Datenweitergabe unter Wahrung des Datenschutzes

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Sicherheit und neue Interaktionsmöglichkeiten



Mehr Sicherheit durch Umfelderkennung



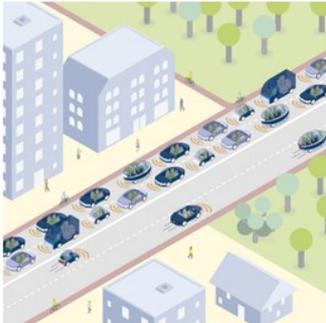
Virtueller Zebrastrifen

- Fahrzeuge warnen sich gegenseitig in Gefahrensituationen
- Neue Kooperationsformen zwischen unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Dynamische Fahrspuraufteilung



Keine dynamische Fahrspurmarkierung



Dynamische Fahrspurmarkierung

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

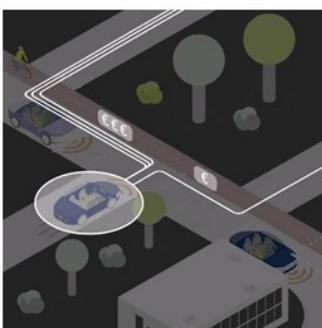
- Optimierte Auslastung des Straßenraums
- Verkehr wird entzerrt und verflüssigt

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Ökonomische Verkehrssteuerung



Verkehrssteuerung durch Mobility Pricing



Dynamische Preisgestaltung

Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

- Anreiz für Umstieg auf andere Verkehrsmittel
- Räumliche und zeitliche Verteilung von Verkehren

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Wir ebnen den Weg in die Mobilität der Zukunft, indem wir...

- **Verkehrsträger vernetzen** und zusammenführen
- **Kommunen stärken** und fit für die Gestaltung des automatisierten und vernetzten Fahrens machen
- Kooperations- und Interaktionsprinzipien für den **Mischverkehr** entwickeln
- **Zulassungsmethoden** für kooperative Fahrzeuge auf den Weg bringen
- Ein **Ökosystem für Mobilitätsdaten** schaffen
- **Intelligente Verkehrssteuerung** einführen und föderale Kompetenzen abstimmen
- **Erlebnis- und Experimentierräume** mit gesellschaftlichem Dialog und Beteiligungsformaten verbinden
- In **Forschung und Entwicklung investieren**, Industrie und Wissenschaft stärken



Neue autoMobilität II – Die Zukunft der vernetzten Mobilität

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Dr. Martina Kohlhuber
Leiterin Themenschwerpunkt Mobilität
Karolinenplatz 4, 80333 München
kohlhuber@acatech.de, +49(0)89/ 52 03 09-68

acatech
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Alternative Kraftstoffe für Otto- und Dieselmotoren – E-Fuels und deren Emissionen

Martin Härtl, Kai Gaukel, Georg Wachtmeister

Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen der Technischen Universität München

Einleitung

Für die Sicherstellung der individuellen Mobilität sind zunehmend schärfere Randbedingungen hinsichtlich Umwelt- und Klimabelastung zu beachten. Insbesondere in Großstädten besteht ein großer Bedarf, die Emission von NO_x und Partikeln deutlich zu reduzieren, um vorgegebene Immissionsgrenzwerte erfüllen zu können. Zusätzlich besteht das Ziel, die Klimaerwärmung auf höchstens 2 °C zu begrenzen, wodurch CO₂-neutrale Energieträger für mobile Anwendungen in den Fokus rücken.

Die Elektromobilität kann scheinbar beide Forderungen der lokalen Emissionsfreiheit und der CO₂-freien Antriebsenergie erfüllen. Für das Klima ist letztendlich ausschlaggebend, dass die gesamte Herstellungskette des Stromes dann auch CO₂-neutral erfolgt. Das ist derzeit zumindest in der Bundesrepublik Deutschland mit dem vorhandenen Strommix keinesfalls gegeben. Eine weitere Hürde für die Einführung der Elektromobilität ist die Verteilung der elektrischen Energie zu Ladestationen, welche einen hohen Investitionsaufwand erfordert.

Eine Alternative dazu kann die Verwendung so genannter synthetischer Kraftstoffe sein. Umfangreiche Forschungsarbeiten haben bereits demonstriert, dass mit synthetischen Kraftstoffen bei Verbrennungsmotoren eine lokale Emissionsfreiheit erreichbar ist. Sie bieten sogar das Potenzial einer sub-zero-Emission, sodass mit geeigneten Abgasnachbehandlungssystemen eine Reinigung der Umgebungsluft erfolgen kann [Hä15].

Allerdings ist der zweite wichtige Gesichtspunkt für synthetische Kraftstoffe eine klimaneutrale Herstellung. Dies ist durchaus mit regenerativ erzeugtem Strom möglich, wobei dieser dann auch in der nötigen Menge verfügbar sein muss. Hier besteht also dasselbe Problem wie bei der Elektromobilität. Da jedoch synthetische Kraftstoffe den herkömmlichen fossilen Kraftstoffen (Diesel, Otto) sehr ähnlich sind, können diese in die bereits vorhandenen Transport- und Verteilungslogistik problemlos einfließen. Damit ist der Vorteil gegeben, die Herstellung synthetischer Kraftstoffe in Regionen der Erde anzusiedeln, in denen regenerative Energie (Sonne, Wind) relativ umfangreich verfügbar sind.

Im Folgenden werden die Eigenschaften der C1-Kraftstoffe, einer Gruppe von rußfrei verbrennenden synthetischen Kraftstoffen, und deren hohes Potenzial zur Emissionsverminderung bei Verbrennungsmotoren vorgestellt.

Herstellung und Eigenschaften von C1-Kraftstoffen

Betrachtet man die motorische Verbrennung, dann ist die Ruß-/Partikelentstehung sehr eng mit den im Kraftstoff vorhandenen C-C Bindungen verknüpft. Liegen diese C-C Bindungen im Energieträger nicht mehr vor, dann ist auch die Quelle der Partikelbildung nicht mehr vorhanden [Su16]. Damit ist es naheliegend, sogenannte C1-Kraftstoffe bei Verbrennungsmotoren einzusetzen. Ein weiterer Vorteil synthetischer Kraftstoffe für die Verbrennung ist deren hoher Sauerstoffgehalt. Für Dieselmotoren hat sich mittlerweile Oxymethylenether (OME) als sehr geeignet herausgestellt [Hä17b], [Pé17]. Für Ottomotoren wurden bereits erste Untersuchungen mit einem Gemisch aus den C1-Kraftstoffen Dimethylcarbonat (DMC) und Methylformiat (MeFo) durchgeführt und auch hier wurde das Potenzial einer deutlichen Partikelreduzierung nachgewiesen [Hä17a].

Grundsätzlich erfolgt die Herstellung der C1-Kraftstoffe auf Basis von H₂ und CO₂. Über Methanol und Formaldehyd werden dann die verschiedenen OME-Ketten [Bu11], sowie DMC und MeFo hergestellt [Hä18]. Derzeit wird an neuen Routen und Verfahren geforscht, die einen deutlich geringeren Energieeinsatz für die Herstellung erfordern [He19].

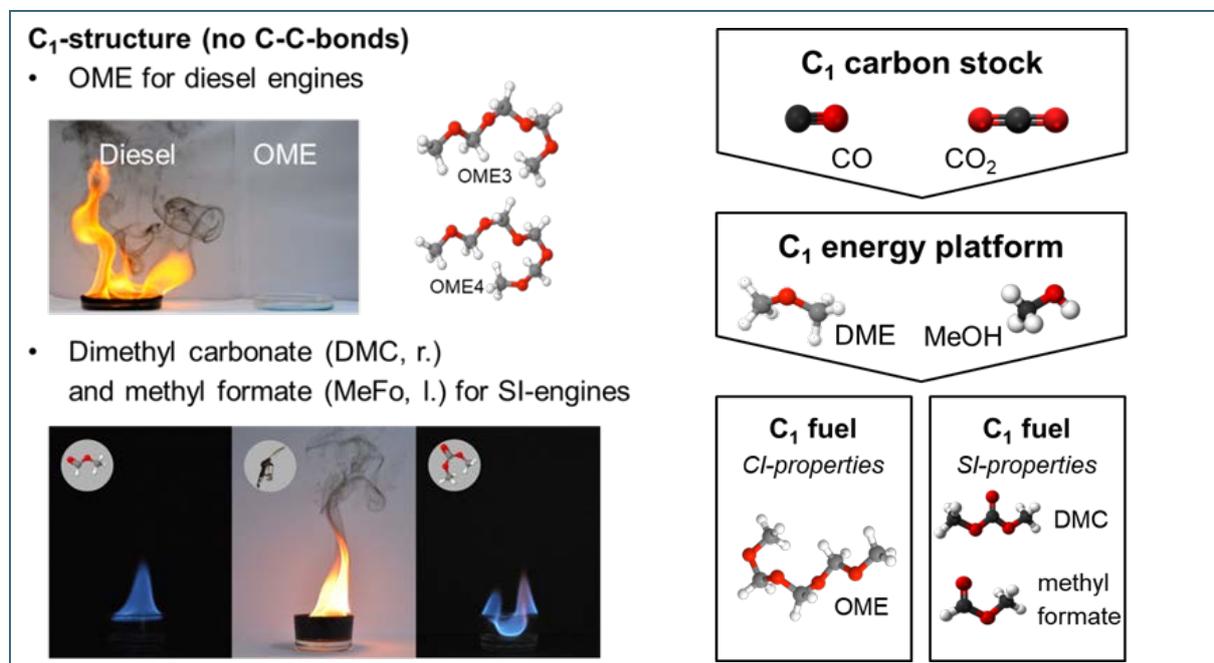


Abb. 1: Bilder der rußfreien Verbrennung von C1-Kraftstoffen und deren prinzipielle Herstellung durch das Recycling von CO₂. Der benötigte Wasserstoff wird durch die Wasserelektrolyse gewonnen.

Für eine erfolgreiche Einführung neuer Kraftstoffe ist ein möglichst geringer Bedarf an Änderungen am Antriebssystem und an der Verteilungslogistik eine wichtige Voraussetzung. Diesbezüglich ist OME sicherlich attraktiv, da durch geeignete Mischung unterschiedlicher Kettenlängen (OME3 bis OME6) sehr ähnliche physikalische Eigenschaften wie bei herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff erzeugt werden können (Siedebereich, Viskosität, Flammpunkt, Stabilität).

Tab. 1: Eigenschaften der untersuchten Kraftstoffe. PDF: paraffinischer Dieselmotorkraftstoff mit besonders günstigen Emissionseigenschaften.

Parameter	Einheit	Paraffinic Diesel Fuel* (PDF)	OME1	OME1b**	OME3-6 Mix***
Unterer Heizwert	MJ/kg	43,8	22,4	22,5	18,8
Dichte (15 °C)	kg/m ³	780	860	869	1068
Diesel-Äquivalent	m ³ /m ³	1	1,77	1,75	1,70
Siedepunkt/-bereich	°C	210 - 302	42	41,9 - 42,6	157 - 259
Cetanzahl	-	79,8	29,3	40	75,2
Schmierfähigkeit HFRR	µm	260 (60 °C)	759 (20 °C)	278 (20 °C)	519 (60 °C)
Kin. Viskosität	mm ² /s	2,92 (40 °C)	0,33 (20 °C)	0,77 (20 °C)	1,19 (40 °C)
Sauerstoffgehalt	Gew.-%	0	42,1	42,6	47,9

* Gemäß EN15940

** Additiv: 3 Gew.-% Mischung langkettiger Polyether

*** Mischverhältnis in Gew.-%: 43 % OME3, 31 % OME4, 19 % OME5, 7 % OME6

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass die größten Unterschiede von OME₃₋₆ im Vergleich zu Diesel in der Dichte, dem Sauerstoffgehalt und damit im Heizwert liegen. Es ergibt sich ein Diesel-Äquivalent von ca. 1,7. Das bedeutet: volumetrisch muss die 1,7-fache Kraftstoffmenge eingespritzt werden. Da jedoch die weiteren Eigenschaften denen des Dieselmotorkraftstoffes sehr ähnlich sind, kann für OME die bereits vorhandene Lager- und Verteilungsstruktur verwendet werden. Ein weiterer Vorteil ist das geringere Gefahrenpotenzial (hoher Flammpunkt, geringe Toxizität).

Beschreibung des Versuchsaufbaus

Experimentelle Untersuchungen zu OME wurden an einem Einzylinder-Forschungsmotor, Abbildung 2, durchgeführt, welcher von dem Serienmotor MAN D20 abgeleitet wurde. Mit Ausnahme der Hochdruckpumpe erfolgten keine Anpassung der Komponenten an den Kraftstoff OME. An der Hochdruckpumpe mussten die serienmäßigen Dichtungsringe durch PTFE-Ringe ersetzt werden, um Undichtigkeiten aufgrund von Aufquellen zu vermeiden. Der Motor verfügt über eine Common-Rail-Einspritzung, so dass der Raildruck in einem breiten Bereich variiert werden kann. Für vergleichende Versuche wurde ein Umschaltmodul zum raschen Wechsel zwischen Dieselmotorkraftstoff und OME entwickelt. Zudem verfügt der Motor über ein gekühltes AGR-System und einem DOC. Zudem wird der Motor von einer externen Druckstation mit Ladeluft versorgt.

Die einzelnen Komponenten im Abgas wurden mit FTIR, PMD, FID und IRD jeweils vor und nach dem Katalysator gemessen. Zusätzlich wurde die Partikelmasse und -anzahl erfasst.

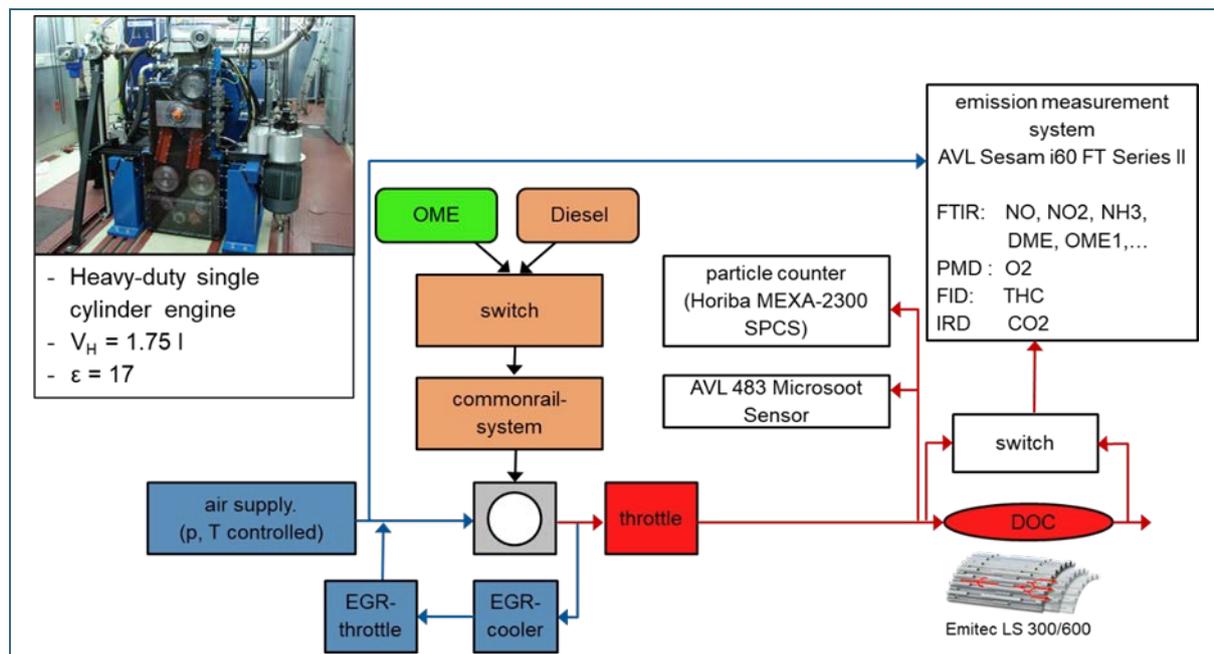


Abb. 2: Übersicht des Prüfstands mit Einzylinder-Diesel-Forschungsmotor für die Untersuchung von selbstzündenden Kraftstoffen. Die gasförmigen Abgaskomponenten werden mit einer FTIR-Anlage detailliert aufgelöst.

Ergebnisse

Aufgrund ihrer Molekülstruktur verbrennen C1-Kraftstoffe ohne Entstehung von Rußpartikeln. Damit ist die bei üblichem Dieselmotorkraftstoff vorhandene Partikelbildung beim Einsatz der Abgasrückführung nicht vorhanden. Dies eröffnet insbesondere hinsichtlich einer innermotorischen NO_x-Reduzierung weitreichende Möglichkeiten. Wie aus Abbildung 3 zu erkennen ist, kann die AGR-Rate bis zu Verbrennungsluftverhältnissen von 0,9 erhöht werden, ohne dass es zu einem Anstieg von Partikelmasse und

-anzahl kommt. Allerdings ist eine Auslegung eines OME Brennverfahrens unter einem Verbrennungsluftverhältnis von 1,1 nicht zu empfehlen, da dann der indizierte Wirkungsgrad sinkt. Zusätzlich ist zu beachten, dass bei den sehr niedrigen Verbrennungsluftverhältnissen Methan im Abgas zu finden ist. Da Methan katalytisch sehr schwer konvertiert werden kann, ist auch aus diesem Grund ein Verbrennungsluftverhältnis kleiner 1,1 nicht anzustreben.

Nachdem in der Molekülkette von OME der Stoff Formaldehyd als Grundeinheit vorhanden ist, gilt auch dieser Komponente im Abgas das Augenmerk. Wie die Messungen zeigen, wird Formaldehyd problemlos im DOC konvertiert, sodass diese Komponente kein Problem darstellt.

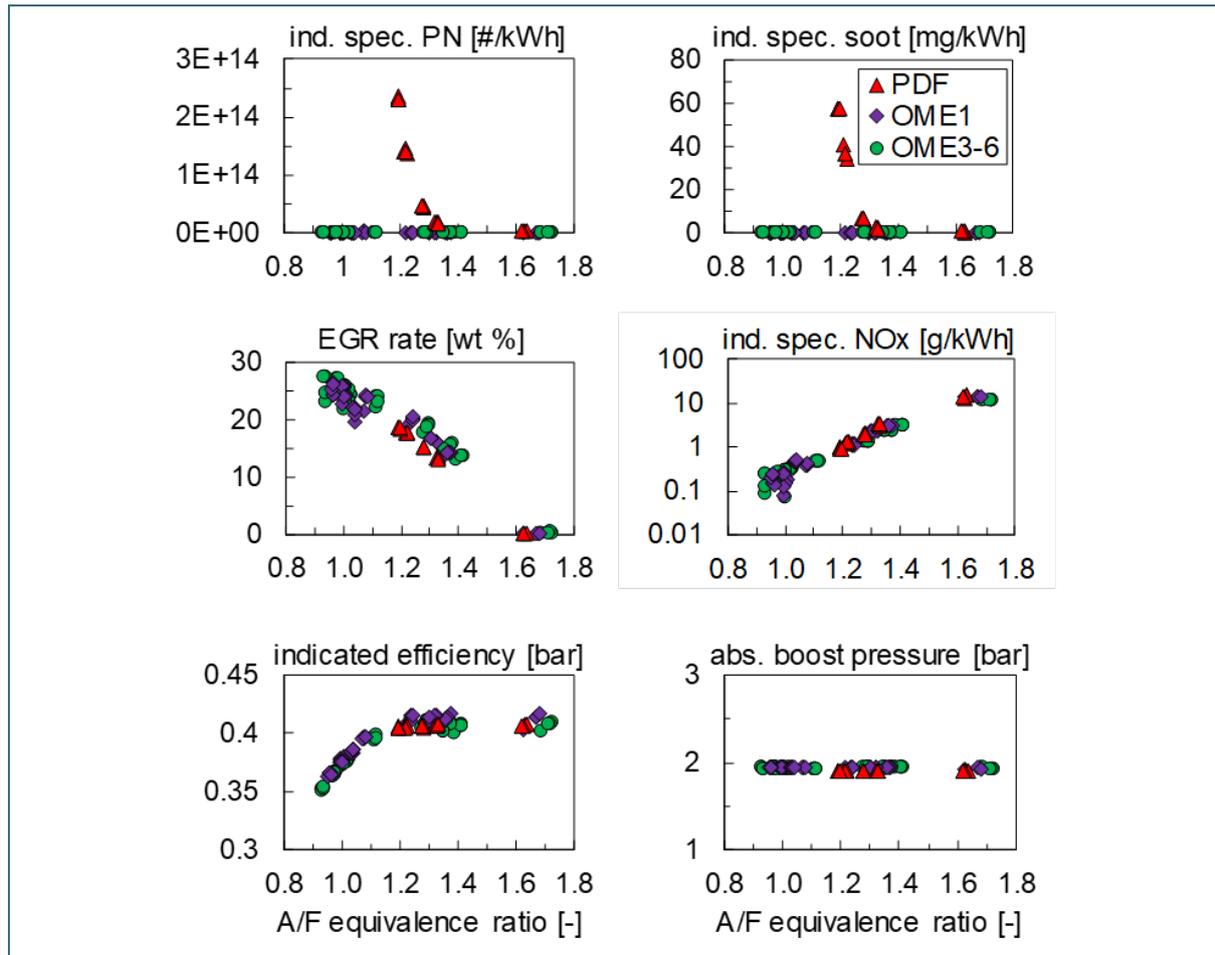


Abb. 3: Ergebnisse einer AGR-Variation bei 1200 1/min und 13 bar ind. Mitteldruck.

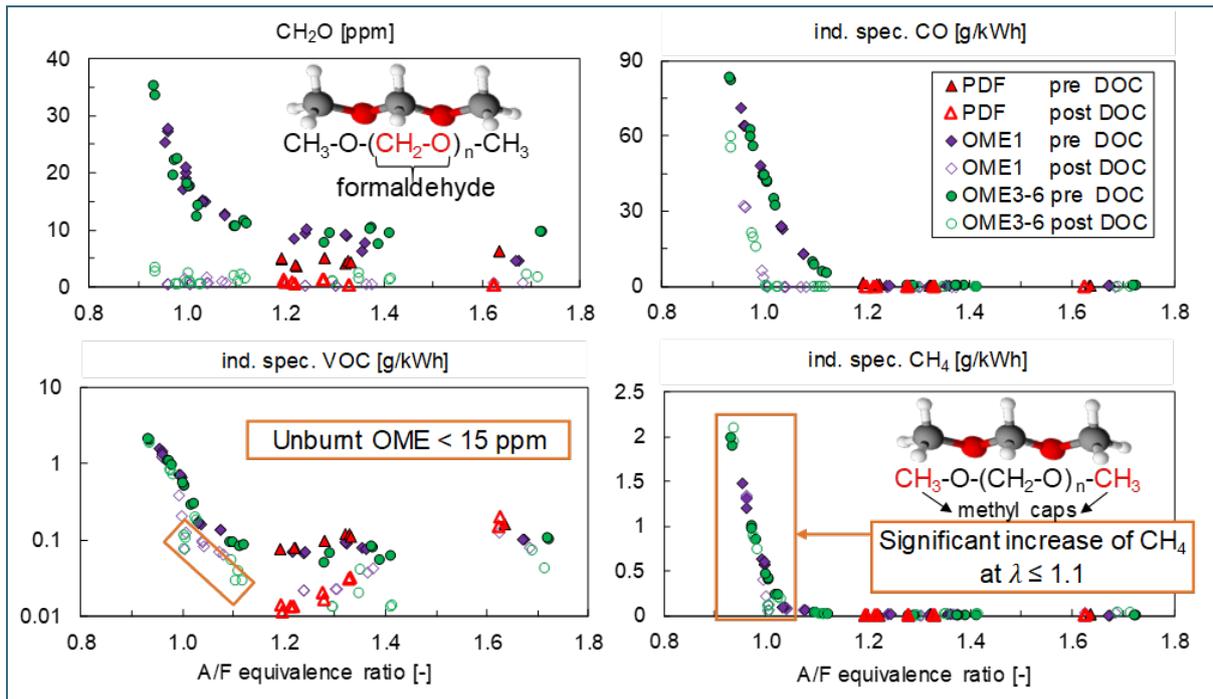


Abb. 4: Kohlenstoffhaltige Emissionen bei der AGR-Variation, Messung mittels FTIR-Gerät.

Die sehr guten Verbrennungseigenschaften von OME führen dazu, dass innermotorisch mit lediglich einem DOC sehr niedrige Fahrzeugemissionen erreicht werden. Wie Abbildung 5 zeigt, werden die Euro VI Grenzwerte für die Partikelzahl unterschritten und das Emissionsniveau bewegt sich in einer Größenordnung, welches in der Umgebung einer viel befahrenen Straße vorhanden ist. Mit einer aufwendigen Abgasnachbehandlung besteht sogar das Potenzial einer sogenannten sub-zero Emission.

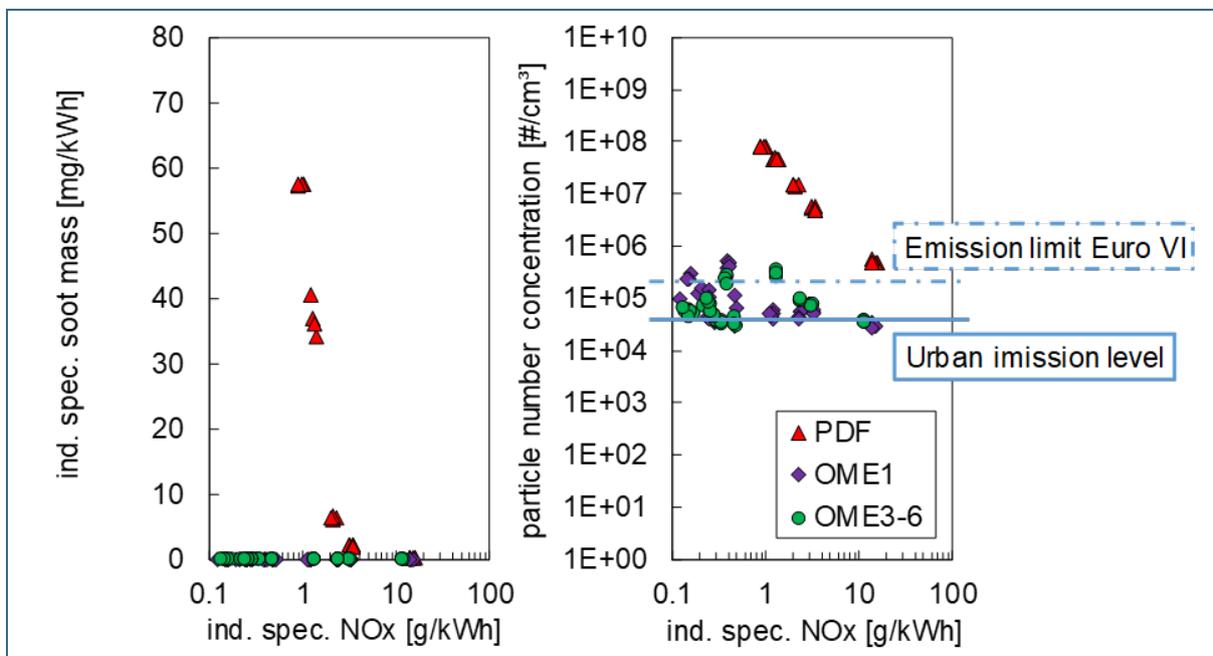


Abb. 5: Rußmenge und Partikelzahlkonzentration im Rohabgas bei der AGR-Variation.

Mögliche Effekte zur Kosteneinsparung

Aufgrund der hervorragenden Verbrennungseigenschaften von OME können im Abgassystem die Komponenten SCR-Katalysator und Partikelfilter vereinfacht werden. Hinsichtlich SCR-Katalysator sind Maßnahmen zum schnellen Aufheizen, welche verbrauchserhöhend wirken, nicht mehr erforderlich. Der Betreiber muss weniger AdBlue nachtanken. Eine Regenerierung des Partikelfilters ist nicht mehr notwendig, welches sich ebenfalls vorteilhaft auf den Verbrauch auswirkt.

Mit OME als Kraftstoff besteht aber noch eine weitere Möglichkeit einer Komplexitätsreduzierung. Während mit handelsüblichem Dieseldieselkraftstoff der Raildruck immer weiter angehoben wird, um die Gemischbildung zu verbessern, ist dies mit OME nicht mehr erforderlich. Wie Untersuchungen am Einzylinder-Forschungsmotor aufzeigen, Abbildung 6, kann der Raildruck sogar auf niedrigere Werte im Bereich von ca. 1.000 bar abgesenkt werden, ohne dass die Verbrennung und damit das niedrige Emissionsniveau verschlechtert wird.

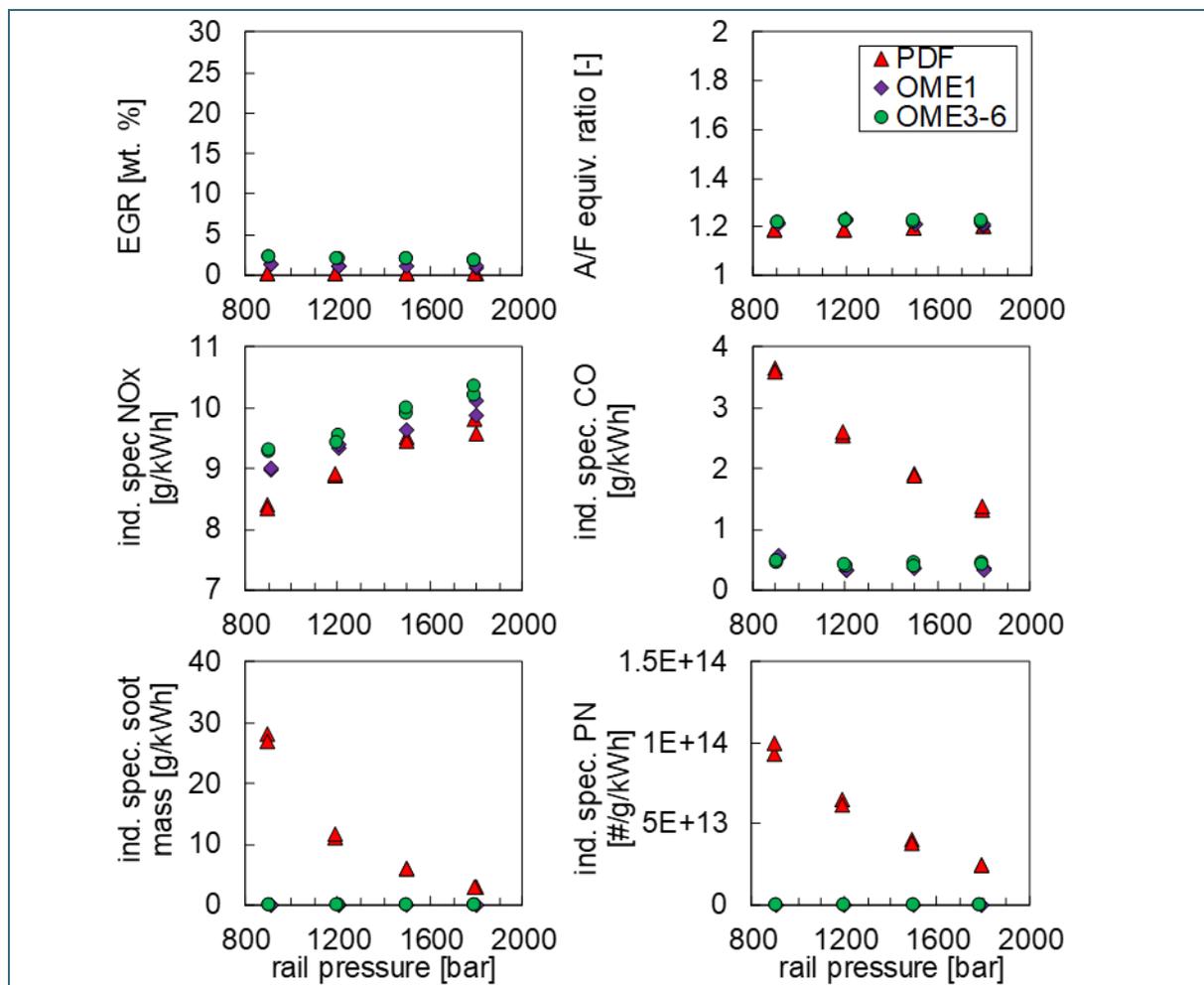


Abb. 6: Ergebnisse einer Variation des Common-Rail Drucks bei 1.200 1/min und 13 bar ind. Mitteldruck.

C1-Kraftstoffe bei Ottomotoren

Vergleichbar mit der dieselmotorischen Verbrennung bringen C1-Kraftstoffe auch für Ottomotoren den Vorteil einer innermotorischen Emissionsreduzierung. Da direkteinspritzende Ottomotoren ebenfalls das Problem der Partikelbildung haben, wirkt auch hier die fehlende C-C Bindung vorteilhaft. Erste Versuche haben das vorhandene Potenzial der Partikelreduzierung bereits deutlich demonstriert, Ab-

bildung 7 [Hä18], [Hä17a]. Hier bietet sich möglicherweise auch ein Blenden von C1-Kraftstoffen mit handelsüblichen Ottokraftstoffen an. Die Wissensbasis ist allerdings auf diesem Gebiet noch nicht so weit fortgeschritten, wie es für OME der Fall ist.

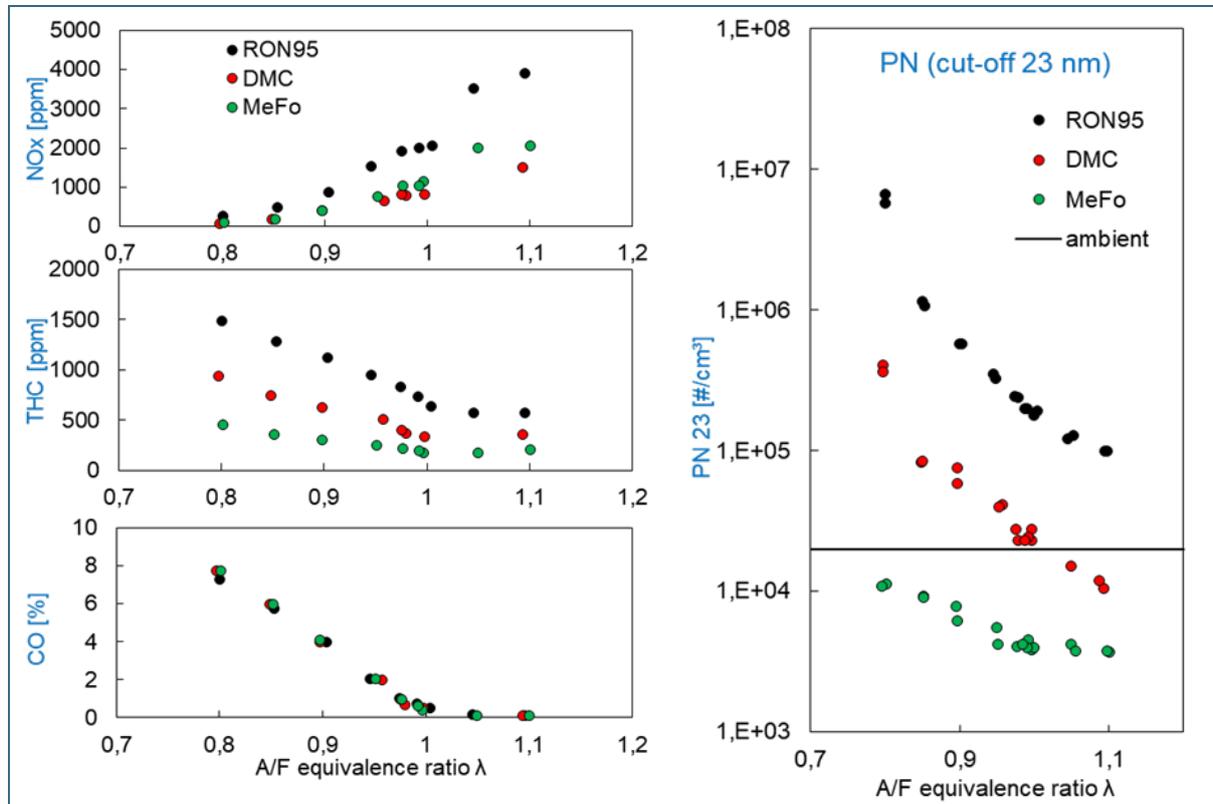


Abb. 7: Erste Resultate von einem PKW-Forschungsmotor, hier die Rohemissionen der C1-Ottokraftstoffe DMC und MeFo bei einer Variation des Luftverhältnisses im Vergleich mit Benzin RON95. Die Emission von NO_x und Kohlenwasserstoffen (THC) geht stark zurück, die Partikelanzahl wird um den Faktor 10 (DMC) bzw. 100 (MeFo) reduziert.

Zusammenfassung

Aufgrund der fehlenden C-C Bindungen und des hohen Sauerstoffgehaltes von C1-Kraftstoffen kommt es bei Verbrennungsmotoren zu einer partikelfreien Verbrennung. Die im Abgas noch vorhandenen Restpartikel können auf verbranntes Schmieröl oder Abrieb zurückgeführt werden. Durch die partikelfreie Verbrennung entfällt der Trade-Off zwischen NO_x- und Partikelentstehung. Damit können Brennvorgänge mit hohen AGR-Raten realisiert werden. Somit werden die Stickoxide auf ein sehr niedriges Niveau reduziert. Auf diese Weise wurden mit OME durch umfangreiche Versuche Rohemissionen nachgewiesen, welche unterhalb der Euro VI Grenzwerte liegen. Dennoch empfiehlt sich die Verwendung eines DOC, um Sekundäremissionen ebenfalls zu vermeiden. Zudem liefert der Kraftstoff OME das Potenzial zur Einsparung, da Partikelfilter und SCR-Katalysator kostengünstiger ausgeführt werden können. Des Weiteren kann auch der Raildruck abgesenkt werden.

Auch für Ottomotoren gibt es bereits erste Versuche, welche positive Effekte der C1 Kraftstoffe DMC und MeFo aufgezeigt haben. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.

Zur Vermeidung lokaler Emissionen sind C1-Kraftstoffe eine sehr tragfähige und nachhaltige Lösung. Hinsichtlich CO₂ Reduzierung sind C1-Kraftstoffe differenzierter zu betrachten. Da diese Kraftstoffe in chemischen Anlagen hergestellt werden müssen, ist auch ein entsprechender Energiebedarf erforderlich. Solange der dafür erforderliche Strom nicht aus regenerativen Quellen stammt, ist auch eine

CO₂-Neutralität nicht gegeben. Hier ist die Situation gleich der der Elektromobilität. Der Vorteil von C1-Kraftstoffen ist die hohe Ähnlichkeit zu den bereits vorhandenen flüssigen Kraftstoffen. Damit lassen sich die synthetischen C1-Kraftstoffen in Regionen der Erde herstellen, in denen regenerativer Strom kostengünstig und einfach verfügbar ist.

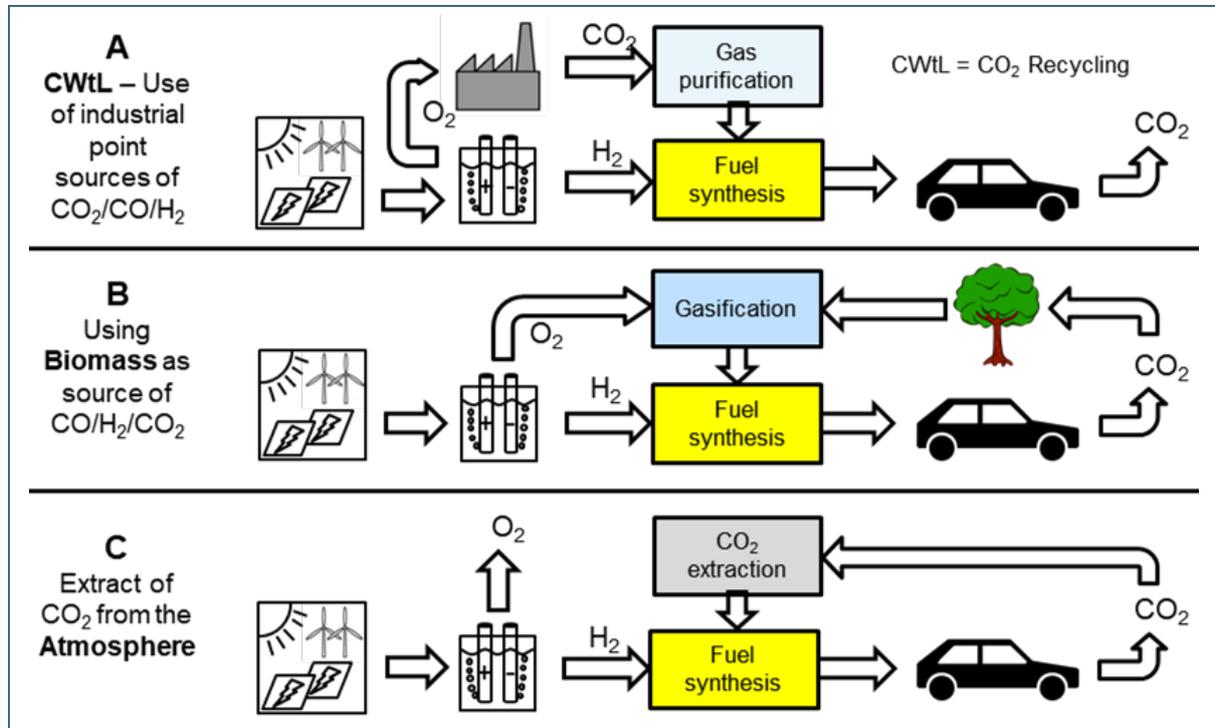


Abb. 8: Entwicklungsoptionen bei der Herstellung synthetischer Kraftstoffe. A: industrielle CO₂-Quellen werden als Rohstoff für das Kohlenstoff-Recycling genutzt. B: Biomasse dient als Kohlenstoffquelle für die Kraftstoffsynthese, der CO₂-Kreislauf ist geschlossen. C: technische Anlagen extrahieren CO₂ aus der Luft. Quelle: Dr. Eberhard Jacob.

Nutzt man CO₂ aus bereits vorhandenen Prozessen wie z. B. der Stahlherstellung, dann kann dieses CO₂ zumindest ein zweites Mal genutzt werden. Wird CO₂ aus Biomasse gewonnen, so entsteht ein geschlossener Kreislauf und eine CO₂ Neutralität ist erreicht. Dies gilt auch für die CO₂-Extraktion aus der Luft, falls dies in Zukunft kostengünstig möglich wird.

Literaturverzeichnis

- [Bu11] Burger, J. et al.: Poly(oxymethylene) dimethyl ethers as components of tailored diesel fuel - properties, synthesis and purification concepts, Minneapolis, MN, 2011 through 2011.
- [Hä15] Härtl, M. et al.: Oxygenate screening on a heavy-duty diesel engine and emission characteristics of highly oxygenated oxymethylene ether fuel. In *Fuel*, 2015, 153; S. 328–335.
- [Hä17a] Härtl, M. et al.: Potenziell CO₂-neutrale Kraftstoffe für saubere Ottomotoren. In *Motortechnische Zeitschrift*, 2017, 78; S. 80–88.
- [Hä17b] Härtl, M. et al.: Oxymethylenether als potenziell CO₂-neutraler Kraftstoff für saubere Dieselmotoren. Teil 1: Motorenuntersuchungen. In *Motortechnische Zeitschrift*, 2017, 78; S. 52–59.
- [Hä18] Härtl, M. et al.: DMC+ als partikelfreier und potenziell nachhaltiger Kraftstoff für DI Ottomotoren. In (Geringer, B.; Lenz, H. P. Hrsg.): 39. Internationales Wiener Motorensymposium 26.-27. April 2018, 2018; S. 202–229.
- [He19] Held, M. et al.: On the energetic efficiency of producing polyoxymethylene dimethyl ethers from CO₂ using electrical energy. In *Energy & Environmental Science*, 2019, 89; S. 3315.
- [Pé17] Pélerin, D. et al.: Recent Results of the Sootless Diesel Fuel Oxymethylene Ether. In (Liebl, J.; Beidl, C. Hrsg.): Internationaler Motorenkongress 2017. Mit Konferenz Nfz-Motorentechnologie. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2017; S. 439–456.
- [Su16] Sun, W. et al.: Speciation and the laminar burning velocities of poly(oxymethylene) dimethyl ether 3 (POMDME3) flames. An experimental and modeling study. In *Proceedings of the Combustion Institute*, 2016.

Wasserstoffmobilität: unser Beitrag zur Luftreinhaltung

Falk Schulte-Wintrop, H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG

Unsere Mission:

Eine flächendeckende **Wasserstoff-Infrastruktur** für Deutschland!

GESELLSCHAFTER UND PARTNER



3

Shareholders



Associated Partners



DREI GRÜNDE FÜR H₂ IN DER MOBILITÄT



4

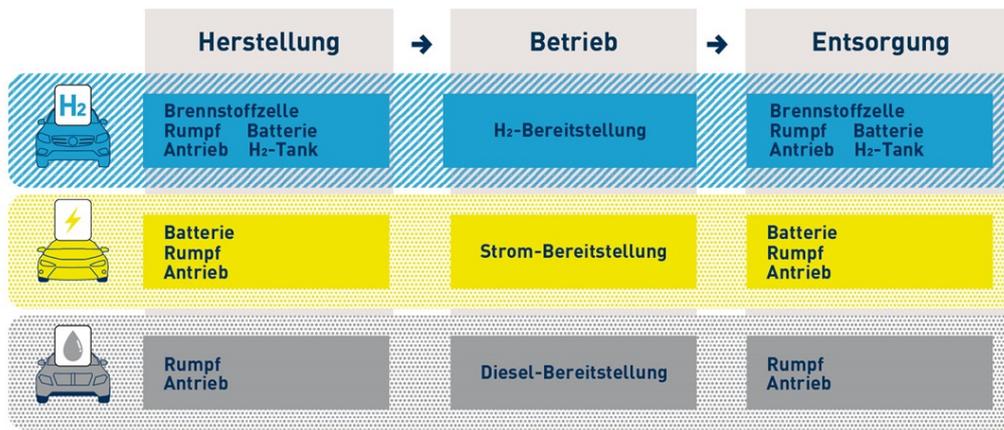
- 1) TGH-Emissionsvorteile im Vergleich zu BEVs und Dieselfahrzeugen
- 2) Beitrag zum Gelingen der Energiewende
- 3) Keine Einbußen im Fahrzeugbetrieb

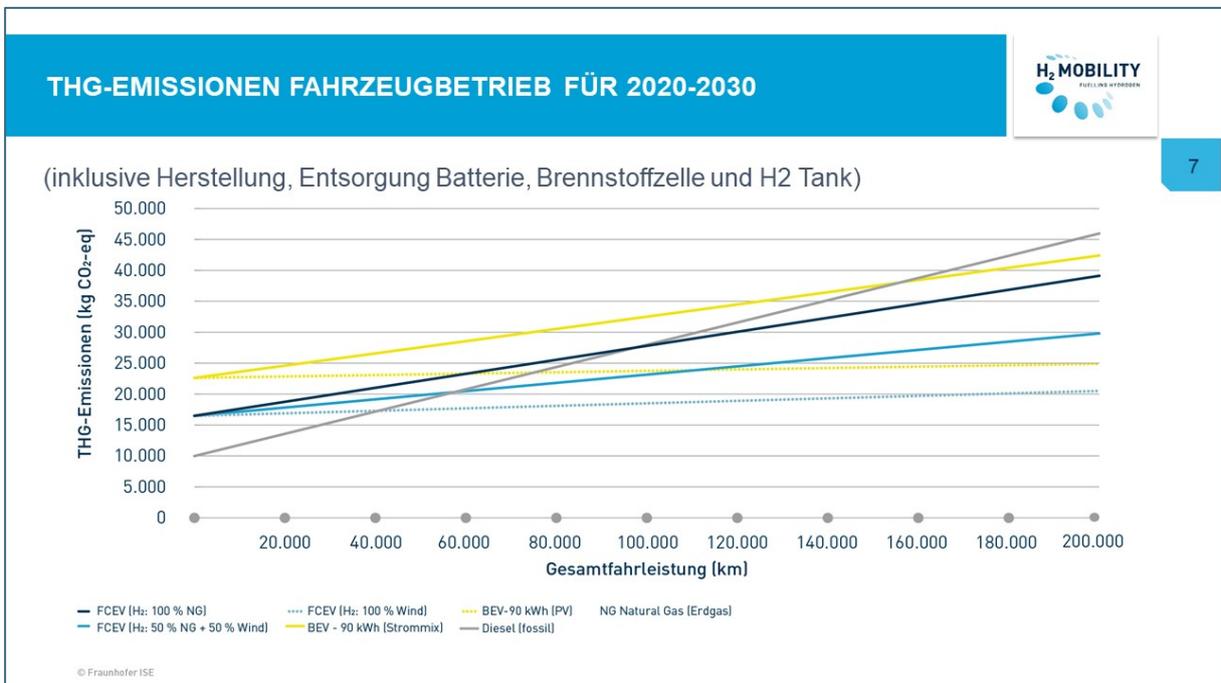
DER BETRACHTETE LEBENSZYKLUS VON BATTERIE- UND BRENNSTOFFZELLENFAHRZEUGEN



5

THG-Emissionen Fahrzeugbetrieb für 2020-2030 und 2030-2040



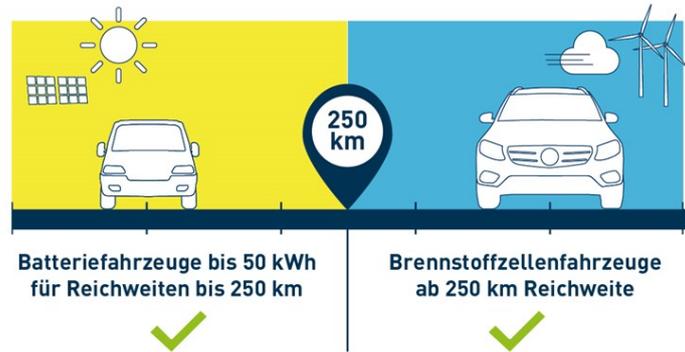


TGH-EMISSIONSVORTEILE VON BATTERIE- UND BRENNSTOFFZELLENFAHRZEUGEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER REICHWEITE



8

(inklusive Herstellung, Entsorgung Batterie, Brennstoffzelle und H2 Tank)



© Fraunhofer ISE

ZUNAHME FLUKTUIERENDER LASTEN MIT AUSBAU ERNEUERBAREN ENERGIEN



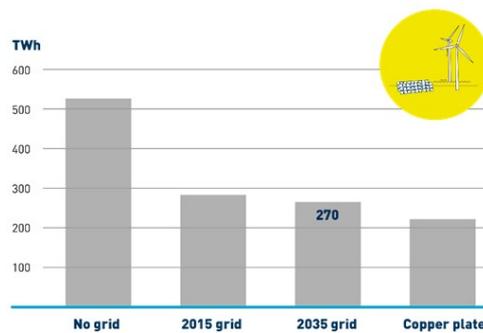
9

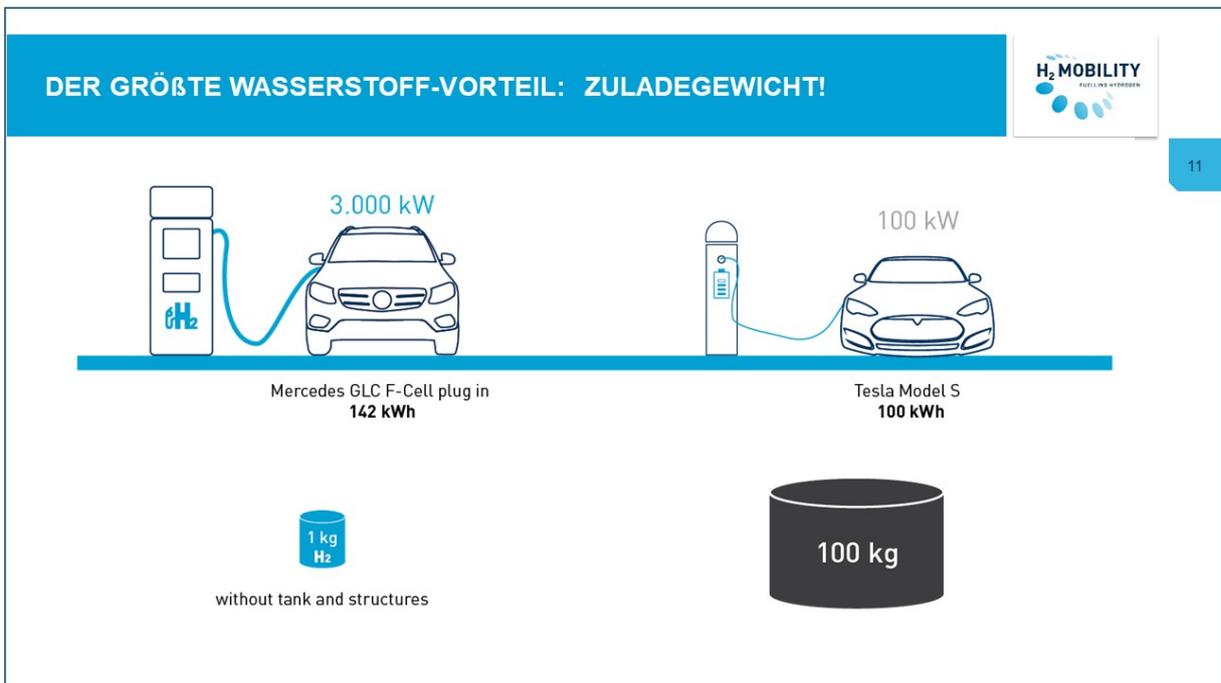
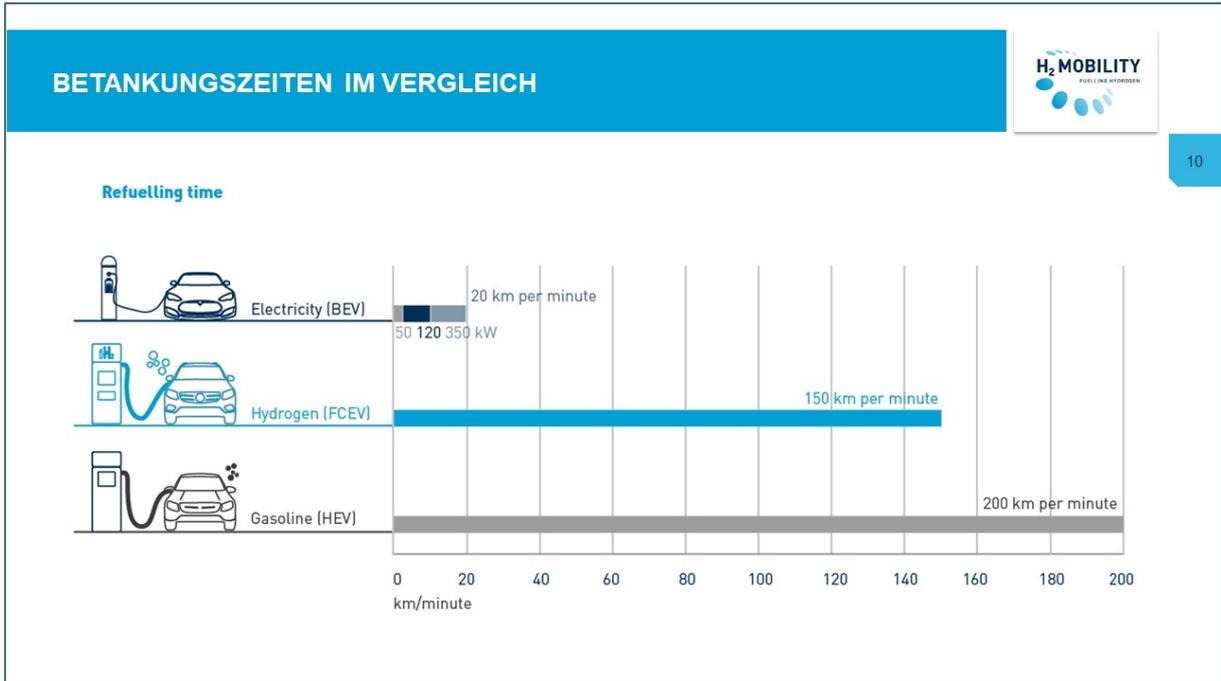
Das Netz kann die Herausforderung nicht lösen!

- Selbst das perfekte Netz kann den Überschuss nur um 50 TWh reduzieren. 220 TWh würden verloren gehen.

Hinweis: mit 90 TWh könnte die Hälfte der deutschen Autoflotte (20 Millionen Fahrzeuge) mit Wasserstoff fahren.

Curtailment of renewable energy





EINSATZVORTEILE DER BEIDEN TECHNOLOGIEN



12



FCEV



BEV

Lokale Emissionen	keine	keine
Zuladegewicht	hoch	gering
Zeit	schnell	länger
Speicher	langzeit	kurzzeit
Produktion	prozessintensiv	ressourcenintensiv

DAS ZIEL IST EINE FLÄCHENDECKENDE INFRASTRUKTUR



13

10

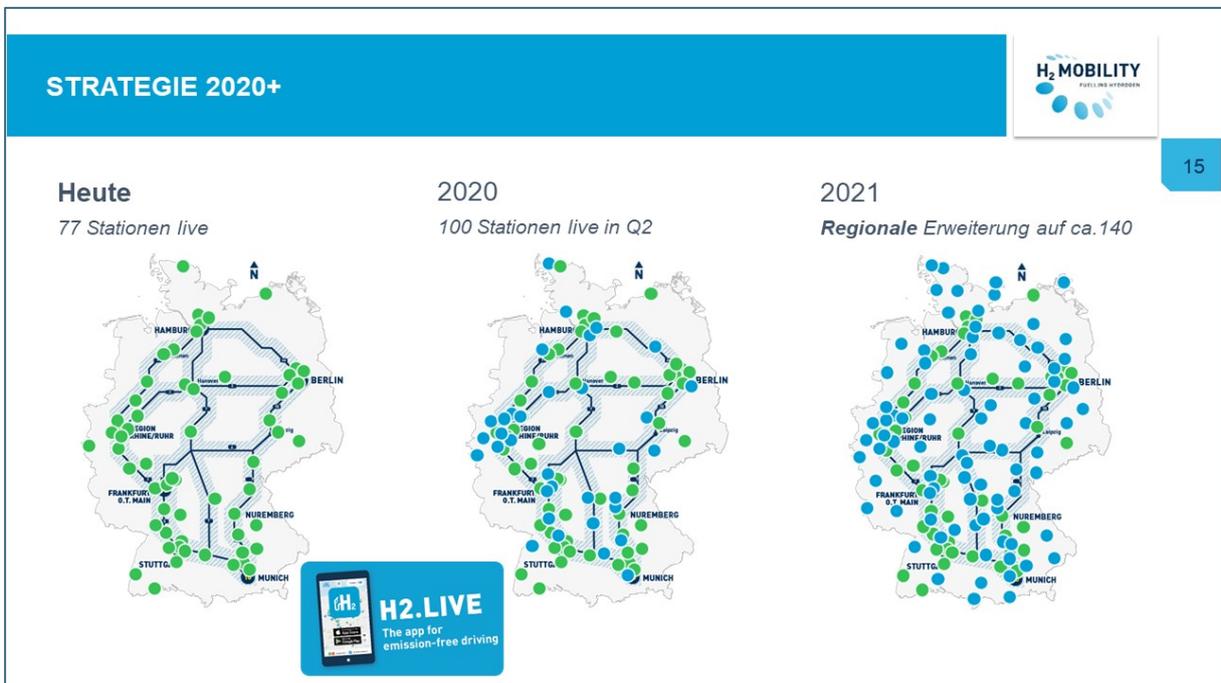
Focus auf 7 Regionen und 9 Autobahnen

- Identifizierte Potenzialgebiete, Rückgrat des flächendeckenden Netzwerks

Nachfrage-basierte Priorisierung

- Deutschlandweiter Standortaufruf
- Der Standort mit dem höchsten "Gebot" an Nachfrage (Autos, ...) bekommt zuerst eine Station





WEN HABEN WIR MIT 100 STANDORTEN ERREICHT?

H₂ MOBILITY
FÜLLUNG HYDROGEN

16

Auswertung des Reiner-Lemoine-Instituts

Vorgaben:

- Eine HRS befindet sich im Abstand von **5 km** zum Wohnungsort
- **90 %** der Langstreckenfahrten von bis zu **400 km** sind möglich
- Ein Routenumweg von **5 km** wird akzeptiert

→ **100 H2-Tankstellenstandorte** ermöglichen dem Mobilitätsverhalten von **6,27 Millionen** privaten Nutzern* einen Umstieg auf ein Brennstoffzellenfahrzeug

*ausgehend von der gesamten Bevölkerung



WEN WÜRDEN WIR MIT 140 STANDORTEN ERREICHEN?

H₂ MOBILITY
FÜLLUNG HYDROGEN

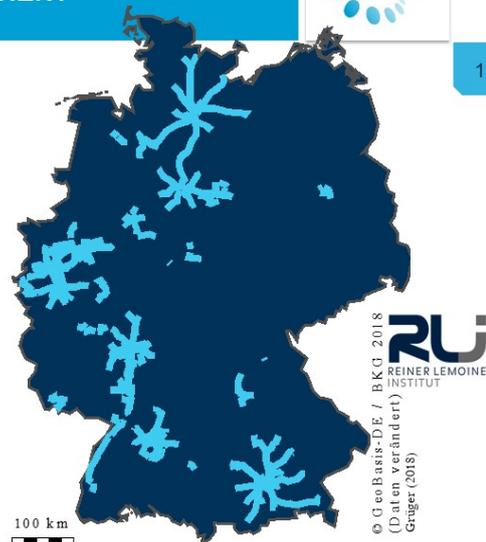
17

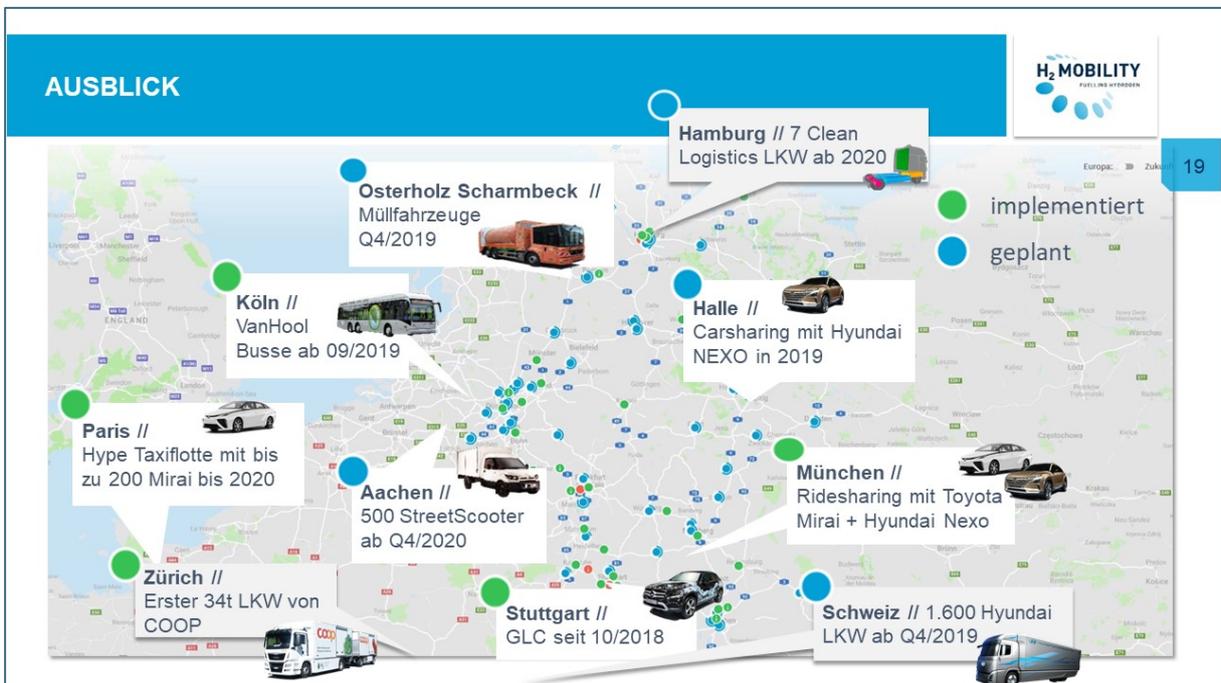
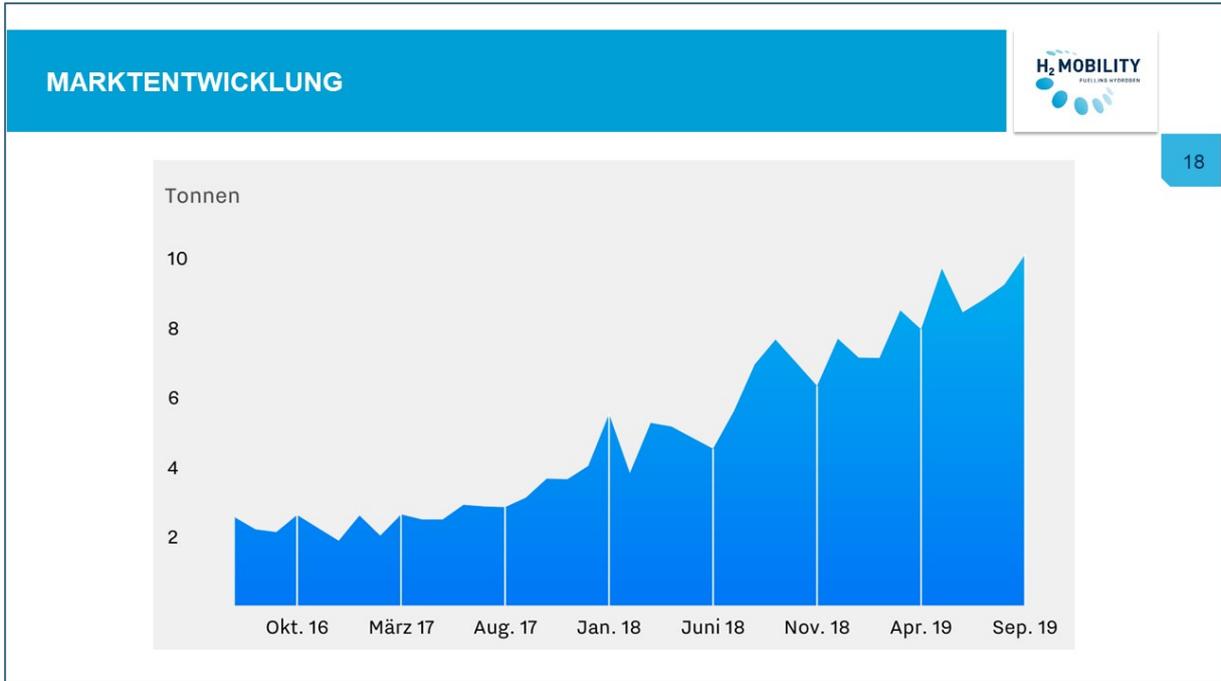
Auswertung des Reiner-Lemoine-Instituts

→ **140 H2-Tankstellenstandorte** ermöglichen dem Mobilitätsverhalten von **10,3 Millionen** privaten Nutzern* einen Umstieg auf ein Brennstoffzellenfahrzeug

→ **40 weitere** H2-Tankstellenstandorte erreichen **zusätzlich 4 Millionen** Menschen*

*ausgehend von der gesamten Bevölkerung





Digitalisierung des Verkehrs – Chancen und Risiken für Umwelt- und Klimaschutz

Axel Dörrie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Gliederung

- Digitalisierung – ein Thema (auch) für die Umweltpolitik
- Chancen und Risiken der Digitalisierung im Verkehr
- Aktivitäten von BMU/UBA
- Beispiele „über den Tellerrand“ hinaus
- Fazit/Zusammenfassung



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

DIGITALISIERUNG – EIN THEMA (AUCH) FÜR DIE UMWELTPOLITIK



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

- Die Digitalisierung ist einer der großen Trends unserer Zeit.
- Das Problem: Nicht überall wo smart draufsteht, stecken auch kluge Lösungen für die Umwelt drin.
- Aber: Wir drehen das Rad der Geschichte auch nicht zurück.
- Daher: Herausforderung die Entwicklungen in Einklang zu bringen, sie zusammen zu denken und das eine für das andere zu nutzen.



© BMU/photothek/Thomas Trutschel

Bundesumweltministerin Svenja Schulze:

"Wenn wir die Digitalisierung unverändert fortsetzen, wird sie zum **Brandbeschleuniger** für die ökologischen und sozialen Krisen unseres Planeten. [...]
Digitalisierung braucht Regeln, dann kann sie zum Chancentreiber von Wohlstand, Gerechtigkeit und Umwelt werden. [...]"

Digitale Agenda des BMU

Ziel:

- Soziale und ökologische Leitplanken formulieren
- „Digitalisierung eine Richtung geben“

Inhalt:

- Zehn Thesen zur Vision einer zukunftsfähigen Digitalisierung

Arbeitsstand:

- Eckpunkte vorgestellt auf der re:publica 2019
- Grundlage für EU-Ratspräsidentschaft 2020





Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Förderinitiative KI-Leuchttürme

Ziel:

- Deutschland und Europa zu einem führenden Standort für KI-Technologien machen (Nationale „Strategie Künstliche Intelligenz“ der BReg)

BMU-Anteil:

- Förderung beispielgebender Projekte in der Entwicklung und der Erprobung des Einsatzes von KI-basierten Innovationen, um aktuelle ökologische Herausforderungen zu bewältigen.

Umsetzung:

- Haushalt 2019: 27 Mio. Euro



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Weitere Aktivitäten

- *„Digital Innovation Hub“ for the Climate:* Vernetzung von Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie Unterstützung von Start-ups
- *bundesweite Umweltdatencloud:* One-Stop-Shop des offenen Zugangs zu Umweltdaten
- *Energiesparprogramm Green-IT:* Seit 2009 Senkung des Energieverbrauchs um 60%
- *Umweltzeichen Blauer Engel:* Auszeichnung der Effizienz von Rechenzentren (vorhanden) und ressourceneffizienter Software (geplant)



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

CHANCEN UND RISIKEN DER DIGITALISIERUNG IM VERKEHR



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Wesentliche Handlungs- und Wirkungsfelder

direkt

- (multimodale) Multimodalitätsplattformen
- Automatisiertes und vernetztes Fahren
- Neue Mobilitätsangebote
- Intelligente Verkehrsinfrastrukturen

indirekt

- Veränderungen in der Arbeitswelt (mehr mobiles Arbeiten, mehr Videokonferenzen)
- Konsumveränderungen (Online-Handel)



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Chancen und Risiken für den Umweltschutz

Chancen:

- weniger Emissionen (Luft, Lärm) und weniger Flächenverbrauch durch weniger (motorierten) Verkehr (bei gleicher oder sogar mehr Mobilität)
- größere Effizienz
- geringerer Transportbedarf

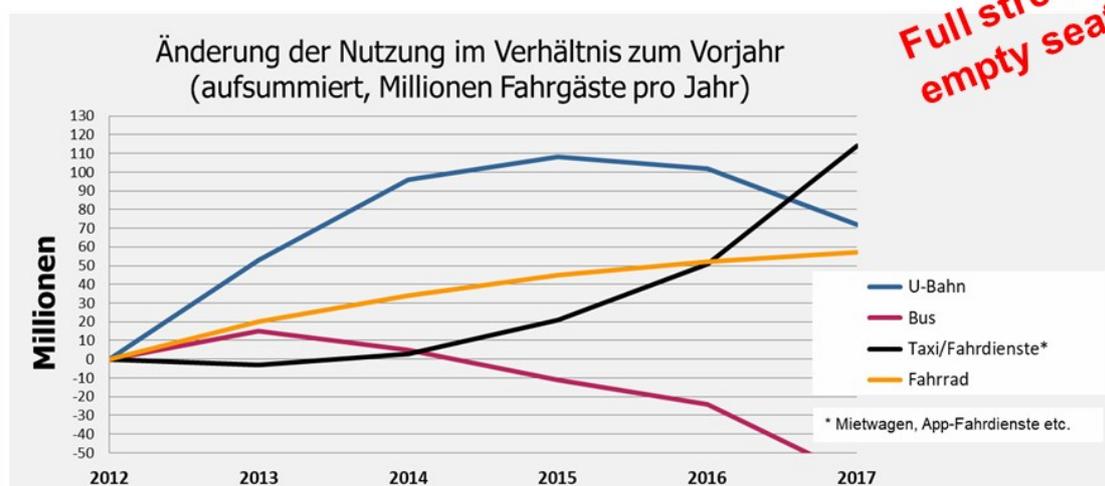
Risiken:

- mehr statt weniger Verkehr (Reboundeffekte)
- raum- und siedlungsstrukturelle Folgen
- private Unternehmen übernehmen kommunale Rolle (Daseinsvorsorge); Stadt-Land-Gefälle



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Beispiel Ridepooling



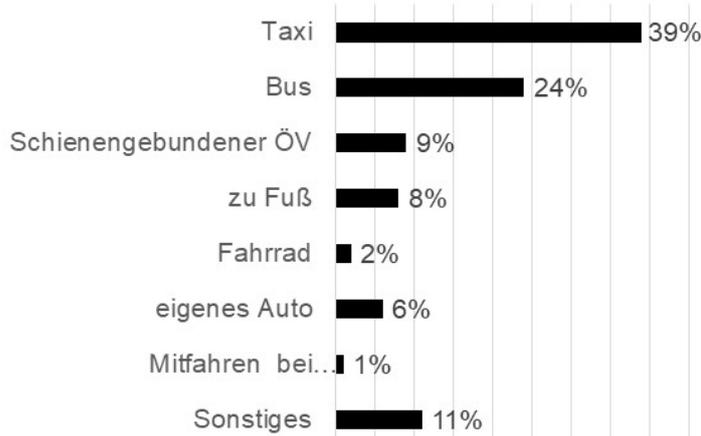
Quelle: basierend auf Schaller, Making Congestion Pricing Work for Traffic and Transit in New York City, Schaller Consulting, 2018, Appendix, S. 17



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Beispiel Ridepooling

Wie hätten Sie diese Fahrt gemacht, wenn es Uber/Lift/Sidecar nicht gegeben hätte? (N=302)



8% der Befragten gaben an, dass sie gar nicht gefahren wären => 8% induzierter Verkehr!

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten aus Shaheen, Chan & Rayle (2017)
<http://www.accessmagazine.org/spring-2017/ridesourcings-impact-and-role-in-urban-transportation/>



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Beispiel Ridepooling

Bisherige Erkenntnisse:

- Gemeinschaftliches Nutzen von Fahrzeugen (z.B. PKW Fahrgemeinschaften = carpooling, vanpooling) hat umweltentlastende Effekte
- Folgen nicht-regulierten Einsatzes digitaler Taxi-ähnlicher Angebote (ridehailing, ridesourcing):

Fahrzeugkilometer
Energieverbrauch
Emissionen
Stau



&

Modal split
ÖPNV





Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

AKTIVITÄTEN VON BMU/UBA



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Forschungsprojekte

1. Digitalisierung im Verkehr - Chancen und Potenziale für Umwelt und Klima
 - Modellierung Effekte autonomen und vernetzten Fahrens
 - Online-Handel Auswirkungen (u.a. Befragung)
2. Digitalisierung im Verkehr - Vorschläge für Regelungskonzepte und Rahmenbedingungen zur Realisierung einer nachhaltigen Mobilität
 - konkrete Vorschläge für einen ökologisch orientierten regulativen Rahmen zur Digitalisierung im Verkehr
 - Beachtung unterschiedlicher Akteursebenen
3. RechtSinnMobil
 - u.a. Vorschlag zu umweltorientiertem PBefG



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

F+E-Förderung

HEAT (Hamburg)/STIMULATE (Berlin)

- Entwicklung bzw. Einsatz von vollautomatisierten bzw. autonom fahrenden elektrischen Kleinbussen im Öffentlichen Personennahverkehr...
- ... im öffentlichen Stadtraum (Hamburg)
- ... zur Erschließung größerer Betriebsgelände (Berlin)

City2Share (v.a. München)

- Nachhaltigere und zukunftsfähigere Gestaltung des Individual- und Lieferverkehrs in Innenstadtrandbereichen durch Digitalisierung und neue Mobilitätsangebote
- Bausteine u.a.: autonome Fahrzeugkonzepte im Car-Sharing, Verknüpfung von Verkehrsangeboten



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Weitere Aktivitäten

- Stakeholder-Dialog und Workshop (u.a. in Vorbereitung der BMU-Digitalagenda)
- KI-Förderprojekte, z.B.
 - Projekt zur KI-basierten Auswahl und auslastungs-gesteuerten Bepreisung von Verkehrsmitteln im Rahmen einer multimodalen Mobilitätsplattform
- Forschungsprojekt zur Vorbereitung EU-Ratspräsidentschaft 2020
- Kurzstudie zu „Mobility as a Service“-Angeboten



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

BEISPIELE „ÜBER DEN TELLERRAND“ HINAUS



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

FRL Digitalisierung kommunaler Verkehrs- systeme (BMVI)

- Themenbereiche v.a. „Verkehrsplanung/-management“ (30%), „Daten“ sowie „Automation, Kooperation und Vernetzung“ (jeweils 21%)
- Projektbeispiele:
 - Intermodales Routing unter Einbindung von Ridepooling-Angeboten in Leipzig
 - Erneuerung dynamisches Parkleitsystem Koblenz
 - Radverkehrsbeschleunigung durch Optimierungen der LSA-Steuerungen in Reutlingen
 - V2X-Datenerfassung zur Verkehrsflussoptimierung im Hamburger Hafen



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Green-City-Masterpläne (BMVI)

Erkenntnisse

„Ein Schwerpunkt ist die Erfassung und Vernetzung von **Verkehrs- und Umweltdaten** und deren Nutzung in der Verkehrssteuerung“

„Viele Kommunen planen Maßnahmen im Bereich des **automatisierten und vernetzten Fahrens**“

„Die **Bereitstellung von Daten** (z.B. über den MDM oder mCloud) wird kaum thematisiert“

Best Practices Themenschwerpunkt

Hamburg	Detailliertes und innovatives Gesamtkonzept zur Digitalisierung
Stuttgart	Umweltsensitive Verkehrssteuerung inkl. übergreifender Datenbereitstellung (MDM, mCloud)
Wiesbaden	Integriertes und modulares Digitalisierungskonzept für Verkehrssteuerung

Innovative Einzelmaßnahmen

Parkplatz-App mit Gamification-Elementen
(z.B. in Oldenburg)

IoT-Management im Hafen mit vielfältigen Anwendungen (Hamburg)

Digitales Baustellenmanagement
(z.B. in Köln)

Spektrum der Maßnahmen

- **Umweltsensitive Verkehrssteuerung**
- **Intermodale Mobilitätsplattformen** (insbesondere Apps)
- Pilotprojekte zum **autonomen Fahren**
- **Intelligente Systeme** zur Reduktion von **Parksuchverkehr** (z.B. bei großen Veranstaltungen)
- **Parkraum-Monitoring-systeme** zur optimalen Auslastung
- **Intelligente Müllentsorgung** (Müllbehältersensorik)
- **Digitale Baustellenüberwachung**
- **Plattformbasierte Buchungssysteme** für Fuhrparks



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

FAZIT/ZUSAMMENFASSUNG



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

- „Umwelt in die Algorithmen“: Damit digitale Schlüsseltechnologien ihre Potentiale für die Umwelt voll entfalten können, müssen wir Ihnen Ziel und Richtung geben.
- Digitalisierung bietet große Chancen auch für einen umweltfreundlicheren Verkehr.
- Die Potenziale realisieren sich aber nicht ohne weiteres – es braucht dafür die richtigen Leitplanken.
- Es ist eine Aufgabe für den Bund (nationaler Rahmen) aber vor allem auch für die Kommunen, v.a. in der Verkehrsplanung!



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!**

Axel Dörrie
Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit
Referat IG I 5 „Umwelt und Verkehr, Elektromobilität“
Stresemannstraße 128-130, 10117 Berlin
030/18305-2338
axel.doerrie@bmu.bund.de

Neuerungen in HBEFA 4.1

Dr. Benedikt Notter, INFRAS Forschung und Beratung

Agenda

1. Überblick HBEFA
2. Neuerungen in Version 4.1

HBEFA (Handbuch Emissionsfaktoren für den Strassenverkehr)

- Ist eine Datenbank bzw. ein Abfragetool für **Emissionsfaktoren im Realbetrieb**
- Deckt die **Fahrzeugkategorien des Strassenverkehrs** ab (PW, LNF, SNF, Reise- und Linienbusse, MR)
- Liefert Emissionsfaktoren für regulierte und unregulierte **Luftschadstoffe**, sowie **Verbrauch** (in g und MJ) und **CO₂**
- Liefert **differenzierte** (ungewichtete, nach Schicht und Verkehrssituation) und **aggregierte** Faktoren (z.B. nach EURO-Stufen, AB/io/ao)
- Liefert Faktoren für eine breite Palette von **Verkehrssituationen** (z.B. AB 120 km/h gesättigter Verkehr, Stop+Go, etc.)
- Liefert Daten nach einer **harmonisierten Methode**
- Wird **regelmässig** aktualisiert

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

Geschichte von HBEFA

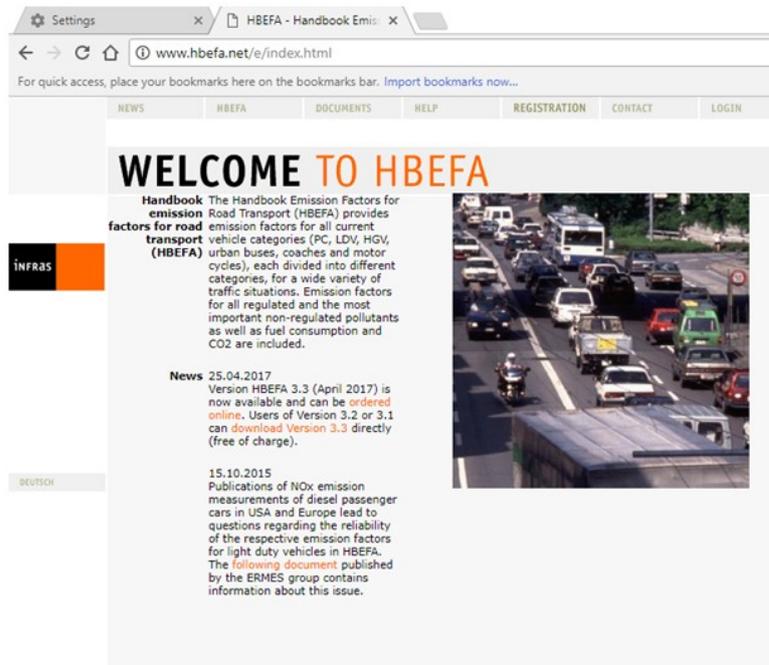


- Erste Version in den 1990er Jahren, danach regelmässige Aktualisierungen
- Sechs Europäische Länder beteiligen sich an HBEFA:
 - Deutschland, Österreich und die Schweiz (seit 1995)
 - Schweden und Norwegen (seit 2010)
 - Frankreich (seit 2014)
- Aussereuropäische Anwendungen (Projekte der GIZ):
 - China
 - Kenya

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

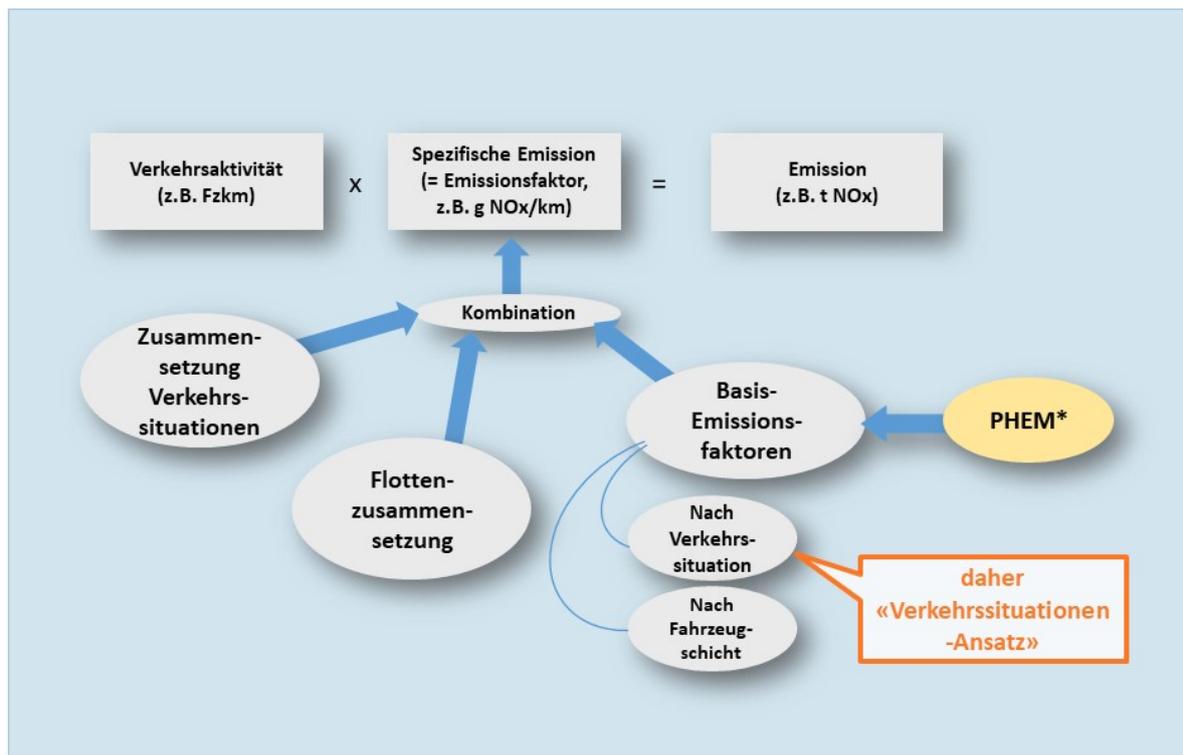
www.hbefa.net

- Dokumentation, Berichte
- News
- Hinweise zu häufig gestellten Fragen (HBEFA > OPERATIONAL)
- Registrierung/Bestellung
- Online Version



INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

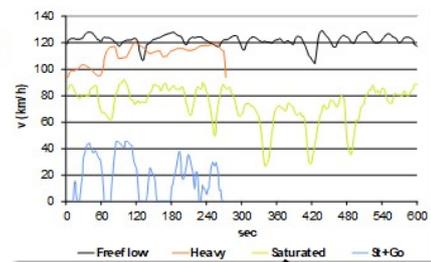
Inhaltliche Übersicht HBEFA



INFRAS

* PHEM: Passenger Car and Heavy Duty Emission model (TU Graz)

EF für den Realbetrieb – der Verkehrssituationen-Ansatz



Gebiet	Straßentyp	Verkehrszustand	Tempo-Limit (km/h)														
			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130			
ländlich	Autobahn	S VZustände															
	Semi-Autobahn	S VZustände															
	Ferr.-Bundesstrasse	S VZustände															
	Hauptverkehrsstrasse	S VZustände															
	Hauptverkehrsstrasse, kurvig	S VZustände															
	Sammelstrasse	S VZustände															
geprägt	Sammelstrasse, kurvig	S VZustände															
	Erreichungsstrasse	S VZustände															
	Autobahn	S VZustände															
	Stadt-Autobahn	S VZustände															
	Ferr.-Bundesstrasse	S VZustände															
	Stadt-, Marktstr. / Ringstr.	S VZustände															
Agglomeration	Hauptverkehrsstrasse	S VZustände															
	Sammelstrasse	S VZustände															
	Erreichungsstrasse	S VZustände															
	Erreichungsstrasse	S VZustände															



- HBEFA enthält EF nach Verkehrssituationen, denen typische, reale Fahrmuster hinterlegt sind
- 365 Verkehrssituationen in HBEFA 4.1 (ca. 270 in HBEFA 3.x)

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

Wichtigste inhaltliche Neuerungen HBEFA 4.1

- **Alternative Antriebe**, speziell E-Fahrzeuge (BEVs, PHEVs), aber auch Gas (CNG)
 - daraus folgernd Notwendigkeit der Berücksichtigung der Vorketten-Emissionen (sonst schneidet E-Mobilität zu gut ab)
- Verbesserte **NOx-Emissionsfaktoren** (verstärkt im Fokus aufgrund Dieselgate): Berücksichtigung "Vorgeschichte" bei Eintritt in eine Verkehrssituation, NH3-Speicherung im SCR-Kat, Software-Updates
- Verbesserte **Messdatenbasis**: Fülle an Messdaten u.a. dank PEMS und Remote Sensing
- Überarbeitete **Fahrzyklen** für alle Verkehrssituationen

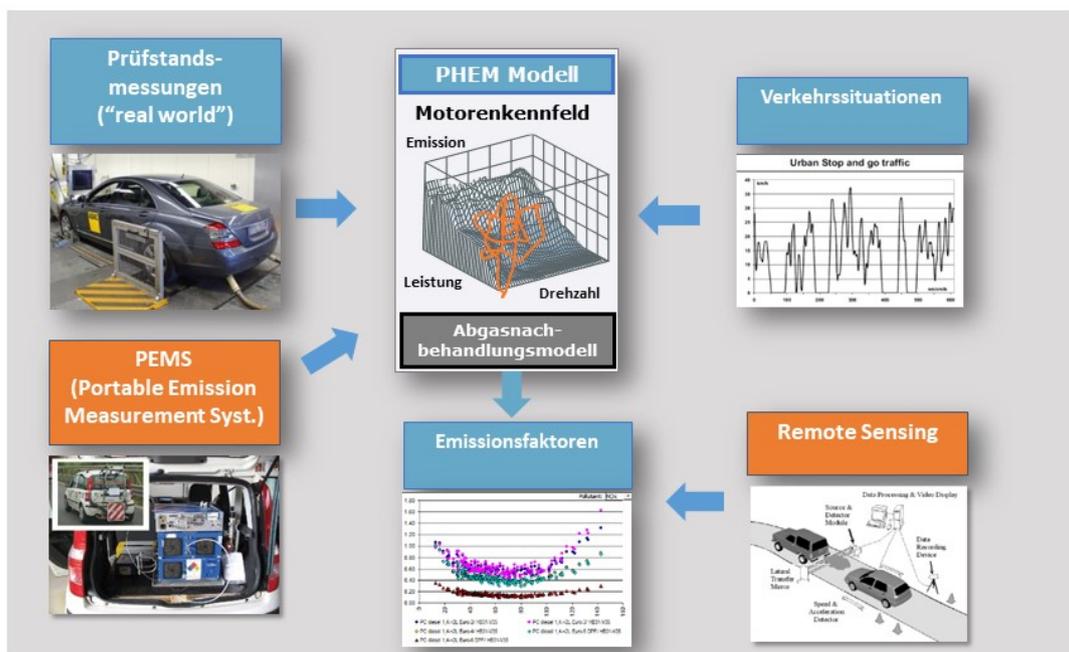
→ Herausforderung: Berücksichtigung zusätzlicher Effekte bei gleichzeitigem Anspruch, Komplexität für Benutzer nicht zu stark zu erhöhen

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

Alternative Antriebe in HBEFA 4.1

FzKat	Technologie	Messdatenbasis
PKW, Lieferwagen	BEV (batterieelektrisch)	gemessen
	Gas/Benzin	gemessen
	PHEV (Plug-in Hybrid) Benzin	gemessen
	PHEV (Plug-in Hybrid) Diesel	gemessen
	FFV (Flex-fuel mit E85)	hergeleitet v. Benzin
	LPG/Benzin	hergeleitet v. Benzin
	Brennstoffzelle	hergeleitet v. BEV
Reisebus	BEV (batterieelektrisch)	gemessen
	Gas	gemessen
	Brennstoffzelle	hergeleitet v. BEV
Linienbus	BEV (batterieelektrisch)	gemessen
	Hybrid	gemessen
	Gas (CNG/LNG)	gemessen
	Ethanol	hergeleitet v. Diesel
	Brennstoffzelle	hergeleitet v. BEV
Motorrad	Motorrad BEV (batterieelektrisch)	gemessen
	eScooter	gemessen
LKW	BEV (batterieelektrisch)	gemessen
	Gas (CNG/LNG)	gemessen
	PHEV (Plug-in Hybrid) Diesel	synthetisch modelliert
	Brennstoffzelle	hergeleitet v. BEV

Aktuelle Messmethoden und Datenquellen



INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

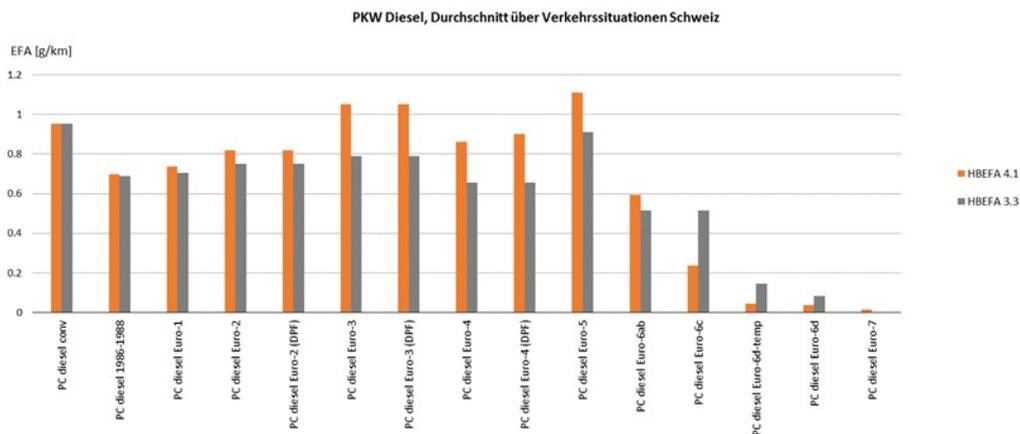
HBEFA 4.1: Überarbeitete Fahrzyklen

- Sämtliche Fahrzyklen überarbeitet aufgrund neuer GPS-Daten (u.a. gesammelt durch INFRAS/BAFU mittels Taxis in Bern)
- Neue Zyklen zeichnen sich in der Tendenz durch eine tiefere Durchschnittsgeschwindigkeit, aber höhere RPA (relative positive acceleration, also Fahrdynamik) aus
→ führen in der Tendenz zu höherem Verbrauch und Emissionen

VehCat	Ratio_duration	Ratio_v_ave	Ratio_RPA	Ratio_p_stop
PC	130%	96%	105%	101%
LCV	133%	96%	104%	100%
Coach	109%	96%	117%	109%
UBus	98%	100%	111%	91%
MC	122%	95%	109%	153%
HGV	101%	96%	118%	102%

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

HBEFA 4.1: Verbesserte NOx-Emissionsfaktoren

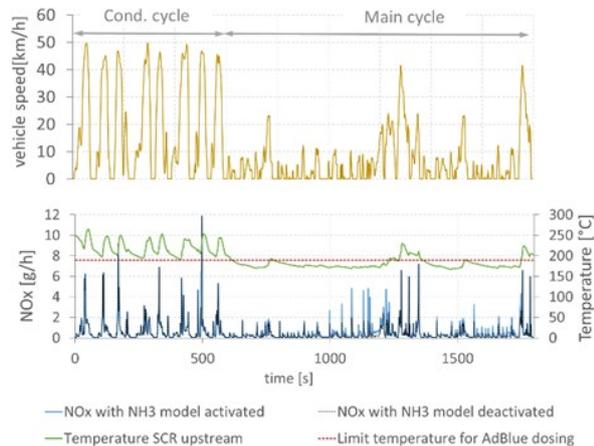


- Breitere Messdatenbasis, v.a. für neuere Emissionsstandards
 - Verbesserte Nachbildung des SCR-Katalysators in PHEM
 - Berücksichtigung Einfluss «Vorgeschichte» auf SCR-Temperatur mittels «Conditioning cycles»
- PKW D: Höhere NOx-EFA als HB33 bis Euro 6ab, niedrigere ab Euro-6c

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

„Vorgeschichte“: Conditioning cycles

- «Vorgeschichte» beeinflusst Zustand des SCR-Katalysators beim Eintritt in eine Verkehrssituation und damit Höhe der Nox-Emissionen.
- Modellierung von individuellen Trips wäre viel zu datenintensiv
- Daher berücksichtigt via «Conditioning cycles», d.h. mittels statistischer Analyse von GPS-Daten determinierte typische Vor-Zyklen für jede Verkehrssituation

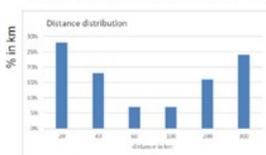


INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

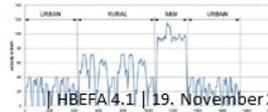
„Vorgeschichte“: E-Driving-Anteil bei PHEV's

- Fahranteil mit Elektrizität bei Plugin-Hybriden: Gleiches Grundproblem, ist abhängig von Vorgeschichte in einzelnen Trips.
- TU Graz hat «micro-trips» zu typischen Trips in versch. Distanzbändern kombiniert und daraus eine Beziehung zwischen Durchschnittsgeschwindigkeit und El. driving share hergeleitet
- Diese wird im HBEFA auf Ebene Strassenkategorie (AB/io/ao) berücksichtigt

“Variable electrical driving share” elaborated by TUG



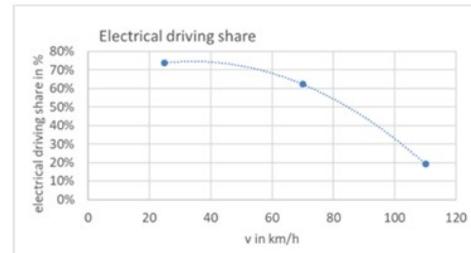
Combine „micro trips“ for each distance class (start and end in urban area), e.g.:



velocity in km/h	SOC 20	SOC 40	SOC 60	SOC 80
0-30	51%	53%	47%	43%
30-40	96%	92%	72%	52%
40-50	96%	91%	60%	43%
50-60	97%	95%	92%	90%
60-70	6%	5%	8%	13%
70-80	88%	87%	62%	39%
80-90	88%	87%	80%	78%
90-100	87%	87%	89%	60%
>100	28%	23%	24%	25%
	25%	25%	24%	25%
	23%	25%	25%	22%
	26%	26%	25%	26%

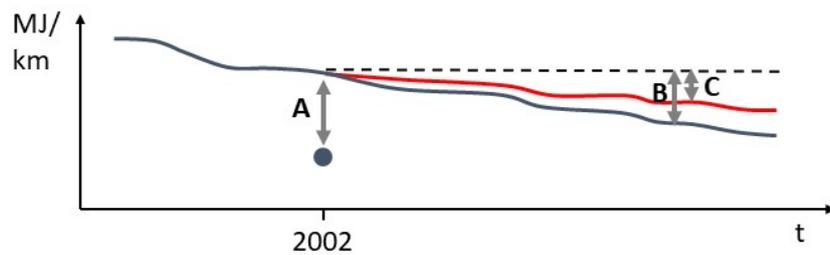
Share in electric driving for each combination of trip length and start SOC

Simulate trips with PHEV model in PHEM for different SOC levels at trip start (not always 100% charged battery at start) Useful SOC assumed to be 20% to 80%



Energieverbrauch PKW bis HBEFA 3.3

- Kraftstoffverbrauch modelliert in PHEM für 2 Referenzfahrzeuge (B/D) aus dem Jahr 2002
- Verbrauch wurde dann auf verschiedene Länder und Jahre skaliert mittels folgender Parameter:



- **A** = „Base correction“ → Niveauekorrektur, berücksichtigt unterschiedliche nationale Größenverteilungen im 2002
- **B** = Jährliche Reduktionsrate, basierend auf CO₂-Monitoring
- **C** = B * „Use factor“ = „realer“ Anteil der Reduktionsrate

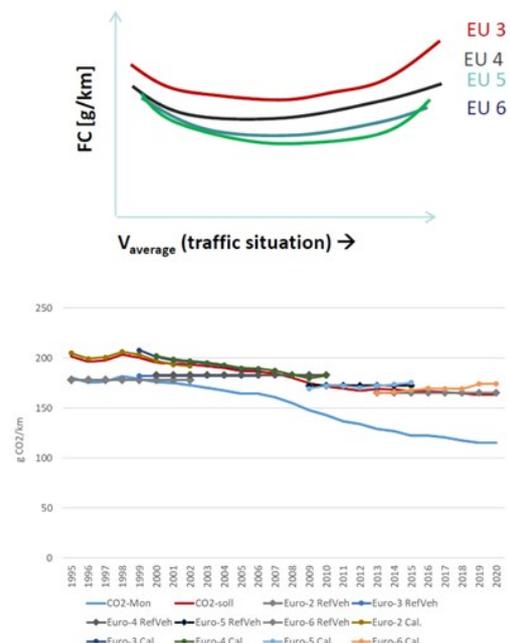
INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

Energieverbrauch in HBEFA 4.1

- Referenzfahrzeuge für alle Technologien (B, D, CNG, PHEV,...) und Emissionsstandards
- Länderspezifische Kalibration basierend auf:

- CO₂-Monitoring
- Realverbrauchszuschlag basierend auf Tank-Logs (e.g. Spritmonitor)

→ Sollwerte pro Jahr, auf die der nach Eurostufen-Anteil der Neuregistrierungen und Fahrleistungsanteil der Verkehrssituationen gewichtete Mittelwert kalibriert wird



Sources: TUG, INFRAS 2018

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter

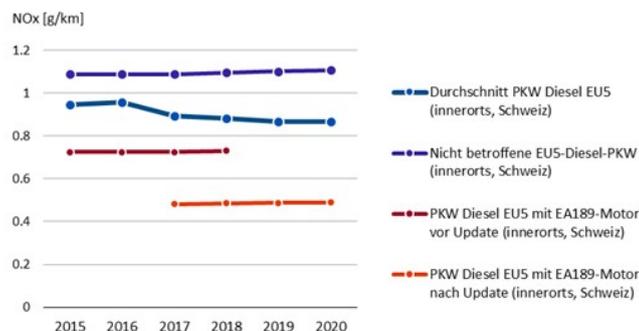
HBEFA 4.1: WTT-CO₂e-Emissionen

- Elektrizität als Treibstoff verursacht keine direkten Emissionen; abhängig vom Strommix entstehen aber relevante indirekte Emissionen
- Daher WTT (Well-to-tank)-Emissionsfaktoren für CO₂-Äquivalente neu im HBEFA 4.1 abrufbar
- Basierend auf durchschnittl. EU- oder nationalem Strommix



HBEFA 4.1: Software-Updates von Diesel-PW

- HBEFA 4.1 enthält EF für die Software-Updates der vom Dieselgate-Skandal betroffenen Euro-5-Diesel-PW der VW-Gruppe mit dem EA189-Motor, welche vom ausgehandelten Pflicht-Update betroffen sind
- Weitere Software-Update-Aktionen (freiwillige und/oder Pflichtrückrufe) werden in die nächste HBEFA-Version 4.2 aufgenommen (derzeit noch keine Messwerte verfügbar)



HBEFA 4.1 – weitere Neuerungen

- PKW- und Motorrad-Segmente vereinfacht
- Überarbeitete Alterungsfunktionen für Katalysatoren, u.a. auf Basis der CONOx-Datenbank (Remote Sensing-Messungen aus versch. europäischen Ländern)
- Neue Funktionen für die Aussentemperaturabhängigkeit der NOx-Emissionen (ebenfalls u.a. auf Basis CONOx)
→ neu auch für Lieferwagen
- Überarbeitete Kaltstart-, Verdunstungs-Emissionsfaktoren
- Überarbeitete EF der nicht-regulierten Schadstoffe
→ PM-nonexhaust und Black Carbon neu in öffentlichem HBEFA verfügbar
- Neue Verkehrssituationen:
 - LOS 5 (“Heavy stop+go”)
 - Tempolimiten 30 und 40 auf HVS

INFRAS | HBEFA 4.1 | 19. November 2019 | B. Notter



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Dr. Benedikt Notter

Senior Projektleiter

INFRAS

Sennweg 2

CH-3012 Bern

Switzerland

Tel +41 31 370 19 14

benedikt.notter@infras.ch



Überprüfung von Softwareupdates

Nils Hennig, Krafftahrt-Bundesamt

Marktüberwachung

- **Sachgebiet „Feldüberwachung“ der Abteilung Marktüberwachung**
 - Sachgebiet besteht seit 01.01.2017
 - Liegenschaft „HAL“ (**H**arrisleeer **A**bgas**L**abor) in Harrislee, nahe Flensburg
 - 21 Mitarbeiter (Sachbearbeiter, Ingenieure, SW-Analysiker, Techniker)

**Abteilung
Marktüberwachung
- 5 -**

Ref. 51 Grundsatz- fragen, Marktüber- wachung, Produktsicher- heit, Sanktionen	Ref. 52 Feldüber- wachung, Konformitäts- überprüfung CoP-P
Sgb. 511 Allg. Abt.-Ange- legenheiten, Grundsatz- fragen, Markt- überwachung, Geschäfts- führung Beirat	Sgb. 521 Feldüber- wachung
Sgb. 512 Produktsicher- heit	Sgb. 522 Konformitäts- überprüfung CoP-P
Sgb. 513 Sanktionen, OWI	



191118_Praesentation_SW-Updates.ppt
© Krafftahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.
Stand: 18.11.2019, Folie 2

Marktüberwachung

Agenda

1. Motivation für Softwareupdates
2. Maßnahmen in Softwareupdates
3. Prüfprogramm des KBA
4. Messungen beim KBA
5. Ergebnisübersicht
 - a) Exemplarische Auswahl geprüfter Fahrzeuge
 - I. AGR-Fahrzeug EU5
 - II. NSK-Fahrzeug EU6
 - III. SCR-Fahrzeug EU6
 - b) NOx-Einsparpotential
6. Fazit



Marktüberwachung

1. Motivation für Softwareupdates

- Es wird eine sofortige NOx-Verringerung realisiert
- Festgestellte Funktionen unzulässiger Abschalteneinrichtungen werden entfernt
- Luftverbesserung ohne aufwändige Hardwaremaßnahme
- Generelle Unterscheidung in freiwillige und verpflichtende Softwareupdates
 - **Freiwillige Softwareupdates:** Der Hersteller kann ein Verbesserungspotential der NOx-Verringerung umsetzen. Nach Prüfung (SW-Analyse / RDE / Rollenmessungen) durch das KBA wird eine ABE erteilt.
 - **Verpflichtende Softwareupdates:** Nach einem Rückrufbescheid (eine Unzulässigkeit wurde festgestellt) wird eine korrigierte Software auch durch das KBA geprüft (SW-Analyse / RDE) und freigegeben

Marktüberwachung

2. Maßnahmen in Softwareupdates

- **Aufweitung** des AGR-Arbeitsbereiches
 - Korrektur über Umgebungs-/ Ansauglufttemperatur
 - Korrektur über Einspritzmenge / Motormoment
 - Korrektur über Motordrehzahl
- **Verbesserung** der Wirksamkeit von SCR-Systemen
 - Sicherstellung einer normalen HWL-Dosierung bei geringer HWL-Restreichweite (<2.400km, Inducement)
 - Optimierung der SCR-Strategie (Wechsel vom Speicher- zum Onlinemodus)
 - Schnelle Betriebsbereitschaft der Abgasnachbehandlung auch in Realbetrieb
- **Verbesserung** des Regenerationsverhaltens bei NSK-Konzepten (Purge)

Marktüberwachung

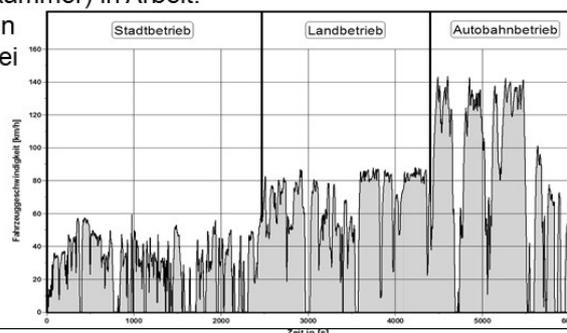
3. Prüfprogramm des KBA

- Prüfung der Maßnahme mittels SW-Analyse + Messfahrten
- **SW-Analyse:**
 - Die Software wird von Analytikern tiefgehend untersucht
 - Unterschiede zwischen Serien- und Updatedatenstand werden vermerkt
 - Verdächtige Funktionen werden im Team analysiert bevor der Hersteller angehört wird
- **Messfahrten:**
 - PEMS-Analysen mit KBA-eigener Messtechnik im Rahmen einer RDE-Messfahrt
 - Optional werden Spezialmessungen außerhalb der RDE-Richtlinien absolviert um unzulässige Funktionen zu prüfen
 - Rollenprüfstandmessungen nach dem NEFZ- sowie WLTC-Fahrprofil
 - Überprüfung des Fahrzeugs im Typgenehmigungszyklus
 - Anwendung eines höherlastigen Zyklus zur Bewertung des Fahrzeugverhaltens
 - Temperaturmessung auf dem Rollenprüfstand zur Bewertung des Abgasverhaltens bei niedrigen Umgebungstemperaturen (bis zu 5°C)

Marktüberwachung

4. Messungen des KBA

- KBA verfügt über sechs PEMS (portable emission measurement system), welche die Abgasbestandteile NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$), CO, CO_2 , PN (Partikelanzahl) aufzeichnen
 - Messungen nach RDE-Richtlinie um eine maximale Vergleichbarkeit der Prüflinge zu gewährleisten
 - Fahrprofil beinhaltet Fahrten im Stadt- / Land- und Autobahnbetrieb (siehe Abbildung)
- Aktuell ist der Bau von zwei Abgasrollenprüfständen (beide Scheitelrollen für Allradbetrieb, eine für klimatisierte Messungen inkl. Konditionierkammer) in Arbeit.
 - Bis zum Betrieb dahin werden Messungen unter Aufsicht und Anweisung des KBA bei externen, akkreditierten Technischen Diensten durchgeführt



191118_Praesentation_SW-Updates.ppt

© Kraftfahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.

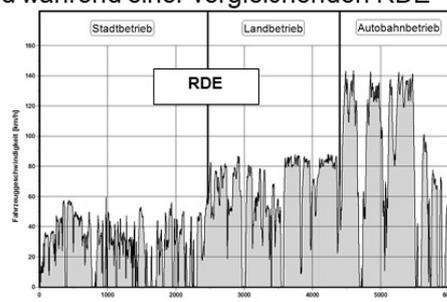
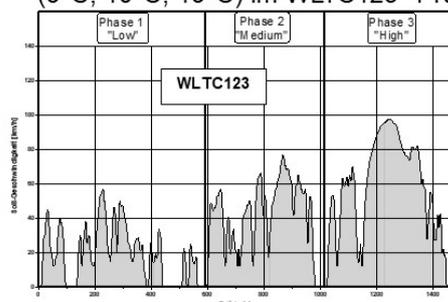
Stand: 18.11.2019, Folie 7

Marktüberwachung

5. Ergebnisübersicht

a) Auswahl der geprüften Fahrzeuge

- Fzg. I AGR (Euro 5)
 - Fzg. II NSK (Euro 6)
 - Fzg. III SCR (Euro 6)
- Veranschaulichung der Wirksamkeit von Softwareupdates bei unterschiedlichen Temperaturen (5°C, 10°C, 15°C) im WLTC123*-Prüfzyklus und während einer vergleichenden RDE*-Messfahrt



*WLTC123: Prüfzyklus auf Rollenprüfstand nach WLTP mit den Phasen 1,2,3 (Stadt + Überland)
 *RDE: Messfahrt mit mobilem Messgerät auf Straße nach RDE Vorschrift

191118_Praesentation_SW-Updates.ppt

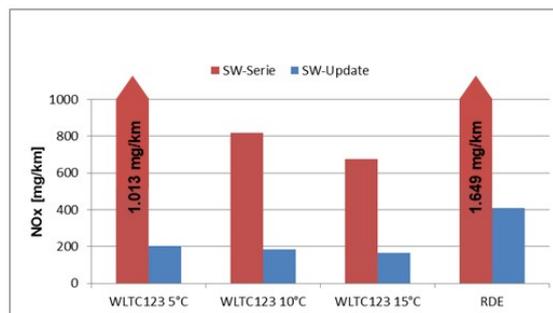
© Kraftfahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.

Stand: 18.11.2019, Folie 8

Marktüberwachung

I) AGR-Fahrzeug (Euro 5)

- Euro 5 Konzept (freiwilliges Softwareupdate)
 - Keine zusätzliche Abgasnachbehandlung
 - Fahrzeug verfügt über einen turboaufgeladenen 3.0l Common-Rail Diesel mit 180kW; Hochdruck-AGR mit AGR-Kühler, Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter
 - Aufweitung der aktiven AGR vor allem bei geringen Außentemperaturen



191118_Praesentation_SW-Updates.ppt

© Kraftfahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.

Stand: 18.11.2019, Folie 9

Marktüberwachung

II) NSK-Fahrzeug (Euro 6)

- Euro 6 Konzept (verpflichtendes Softwareupdate)
 - Abgasnachbehandlung mittels NO_x-Speicherkatalysator (NSK)
 - Fahrzeug verfügt über einen turboaufgeladenen 2.0l Common-Rail Diesel mit 103kW; Hochdruck-AGR mit AGR-Kühler, Oxidationskatalysator, Dieselpartikelfilter und NSK
 - Aufweitung der aktiven AGR vor allem bei geringen Außentemperaturen wie auch Optimierung des NSK-Arbeitsbereichs



191118_Praesentation_SW-Updates.ppt

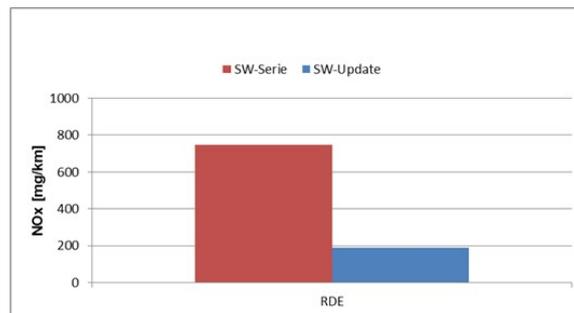
© Kraftfahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.

Stand: 18.11.2019, Folie 10

Marktüberwachung

III) SCR-Fahrzeug (Euro 6)

- Euro 6 Konzept (verpflichtendes Update)
 - Abgasnachbehandlung mittels SCR (Selektive katalytische Reaktion)
 - Fahrzeug verfügt über einen turboaufgeladenen 3.0l Common-Rail Diesel mit 190kW; Hochdruck-AGR mit AGR-Kühler, Oxidationskatalysator, Dieselpartikelfilter und SCR
 - Optimierung der SCR-Betriebsstrategie, einhergehend mit einer erhöhten HWL- (Harnstoff-Wasserlösung) dosierung. Das Zusammenspiel von SCR und AGR sorgt für NO_x-Reduzierung



191118_Praesentation_SW-Updates.ppt

© Kraftfahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.

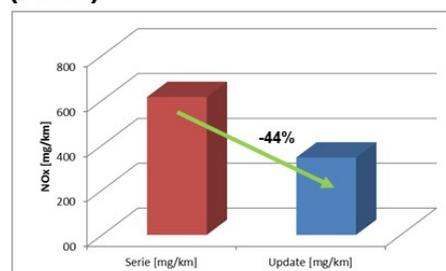
Stand: 18.11.2019, Folie 11

Marktüberwachung

b) NO_x-Einsparungspotential (RDE)

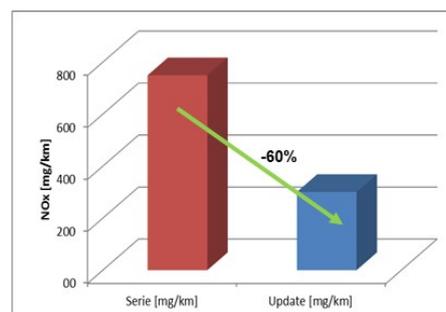
• Verpflichtende Softwareupdates

- Ø NO_x (Serie): 615 mg/km
- Ø NO_x (Update): 345 mg/km



• Freiwillige Softwareupdates

- Ø NO_x (Serie): 749 mg/km
- Ø NO_x (Update): 301 mg/km



191118_Praesentation_SW-Updates.ppt

© Kraftfahrt-Bundesamt, alle Rechte vorbehalten.

Stand: 18.11.2019, Folie 12

Marktüberwachung

b) NO_x-Einsparungspotential (Stadt / Land)

- Im Rahmen der freiwilligen Softwareupdates erfolgten Messungen nach dem WLTC123 um den Einfluss der Updates im Stadt- und Landverkehr sowie bei niedrigen Umgebungstemperaturen zu ermitteln
- Reduzierung der NO_x-Emissionen um bis zu **61%** (bei 5°C)

WLTC123	Gemittelte NO _x -Emissionen vor Update [mg/km]	Gemittelte NO _x -Emissionen nach Update [mg/km]	NO _x -Reduzierung Absolut [mg/km]	NO _x -Reduzierung Relativ [%]
5°C	394	155	240	61
10°C	337	183	154	46
15°C	287	171	116	41

Marktüberwachung

6. Fazit

- Deutliche NO_x-Reduzierung im Straßenbetrieb (RDE) von durchschnittlich **50%** durch freiwillige und verpflichtende Softwareupdates
 - Die Abgasmachbehandlung funktioniert im realen Straßenbetrieb wie auf dem Rollenprüfstand (Entfernung unzulässiger Abschalteneinrichtungen)
 - Große Marktdurchdringung über SW-Update-Maßnahme während üblicher Werkstattaufenthalte möglich
 - Unmittelbarer Einfluss auf NO_x-Emissionen mit geringem Arbeitsaufwand (kurzer Werkstattaufenthalt) im Vergleich zur Hardwarenachrüstung
 - Wirksame Lösung zur innerstädtischen Luftverbesserung
- Im anstehenden Bericht „Wirksamkeit von SW-Updates“ werden sämtliche vom KBA freigegebene Softwareupdates veröffentlicht

Impressum

Herausgeber:
Kraftfahrt-Bundesamt
24932 Flensburg

Internet: www.kba.de

Fachliche Auskünfte und Beratung:

Telefon: 0461 316-0
Telefax: 0461 316-1650
E-Mail: kba@kba.de

Stand: Mai 2012

Druck: Druckzentrum KBA

Bildquelle: xxxxx

Alle Rechte vorbehalten. Die Vervielfältigung und Verbreitung dieser Veröffentlichung, auch auszugsweise und in digitaler Form, ist nur mit Quellenangabe gestattet. Dies gilt auch, wenn Inhalte dieser Veröffentlichung weiterverbreitet werden, die nur mittelbar erlangt wurden.

© Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg

● ● ● Wir punkten mit Verkehrssicherheit!

Tagungsleitung / Referenten

Dr. Roland Fischer
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5200
E-Mail: Roland.Fischer@lfu.bayern.de

Andrea Wellhöfer
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5449
E-Mail: Andrea.Wellhoefer@lfu.bayern.de

Axel Dörrie
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
nukleare Sicherheit
Referat IG I 5 „Umwelt und Verkehr, Elektromobi-
lität“
Stresemannstraße 128 – 130
10117 Berlin
Tel.: 030 18 305–2338
E-Mail: Axel.Doerrie@bmu.bund.de

Dr.-Ing. Martin Härtl
TU München
Schragenhofstraße 31
80992 München
Tel.: 089 289–24110
E-Mail: Haertl@lvk.mw.tum.de

Nils Hennig
Kraftfahrt-Bundesamt
Fördestraße 16
24932 Flensburg
E-Mail: Nils.Hennig@kba.de

Dr. Martina Kohlhuber
acatech – Deutsche Akademie der Technikwis-
senschaften
Karolinenplatz 4
80333 München
Tel.: 089 52 03 09 68
E-Mail: kohlhuber@acatech.de

Dr. Marita Mang
Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Mainzer Str. 80
65189 Wiesbaden
Tel.: 0611 815–1222
E-Mail: Marita.Mang@umwelt.hessen.de

Dr. Benedikt Notter
INFRAS Forschung und Beratung
Sennweg 2
3012 Bern
Tel.: +41 31 370 19 14
E-Mail: Benedikt.Notter@infras.ch

Falk Schulte-Wintrop
H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG
EUREF-Campus 10-11
10829 Berlin
Tel.: 0151 195 400 37
E-Mail: Schulte-Wintrop@h2-mobility.de

