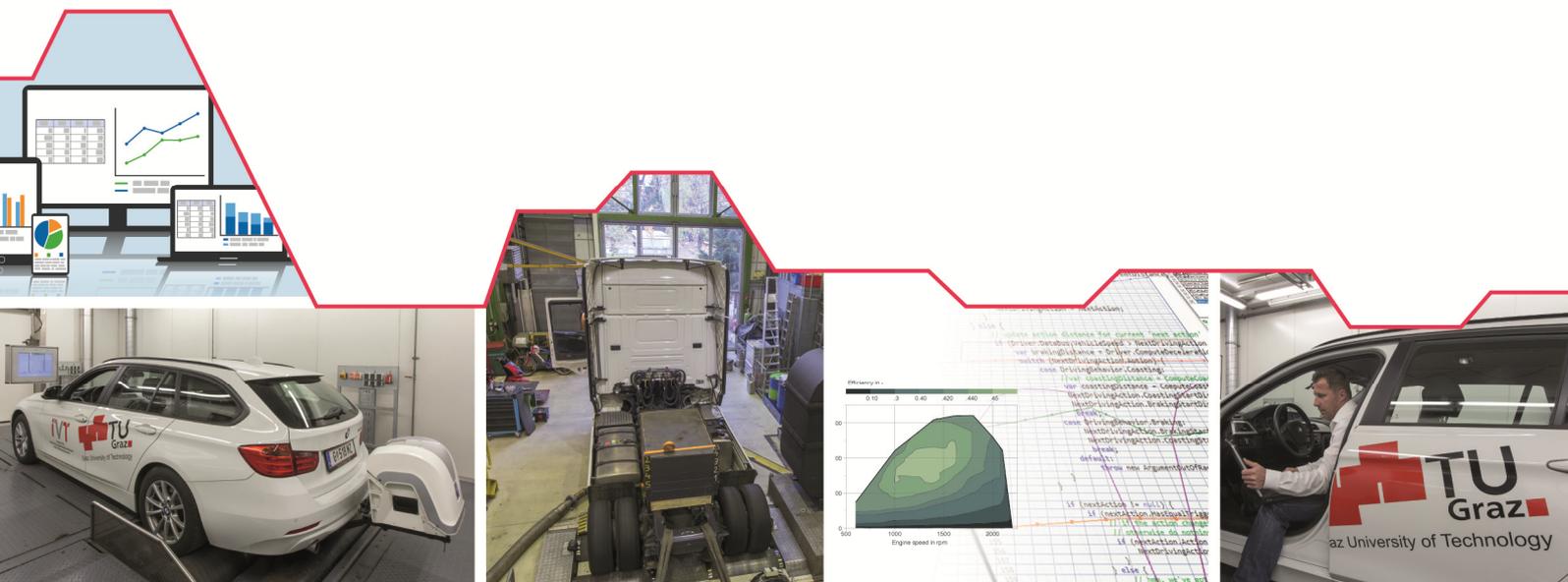


Schlussbericht

FE 84.0528/2017

"AuDieO – zukünftige Konzepte für Abgasuntersuchungen
von Diesel- und Ottofahrzeugen"

28.03.2019



Autor: Dr. Jürgen Blassnegger

FE 84.0528/2017 "AuDieO – zukünftige Konzepte für Abgasuntersuchungen von Diesel- und Ottofahrzeugen"

Datum 28.03.2019
Bericht Nr.: FVT-018/19/JBlass EM 2017_30
Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53
51427 Bergisch Gladbach

Dieser Bericht darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassen und Hinzufügen, veröffentlicht werden.

Sollte er auszugsweise abgedruckt oder vervielfältigt werden, so ist vorher die schriftliche Genehmigung des Verfassers einzuholen.

Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH
Inffeldgasse 19, A-8010 Graz, Austria <http://fvt.tugraz.at>
Tel.: +43 (316) 873-30001
Fax: +43 (316) 873-30002



ISO 9001 zertifiziert

Inhalt

1	Abkürzungen	4
2	Kurzfassung	6
3	Ziel der Untersuchung	7
4	Ausgangslage - Aktueller Stand bei der Abgasuntersuchung	8
4.1	Geschichtliche Entwicklung der Abgasuntersuchung in Deutschland.....	8
4.2	Neuerungen bei der AU ab 1.1.2018	9
4.3	Aktuelle Abgasgrenzwerte	10
4.4	Aktueller Ablauf bei der Abgasuntersuchung	11
5	Beanstandungen bei der Abgasuntersuchung	13
5.1	Typische detektierte Fehler/Mängel bei der Abgasuntersuchung	15
6	Workshop I – Stärken und Schwächen der aktuellen, und Ansätze für eine neue Abgasuntersuchung	16
7	Workshop II - Vorschlag für eine neue Abgasuntersuchung	21
7.1	Zeitliche Häufigkeit der AU-Neu.....	22
7.2	Durchführung der AU-Neu	23
7.2.1	Datenerfassung und Eingangcheck-Neu.....	23
7.2.2	OBd Check-Neu	23
7.2.3	Endrohrmessung-Neu	27
7.3	PN Messung im Zuge der AU-Neu	28
7.4	NOx Messung im Zuge der AU-Neu	29
8	Langfristige Zukunftsszenarien für eine AU-Neu	34
9	Konzept für eine neue Abgasuntersuchung	36
9.1	Kurz- und mittelfristige Ziele	37
9.1.1	Zeitliche Häufigkeit der Abgasuntersuchung.....	37
9.1.2	Erweiterte Sichtprüfung.....	38
9.1.3	Neue Messgrößen bei der Endrohrmessung	38
9.2	Langfristige Ziele	40
9.2.1	Anlassbezogene Durchführung der Abgasuntersuchung	40
9.2.2	Überprüfung der NOx Emissionen im Rahmen der AU.....	41
9.2.3	Erweiterte OBd Diagnostik	42
10	Literatur	43

1 Abkürzungen

Abgasrückführung	AGR
Abgassonderuntersuchung	ASU
Abgasuntersuchung	AU
das heißt	d.h.
Dieselpartikelfilter	DPF
circa	ca.
Drehzahl	n
Erstzulassung	EZ
et cetera	etc.
Benzin Partikelfilter (Gasoline Particulate Filter)	GPF
Hauptuntersuchung	HU
Isocyansäure	HNCO
Kohlendioxid	CO ₂
Kohlenmonoxid	CO
Kohlenmonoxid	CO
Kohlenwasserstoffe	HC
Lambda	λ
Lastkraftwagen	Lkw
Leerlaufdrehzahl	nl
Leichtes Nutzfahrzeug	LNF
Malfunction Indicator Light	MIL
New European Driving Cycle	NEDC
On Board Diagnose	OBD
On Board Measurement	OBM
Original Equipment Manufacturer	OEM
Partikelanzahl	PN
Onboard Messgerät (Portable Emissions Measurement System)	PEMS
Personenkraftfahrzeug	Pkw
Selektive Katalytische Reduktion	SCR
Startdrehzahl	ns
Stickstoffdioxid	NO ₂
Stickstoffmonoxid	NO

Stickoxide
und ähnliche
Untersuchung Motormanagement und Abgasreinigungssysteme
Zieldrehzahl
zum Beispiel
Zweiradantrieb

NO_x
u.ä.
UMA
n_z
z.B.
2WD

2 Kurzfassung

Das zentrale Ziel des Projekts ist es, das Verfahren zur Durchführung der Abgasuntersuchung (AU) zu analysieren und die Weiterentwicklung möglicher Konzepte für eine AU-NEU zu erarbeiten. Die Analyse wurde in zwei Workshops mit einem Expertenteam, bestehend aus verschiedenen Verbänden und Behördenvertretern durchgeführt. Ein Konzept für eine AU-NEU, welches die dort erarbeiteten Anregungen zusammenfasst, beinhaltet kurz-, mittel- und langfristige Änderungsvorschläge. Es soll als Grundlage für weiterführende Entwicklung dienen. Im Folgenden werden einige wesentliche Änderungsvorschläge kurz benannt.

Als eine kurz- bis mittelfristige Änderung ist eine Anpassung der zeitlichen Häufigkeit der AU möglich. Das erarbeitete Konzept beinhaltet fahrleistungsabhängige Überprüfungen. Zusätzlich wird ggf. eine erweiterte Sichtprüfung der abgasrelevanten Bauteile angeregt. Die Änderung der Partikelmessung von Trübungs- auf Anzahlmessung ist als kurzfristige Änderung bereits ab dem Jahr 2021 für Dieselfahrzeuge angekündigt. Die Stickoxidsmessung wird als wichtige weitere Messgröße zusätzlich beleuchtet. Die OBD Diagnostik wurde als ausbaufähige Komponente zur Verbesserung der AU erkannt. Die aktuelle Diagnostik sollte um Straßentests erweitert werden.

Konzepte zu längerfristigen Änderungen in der AU-Neu beschreiben eine anlassbezogene AU. Hierzu werden Fahrzeughalter bei Auffälligkeiten der Abgasemissionen, welche durch fahrzeuginterne Remote OBD oder Remote On Board Monitoring ermittelt werden, aufgefordert eine AU durchzuführen. Die Auffälligkeiten können auch durch externe Remote Sensing Devices zur Emissionsmessung erfasst werden. Desweiteren können zusätzliche Diagnosejobs in Fahrzeuge implementiert werden, welche mittels OBD ausgewiesen werden.

Das erarbeitete Konzept ist sowohl für Diesel- als auch Benzinfahrzeuge erarbeitet worden.

3 Ziel der Untersuchung

Im Zuge der periodisch wiederkehrenden technischen Überwachung von Fahrzeugen wird auch eine sogenannte Abgasuntersuchung (AU) durchgeführt. Diese wurde erstmals in Deutschland 1985 eingeführt und galt vorerst nur für Ottomotoren, später dann auch für Fahrzeuge mit Dieselmotoren. Die Abgasprüfung wird dabei als sogenannte Endrohrprüfung bei Leerlaufdrehzahl und erhöhter Leerlaufdrehzahl durchgeführt. Dabei werden bei Ottomotoren der Lambdawert und die CO Emissionen, bei Dieselfahrzeugen die Rauchgastrübung gemessen. Ab 2002 wurde die Abgasuntersuchung um die On Board Diagnose (OBD) erweitert. Eine detaillierte geschichtliche Entwicklung der Abgasuntersuchung ist in Punkt 4.1 dargestellt.

In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass diese Art der Durchführung der Abgasuntersuchung an ihre Grenzen stößt. Die Abgasnachbehandlungsanlagen werden immer komplexer, und die OBD erkennt nur Fehler, welche laut Typprüfung erkannt werden müssen. Komplexe reale Situationen sind dabei derzeit nicht abgedeckt.

Gleichzeitig stößt die Messtechnik zur Emissionsermittlung durch immer niedrigere Grenzwerte teilweise an ihre Grenzen.

Ein weiterer Punkt ist die aktuell immer öfters anzutreffende Manipulation an Abgasnachbehandlungen. Sowohl im Bereich der Pkw und LNF als auch bei SNF sind Anbieter am Markt, welche Produkte, die eine teilweise oder gänzliche Abschaltung bzw. Entfernung von Abgasnachbehandlungseinheiten (DPF, SCR, AGR) anbieten. Diesen Umrüstungen können Fahrzeughersteller (OEMs) nicht entgegenwirken, da sie von Drittfirmen durchgeführt werden. Die Motivationen dahinter sind vielfältig und liegen im Pkw Bereich vor allem bei der Leistungssteigerung, im Bereich der SNF bei der Einsparung von Betriebsmittel z.B. der Harnstoffeindüsung bei SCR Systemen.

Es besteht daher der Bedarf das derzeitige Verfahren für die AU zu überdenken und neue Konzepte aufzuzeigen.

Ziel dieses Projektes ist es, Ansätze zu präsentieren wie eine AU für Otto- und Dieselfahrzeuge zukünftig gestaltet werden könnte. Die Erarbeitung dieser Ansätze findet im Zuge von zwei Experten - Workshops statt. Diese wurden vom Auftragnehmer bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in Bergisch Gladbach organisiert.

Die Teilnehmerauswahl fand in Abstimmung mit dem Auftraggeber statt, wobei sich die eingeladenen Experten aus Vertretern folgender Institutionen zusammensetzen:

Allgemeiner Deutscher Automobil Club (ADAC), Verband der Messgerätehersteller (ASA), Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Deutschland (BMVI), Deutscher Kraftfahrzeug Überwachungsverein (DEKRA), Österreichische Automobil-, Motorrad- und Touring Club (ÖAMTC), Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (TNO), Verband der TÜV (VDTUEV), Umweltbundesamt Deutschland (UBA), Verband der Automobilindustrie (VDA), Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller (VDIK), Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK), Physikalisch - Technische Bundesanstalt Braunschweig (PTB).

4 Ausgangslage - Aktueller Stand bei der Abgasuntersuchung

Seit 1985 ist die Abgasuntersuchung in Deutschland eine gesetzlich vorgeschriebene Untersuchung bei Kraftfahrzeugen. Seit 2010 ist sie Bestandteil der Hauptuntersuchung. Das Ziel dabei ist, Auffälligkeiten im Abgasverhalten von Kraftfahrzeugen zu erkennen, um die daraus resultierenden Umweltbelastungen durch eine entsprechende Reparatur zu beseitigen.

4.1 Geschichtliche Entwicklung der Abgasuntersuchung in Deutschland

1985

Die Abgas-Sonderuntersuchung (ASU) wurde am 1. April 1985 eingeführt. Sie war nur für Kraftfahrzeuge mit Ottomotor vorgeschrieben. Dabei wurde nur der CO Gehalt überprüft.

1993

Mit 1. Dezember 1993 erfolgte eine Umbenennung der ASU in Abgasuntersuchung (AU). Darin war neu die Untersuchung von Dieselfahrzeugen und die Untersuchung von Ottofahrzeugen mit geregelter Katalysator definiert.

1994

Ab 1994 wird die Abgasuntersuchung im sogenannten Leitfaden 1 geregelt. Dieser galt für Fahrzeuge mit Ottomotor ohne Katalysator und Ottomotor mit unregelmäßigem Katalysator sowie für Dieselmotoren.

2002:

Im Jahr 2002 trat der Leitfaden 2 in Kraft. Darin wurde die AU bei Ottofahrzeugen um die On-Board Diagnose (OBD) erweitert.

2005

Mit dem Leitfaden 3 wurde im Jahr 2005 für Dieselfahrzeuge ebenfalls die On-Board Diagnose eingeführt.

Seit dem 1. Januar 2006 ist für alle Fahrzeuge mit On-Board Diagnose statt der bisherigen „Prüfbescheinigung nach Paragraph 47a in Verbindung mit Anlage XIa und IXa StVZO“ ein „Nachweis über die Durchführung der Untersuchung der Abgase“ zu erstellen.

2008

Beim Leitfaden 4 kann ab 2008 eine Messung der Abgase (Endrohrprüfung) komplett entfallen, falls alle folgenden drei Voraussetzungen erfüllt sind:

- Erstzulassung ab 1. Januar 2006
- Im Fahrzeug sind keine Fehlercodes vorhanden
- Alle Prüfbereitschaftstests (Readinesscodes) sind gesetzt (durchgeführt).

Bei den Untersuchungsstellen durften Abgasuntersuchungsgeräte, die nach Leitfaden 1 und 2 funktionieren nur mehr bis zum 31. Dezember 2009 eingesetzt werden. Zusätzlich ist seit dem 1. Januar 2010 die Untersuchung des Motormanagements und des Abgasreinigungssystems (UMA) Teil der Hauptuntersuchung.

Der Verzicht auf die Durchführung der Abgasanalyse bei Fahrzeugen mit OBD und einem Zulassungsdatum nach dem 01.01.2006 war umstritten, da keine AU notwendig war, wenn eine OBD Prüfung durchgeführt wurde und dabei keine Fehler im Steuergerät hinterlegt waren. Hinterfragt wurde vor allem, ob in einem Fehlerspeicher alle relevanten Größen für eine Fehlfunktion einer Abgasnachbehandlungsanlage abgelegt werden können.

Am 22. September 2017 kam es in Deutschland zu einem Bundesratsbeschluss welcher besagt, dass ab 1. Januar 2018 die Endrohrprüfung wieder für alle PKW eingeführt wird. Damit ist eine reine „OBD-AU“ ab diesem Datum nicht mehr möglich. Diese Neuregelung ist in der AU-Richtlinie Leitfaden 5.01 verankert.

Mit dieser Richtlinienänderung wurde nicht nur die generelle Wiedereinführung der Endrohrprüfung vorgeschrieben, sondern auch die Herabsetzung der Grenzwerte der Abgasuntersuchung, anzuwenden ab 01.01.2019, sowie die Messung der Partikelanzahl bei Dieselfahrzeugen am Endrohr ab dem Jahr 2021 beschlossen.

4.2 Neuerungen bei der AU ab 1.1.2018

01.01.2018

- Generelle Endrohrmessung der Abgaswerte bei allen AU-pflichtigen Kfz
- Festlegung der Abregeldrehzahl auf $\geq 90\%$, gegenüber der datierten Nenn-drehzahl

01.01.2019

- Senkung der Grenzwerte der AU; anzuwenden bei allen Euro 6/VI Fahrzeugen

01.01.2021

- Einführung einer Prüfprozedur zu Überprüfung der Partikelanzahl bei der periodischen Abgasuntersuchung am Endrohr.

4.3 Aktuelle Abgasgrenzwerte

AU-Grenzwerte Ottomotoren ab 01.01.2018 (Vgl. [1])

- Maximal 0,3% vol. CO bei Kraftfahrzeugen, die keine EG-Typgenehmigung (z.B. Import in EU) haben, sowie bei Fahrzeugen die erstmals vor dem 01.07.2002 in den Verkehr gebracht wurden
- Maximal 0,2% vol. CO für alle übrigen Kraftfahrzeuge vor der Abgasnorm Euro 6
- Maximal 0,1% vol.CO für alle Kraftfahrzeuge mit der Abgasnorm ab Euro 6/Euro VI (verpflichtende Anwendung ab dem 01.01.2019)

AU-Grenzwerte Dieselmotoren ab 01.01.2018 (Vgl. [1])

- Kraftfahrzeuge: EZ vor 01.10.2006 → Trübungswert von maximal $2,5\text{m}^{-1}$
- Kraftfahrzeuge: EZ ab 1.10.2006 → Trübungswert von maximal $1,5\text{m}^{-1}$
- Für alle Euro 6-Pkw und Euro VI-Nfz → Trübungswert von maximal $0,5\text{ m}^{-1}$ (verpflichtend bis 31.12.2018)
- Ab dem 01.01.2019 gelten die neuen Abgasgrenzwerte für die Trübungsmessung bei Euro 6/Euro VI ($0,25\text{ m}^{-1}$).

Anmerkung: Der Trübungswert moderner Dieselfahrzeuge mit funktionierendem Dieselpartikelfilter liegt bei $0,1\text{ m}^{-1}$

4.4 Aktueller Ablauf bei der Abgasuntersuchung

Aktuell wird die Abgasuntersuchung folgend durchgeführt:

Eingabe der Fahrzeugidentifizierungsdaten

- Amtliches Kennzeichen
- Kilometerstand
- Emissionsschlüsselnummer
- Fahrzeughersteller
- Fahrzeugtyp
- Fahrgestellnummer
- Kraftstoffart

Fahrzeug-Solldaten ermitteln

Dabei werden die Minimum- und Maximum-Werte, welche in den Prüfmessungen erzielt werden dürfen für den jeweiligen Fahrzeugtyp aus einer Datenbank ermittelt.

- Motortemperatur
- Zündzeitpunkt
- Schließwinkel
- Drehzahlbereiche
- CO-Gehalt im Abgas
- Lambda-Bereich
- Maximale Diesel-Rauchgas-Trübung

Durchführung der Sichtprüfung

Das Fahrzeug wird einer optischen Überprüfung unterzogen. Dabei erfolgt eine Prüfung der schadstoffrelevanten Bauteile einschließlich Auspuffanlage auf Vorhandensein, Vollständigkeit, Dichtheit und Beschädigung, soweit dies ohne Demontage möglich ist. Diese Prüfung umfasst folgende Bauteile:

- Zündsystem
- Einspritzanlage
- Kraftstoffsystem
- Tankeinfüllstutzen
- Entlüftung
- Luftfilter
- Abgasrückführungssystem
- Sekundärluftsystem
- Katalysator
- Sensoren
- Stellgliederleitungen
- Auspuffanlage

- Undichtigkeiten des Motors
- Füllstände von Betriebsflüssigkeiten

OBD Check

- Anschluss des Diagnosesteckers und Sichtprüfung der Motor Kontrollleuchte bzw. Überprüfung der Kontrollleuchte auf ihre Funktion
- MIL-Status (Malfunction Indicator Light) auslesen
- Fehlercodes auslesen

Die MIL muss spätestens mit dem Start des Motors erlöschen. Der MIL-Status wird dabei aus dem Steuergerät des Fahrzeuges ausgelesen. Für das Auslesen steht der sogenannte Hauptuntersuchungsadapter (HU-Adapter) zur Verfügung. Der Adapter stellt die Verbindung zwischen Steuergerät (OBD Schnittstelle) und dem Endgerät zur Überprüfung her. Am Endgerät (Notebook, Tablet) befindet sich die mit dem Adapter kompatible Prüfsoftware. Neben Fehlern, welche die AU betreffen, werden vom HU-Adapter auch alle anderen, das Fahrzeug betreffende Fehler (z.B. Bremsanlage), welche in die OBD Diagnose eingebunden sind, angezeigt. Falls das Fahrzeug einen abgasrelevanten Fehler festgestellt hat, so wird der Status auf „fehlerhaft“ gesetzt und die MIL leuchtet. Das Bestehen der Abgasuntersuchung ist damit nicht mehr möglich.

Endrohrmessung

- Motor aufwärmen

Laut Gesetzestext sind entweder 80°C vorgeschrieben, bzw. ist der vom Hersteller angegebene Wert einzuhalten, mind. jedoch 60°C. Die Temperaturmessung erfolgt im Motoröl, mittels Infrarotmessung am Motoblock oder aktuell OBD

- Motordrehzahl erfassen

Dies erfolgt bei Otto-Motoren in der Regel über die Zündkabel per Induktionszange, bei Dieselfahrzeugen über das Anbringen eines Piezogebers an den Einspritzleitungen. Bei OBD-Fahrzeugen erfolgt das Erfassen der Motordrehzahl durch Auslesen der Daten aus dem Motorsteuergerät.

- Konditionierung der Abgasanlage
 - 2 Minuten erhöhte Leerlaufdrehzahl bei Ottofahrzeugen
 - Konditionierungs-Gasstöße gemäß definierter Solldaten (Drehzahl, Anzahl) bei Dieselfahrzeugen

Ottomotoren

Messung bei erhöhter Leerlaufdrehzahl (2000 – 3000 U/Min)

- CO

Messung bei Leerlaufdrehzahl

- CO
- Lambda
- (HC – z.B. UK, Irland)

Zusätzlich: Regelkreisprüfung Lambda Regelung

Eine vom Hersteller definierte Störgröße wird auf den Regelkreis aufgeschaltet. Der Lambdaregelkreis muss die Störung erkennen und entsprechend ausregeln.

Dieselmotoren

Messung der Abregeldrehzahl

Darunter versteht man das Anfahren der Abregeldrehzahl. Es wird die Einhaltung des Drehzahlbereiches geprüft.

Messung des Trübungswertes bei freier Beschleunigung

Nach einem „Reinigungsgasstoß“ erfolgt die Messung bei mindesten 3 weiteren Gasstößen, welche für den Messwert herangezogen werden

In Österreich kommt der „Fast Pass“ Test zum Einsatz. Falls dabei der erste Gasstoß (Reinigungsgasstoß) signifikant (z.B. 30 %, „Prüferermessen“) unter dem Grenzwert liegt, ist die Abgasuntersuchung bereits nach dem ersten Gasstoß beendet.

5 Beanstandungen bei der Abgasuntersuchung

Im Zuge der Recherchen wurden beim Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe um Statistiken rund die Abgasuntersuchungen angefragt. Die erhaltenen Datensätze stammen aus dem Jahr 2016 und sind im Folgenden zusammengefasst (Vgl. [2]).

Die Gesamtanzahl der im Jahr 2016 untersuchten Fahrzeuge lag bei 12,1 Millionen. Diese Menge setzte sich aus folgenden, für die Abgasuntersuchung relevanten Klassen zusammen:

Tabelle 1: Übersicht der im Jahr 2016 in Deutschland der Abgasuntersuchung zugeführten Fahrzeuge

Anzahl untersuchter Fahrzeuge **12.108.099** **100%**

<u>Aufteilung nach Fahrzeugkategorien</u>		
Otto ohne Kat/U-Kat	91.777	0,8%
Otto mit G-Kat (ohne OBD)	1.533.026	12,7%
Otto mit G-Kat (mit OBD)	5.922.063	48,9%
Diesel ≤ 3,5t (ohne OBD)	644.692	5,3%
Diesel ≤ 3,5t (mit OBD)	3.283.500	27,1%
Diesel > 3,5t (ohne OBD)	230.275	1,9%
Diesel > 3,5t (mit OBD)	254.816	2,1%
Kraftrad ohne G-Kat	80.494	0,7%
Kraftrad mit G-Kat	67.186	0,5%

Insgesamt 97,7% der untersuchten Fahrzeuge bestanden die Abgasuntersuchung. In Summe wurde bei den Abgasuntersuchungen im Jahr 2016 bei 776.628 Fahrzeugen ein Mangel festgestellt. Davon wurden 494.969 repariert und danach die AU positiv absolviert. Bei den restlichen, beanstandeten Fahrzeugen fand keine Reparatur mehr

statt, bzw. war diese technisch und/oder aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr möglich.

Tabelle 2: Mängelstatistik bei der Abgasuntersuchung 2016 in Deutschland

Beschreibung	[Anzahl]	[Anteil]
Anzahl durchgeführter AU	12.108.099	100%
Bestandene AU	11.826.440	97,7%
Nicht bestandene AU	281.659	2,3%
Nach Reparatur bestandene AU	494.969	4,1%
Fahrzeuge mit Mängel	776.628	6,4%
Fahrzeuge ohne Mängel	11.331.471	93.6

In Summe wurden bei den ca. 776.000 beanstandeten Fahrzeugen 1.202.746 Mängel bei festgestellt. Dies teilen sich folgend zwischen OBD und Abgasmessung auf.

Anmerkung: OBD und Abgasmängel können bei Fahrzeugen auch gemeinsam aufgetreten sein

- Abgas 716.162 59,5%
- OBD 486.584 40,5%

Bei 1.202.746 Mängeln an 776.628 beanstandeten Fahrzeugen ergeben sich somit statistisch 1,55 Mängel/beanstandetem Fahrzeug. Die gesamte Anzahl an Mängeln teilte sich wie in Tabelle 3 dargestellt auf die einzelnen AU-Fahrzeugkategorien auf.

Tabelle 3: Aufteilung der Mängel in Fahrzeugkategorien

Kategorie	[Anzahl Mängel]	[Mängelrate]
Otto ohne Kat/U-Kat	13.254	14,4%
Otto mit G-Kat (ohne OBD)	163.499	10,7%
Otto mit G-Kat (mit OBD)	319.378	5,4%
Diesel ≤ 3,5t (ohne OBD)	68.148	10,6%
Diesel ≤ 3,5t (mit OBD)	171.390	5,2%
Diesel > 3,5t (ohne OBD)	12.299	5,3%
Diesel > 3,5t (mit OBD)	18.763	7,4%
Kraftrad ohne G-Kat	7.814	9,7%
Kraftrad mit G-Kat	2.083	3,1%
Gesamt	776.628	6,4%

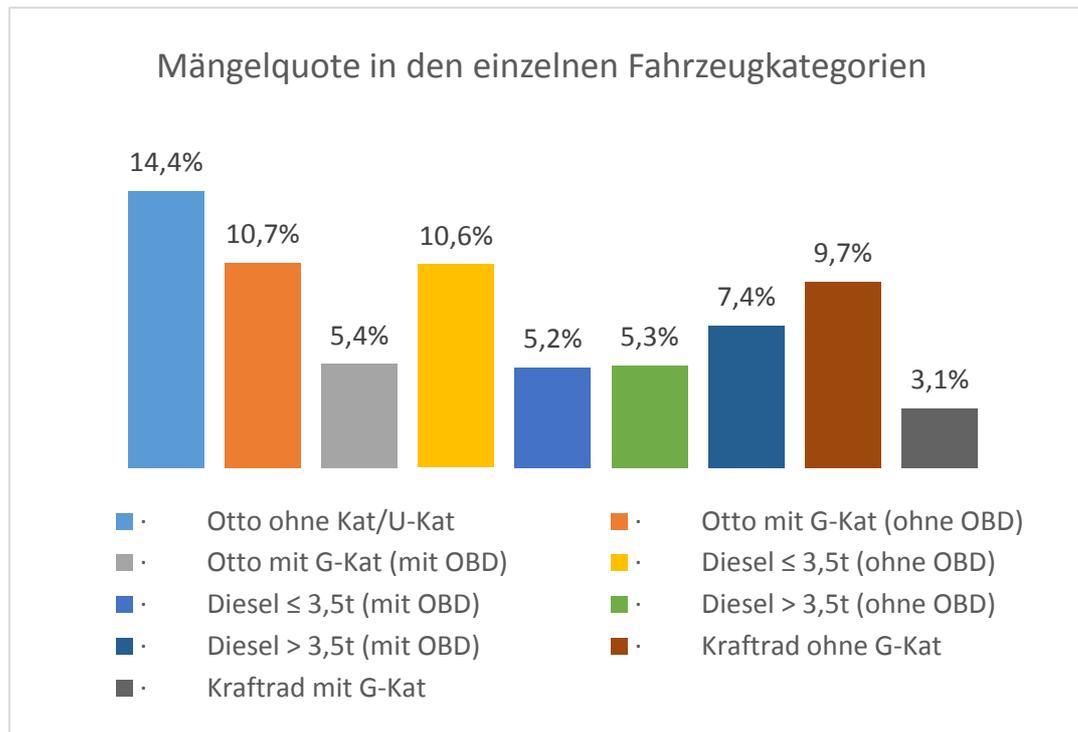


Abbildung 1: AU-Mängelquoten in den einzelnen AU-Fahrzeugkategorien in Deutschland 2016

5.1 Typische detektierte Fehler/Mängel bei der Abgasuntersuchung

Mängel bei Funktionsprüfung Abgas

- CO-Gehalt bei erhöhter Leerlaufdrehzahl über AU-Grenzwert
- Trübungswert über AU-Grenzwert
- Abregeldrehzahl
- Leerlaufdrehzahl
- λ bei erhöhter Leerlaufdrehzahl

Mängel bei Funktionsprüfung OBD

- Sichtprüfung (Kontrollleuchte)
- Status Kontrollleuchte „aktiv“
- Signal Regelsonde nicht vorhanden
- Fehlercodes im Fehlerspeicher
- Kein Kommunikationsaufbau

6 Workshop I – Stärken und Schwächen der aktuellen, und Ansätze für eine neue Abgasuntersuchung

Wie in Kapitel 1 beschrieben besteht der Bedarf das derzeitige Verfahren für die AU zu überdenken und neue Konzepte und ggf. Technologien aufzuzeigen.

Zu diesem Zweck wurde im Projekt eine Expertengruppe definiert, welche in zwei Workshops die entsprechenden Anregungen zu einer neuen Abgasuntersuchung geben sollte. Die Ausarbeitung der Anregungen erfolgt vom Auftragnehmer. Vor den Workshops wurden die Teilnehmer gebeten sich schriftlich zu der Thematik zu äußern.

Folgende Aspekte sollten dabei zu berücksichtigen werden:

- Praktikabilität und Realitätsnähe der AU und des dazugehörigen Prozedere
- Kalibrierbarkeit der Messmittel
- Nutzen der AU-NEU für die Umwelt
- Kosten für den Halter

Innerhalb des Workshopteams folgende Fragestellungen ausgearbeitet:

- Worin liegen die Schwächen der aktuellen Abgasuntersuchung?
 - OBD Analyse
 - Endrohrmessung
 - Andere
- Wie können mögliche Ansätze zur Verbesserung der aktuellen Abgasuntersuchung aussehen?
- Gibt es Ansätze um DPF Deaktivierung und SCR Deaktivierung detektieren zu können?
 - Im Zuge der AU
 - Im Real World Einsatz
- Allgemeine Bemerkungen zur Thematik

Folgend werden die Inhalte der Rückmeldungen zusammenfassend wiedergegeben:

UBA Deutschland und BAFU Schweiz

Die On-Board-Diagnose wird vom Hersteller appliziert, d.h. eine unabhängige Kontrolle ist eigentlich nicht möglich. Das OBD System hat nur Rückmeldung von Drucksensoren. Das heißt OBD kann aufgrund des Druckanstiegs verstopfte Diesel-Partikelfilter (DPF) erkennen, jedoch keine defekten oder manipulierten DPF (z.B. Risse oder Randgängigkeiten). Nur Auslesen des OBD kann als Funktionskontrolle der DPF unter Umständen nicht ausreichend sein.

Bei der Endrohrmessung ist die Sensitivität von Opazimetern gegenüber kleinen Partikeln zu schwach, d.h. die aktuellen Abgasprüfgeräte sind quasi „blind“ für Nanopartikel. Stickoxid- (NOx) Emissionen werden überhaupt nicht erfasst, somit können weder Fehlfunktionen noch Manipulationen an SCR Systemen festgestellt werden.

Nur mit sensibleren Geräten und strengeren Prüfwerten und -verfahren werden eine deutlich bessere Abgasuntersuchung und damit eine deutliche Verringerung zusätzlicher gesundheitsgefährdender Luftbelastung erreicht.

VDTÜV

Die Fahrzeugelektronik erfasst bei modernen Fahrzeugen kontinuierlich eine Vielzahl abgasrelevanter Informationen. Leider stehen heute bei der Abgasuntersuchung aufgrund gesetzlicher Regelungen nur ein Bruchteil dieser wichtigen Informationen in standardisierter Version zur Verfügung. Die Bewertung des Abgasverhaltens eines Fahrzeugs im Rahmen der periodischen Abgasuntersuchung könnte deutlich verbessert werden, würde ein umfassenderer Zugang über den OBD-Port zu bereits existierenden Informationen ermöglicht werden. Die fehlende Bereitstellung entsprechender Daten durch die OEM für eine tiefergehende Prüfung der elektronischen Systeme erzeugt deutliche Grenzen bei der Wirksamkeit der OBD Analyse Mängel bei den Abgasnachbehandlungssystemen zu detektieren. Die Aussagekraft ist zu gering und lässt Fehlinterpretationen, Fehlschlüsse leicht zu.

Die heute für die AU gültigen Grenzwerte und Prüfverfahren für die Endrohrmessung sind nur mit Einschränkungen in der Lage ihre Aufgabe zu erfüllen. In den letzten Jahren wurde die AU zwar weiterentwickelt, jedoch ist es ihr nicht gelungen mit der Entwicklung moderner Motoren- und Abgasreinigungstechnologien Schritt zu halten. Inzwischen wurden in Deutschland, jedoch die unter Punkt 4.2 beschriebenen Änderungen, beschlossen. Diese verschärfenden Vorschriften werden die Aussagekraft der AU zukünftig verbessern, insbesondere die Einführung der Partikelanzahl-Überprüfung bei Dieselfahrzeugen stellt eine wirksame Verbesserung dar. Auch bei Benzinmotoren sollte die Partikelanzahl-Messung erfolgen. Es erscheint zudem erforderlich, zukünftig auch die Überprüfung der NO_x-Emissionen in die periodische Abgasuntersuchung zu integrieren. Elektronische Manipulationen mit entsprechender Fahrzykluserkennung werden auch bei der periodischen Reihenuntersuchung in einer stationären Untersuchungsstelle nicht detektiert werden können, daher sind realitätsnahe Prüfungen auch unter Last zukünftig erforderlich.

Visuelle Überprüfungen der Abgassysteme sind aufgrund der zunehmenden bautechnischen Verkapselungen der Fahrzeuge zunehmend schwieriger. Dennoch bieten sie eine Möglichkeit, Manipulationen, wie z. B. ausgebaute Sicherungen, modifizierte Kabelstränge oder Emulatoren zu erkennen. Ein Problem dabei ist, dass zum Teil nur lückenhafte Informationen vorliegen, welche Abgasnachbehandlungssysteme in den einzelnen Fahrzeugmodellen verbaut wurden.

VDA

Die Stärke der OBD Diagnose ist, dass die emissionsrelevanten Systeme und Komponenten permanent und im Realbetrieb auf ihre richtige Funktion hin überprüft werden. Die Anforderungen an die OBD Systeme wurden sukzessive mit den Emissionsstufen erhöht und der Nachweis der Funktion wird im Rahmen der Typprüfung durch einen technischen Dienst nachgeprüft. Darüber hinaus wird zukünftig die Marktüberwachung durch die Behörden deutlich intensiviert.

Die Wiedereinführung der Endrohrmessung ist ein rückwärtsgewandter Schritt und spiegelt nicht die Technologieentwicklung im Fahrzeug wieder.

Zudem finden die Messungen stationär bei sehr geringer Last statt.

ÖAMTC

Die OBD Analyse ist prinzipiell eine gute Methode um Defekte zu erkennen, welche im Rahmen der aktuellen Endrohrmessung nicht auffindbar sind (z.B.: EGR, Ladedruck, Einspritzverhalten...).

Jedoch können mit der OBD Analyse (professionell durchgeführte) Manipulationen meist nicht entdeckt werden.

ADAC

Eine zielgerichtete Modernisierung der AU muss wirksam und effizient sein. Die Wiedereinführung der Endrohrmessung für alle AU-pflichtigen Kraftfahrzeuge hält der ADAC für reinen politischen Aktionismus. Auch sieht der ADAC äußerst kritisch, dass Argumente PRO Endrohrmessung insbesondere von Überwachungsorganen, Werkstätten und AU-Geräteherstellern angeführt werden, denen auch ein wirtschaftliches Interesse unterstellt werden könnte. Die amtliche Fahrzeugüberwachung darf kein Konjunkturprogramm auf Kosten der Autofahrer sein.

ASA

Die OBD wurde nicht eingeführt um die Abgasuntersuchung zu ersetzen und entspricht auch keiner direkten Messung, sondern einer indirekten Methode, die auf einem Rechen-Modell basiert. Die Implementierung erfolgt nicht einheitlich und ist von Fahrzeughersteller zu Fahrzeughersteller unterschiedlich.

Die Ansprechschwelle der MIL ist per Gesetz bei den relevanten Komponenten (z.B. PM) um den Faktor 10 höher als der zugehörige Euro Grenzwert.

Bei der Endrohrmessung (Stand heute) werden immer noch Leitkomponenten bewertet, die nicht mehr zeitgemäß und ausreichend sind, Beispiel Trübung, die in den 90er Jahren sinnvoll war, da Fahrzeuge eine starke Rauchentwicklung gezeigt haben, oder CO weil Fahrzeuge noch ohne Kat bestückt waren und sehr hohe Werte produziert haben.

Die Endrohrmessung heute ist eine quasi „statische“ Methode, viele Fehlerbilder moderner Abgasreinigungssysteme, Manipulation oder Verbau von „Blackbox-Lösungen“ können dadurch nicht erkannt werden. Auch die freie Beschleunigung stellt keine signifikante Last dar.

Bezüglich möglicher Verbesserungen für eine zukünftige AU wurde von Seiten der Teilnehmer vor allem angemerkt, dass sich mit der geplanten Einführung der Messung der Partikelanzahl ab 01.01.2021 in Deutschland die Überwachung der Diesel-PKW bezüglich der Funktionsfähigkeit der Partikelfilter wesentlich verbessern wird. Mit Blick auf den zunehmenden Einsatz von komplexer Abgasnachbehandlungstechnik sowie der noch immer hohen NO₂-Luftbelastung in den Städten sollten neue Messverfahren für NO_x bei der AU Anwendung finden bzw. diese Problematik mit einer erweiterten OBD Diagnostik besser abgedeckt werden.

Der erste Workshop fand am 6. Juni 2018 in den Räumlichkeiten der BAST in Bergisch Gladbach statt. Dabei wurden die Thematik und die Rückmeldungen zu den oben geschilderten Fragestellungen diskutiert. Im Anschluss daran fanden sich die

Teilnehmer in drei Arbeitsgruppen zusammen. Die darin bearbeiteten Themen lauten:

- **AG 1 & AG 2:** „Wie soll eine neue AU in naher Zukunft aussehen (kurz- und mittelfristiger Zeithorizont), bzw. wie kann eine AU für alternative Antriebe aussehen?“
- **AG 3:** „Langfristige Zukunftsszenarios für eine AU-Neu

Dabei beziehen sich die Kurz- und mittelfristigen Vorschläge auf einen Zeitraum innerhalb der kommenden fünf Jahre, langfristige Ziele betreffen den Zeitraum danach.

Alle beim Workshop und innerhalb der Arbeitsgruppen detektierten Stärken und Schwächen der aktuellen AU, sowie erste Ansätze für eine AU-Neu sind im Folgenden zusammengefasst.

Aus den drei Arbeitsgruppen wurden folgende Ergebnisse in zusammengefasster Form kommuniziert:

Arbeitsgruppe 1

Die Partikelanzahlmessung wird als gesetzt angesehen.

Eine NOx Messung am Rollenprüfstand wird abgelehnt. Durchführbar wäre eine NOx Messung unter Last im Realbetrieb durch OBD mittels der verbauten NOx Sensoren. Die Ergebnisse sollten dann im Rahmen der AU ausgelesen werden können.

Alternative Antriebe - Wasserstoff: Die Anzahl der Fahrzeuge im Feld ist sehr gering, daher wird das Thema Emissionen und AU als unkritisch angesehen. Hier ist nur Sicherheitsaspekt bedeutsam.

Thema NH3: Eine Überprüfung wäre evtl. zu erarbeiten. NH3 ist jedoch derzeit bei PKW auch in der Typprüfung nicht limitiert.

Das OBD System soll weitere Signale auslesbar zur Verfügung stellen (NOx-Sensor, Differenz-Drucksensor etc.). Bezüglich der Intervalle bei der AU wurde in AG1 angeregt, dass es vorerst zu keinen Änderungen kommen sollte.

Arbeitsgruppe 2

Wie in AG 1 wurde auch hier die PN Messung für DPF/GPF Fehlerdetektierung als gesetzt angesehen

Die Situation für NOx ist komplex:

- Option 1: Einführung von Diagnosejobs (z.B. AGR-Klappe auf, dann muss Luftmasse sinken) zur Erkennung definierter Fehler bzw. Manipulationen, die im Rahmen der AU getriggert werden können.
Diese Prüfungen könnten auch während der Fahrt durchgeführt werden. Daran gebunden wären bis zur AU oder Fehlerbehebung unlöschbare Fehlerspeichereinträge. Damit einhergehend wären auch die OBD Anforderungen bei der Typengenehmigung zu überarbeiten.
- Option 2: Diagnosejobs, welche direkt bei der Endrohrprüfung durchgeführt werden.
- Option 3: Endrohrmessung mit Last. Hier herrscht jedoch Uneinigkeit ob dies nötig ist bzw. ob die Verhältnismäßigkeit noch besteht.

Bezüglich der Bekämpfung von Manipulationen, wie z.B. SCR Deaktivierung, herrscht Handlungsbedarf. Aktuell soll ein Verfahren, bei dem der Softwarestand mittels verschiedener Checksummen überprüft werden soll, in Ausarbeitung sein. Auch wird die Strafverfolgung von Anbietern von Manipulationssoftware vorgeschlagen.

Arbeitsgruppe 3

Diese Arbeitsgruppe setzte sich mit langfristigen Zukunftsszenarios für eine AU-Neu auseinander. Dabei wurden 3 mögliche Szenarien bzw. Entwicklungsmöglichkeiten definiert.

- Remote Sensing Emissionsmessungen als zusätzliches Instrument zum Triggern von AU, dazu evtl. Standardintervalle verändern und auffällige Fahrzeuge aufwändiger untersuchen (anlassbezogene Abgasuntersuchung)
- OBD Daten online übermitteln an unabhängige Stelle, bei Auffälligkeiten wird Fahrzeughalter zur AU geladen (anlassbezogene Abgasuntersuchung)
- OBM (On Board Monitoring) mit Übermittlung der Daten an unabhängige Stelle, evtl. mit Vorausschaufunktion (z.B. durch Simulation) auf in Zukunft auftretende Schäden

Aus allen zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Informationen wurde ein Vorschlag zu einer möglichen AU-Neu erarbeitet. Die Inhalte des Vorschlags setzen sich aus den aus dem Expertenkreis erhaltenen Rückmeldungen und aus den Ergebnissen der Arbeitsgruppen innerhalb des ersten Workshops zusammen.

Dieser Vorschlag wurde im Rahmen des zweiten Expertenworkshops, welcher am 23.01.2019 wieder in den Räumlichkeiten der BAST stattfand vorgestellt und zur Diskussion gestellt.

7 Workshop II - Vorschlag für eine neue Abgasuntersuchung

Der beim Workshop vorgestellte Konzeptvorschlag für eine AU-Neu ist in Abbildung 2 dargestellt. Unterteilt ist das gesamte Konzept in zwei Hauptbereiche:

- Zeitliche Häufigkeit der Abgasuntersuchung (in Abbildung 2 schwarz umrandet)
- Durchführung der Abgasuntersuchung

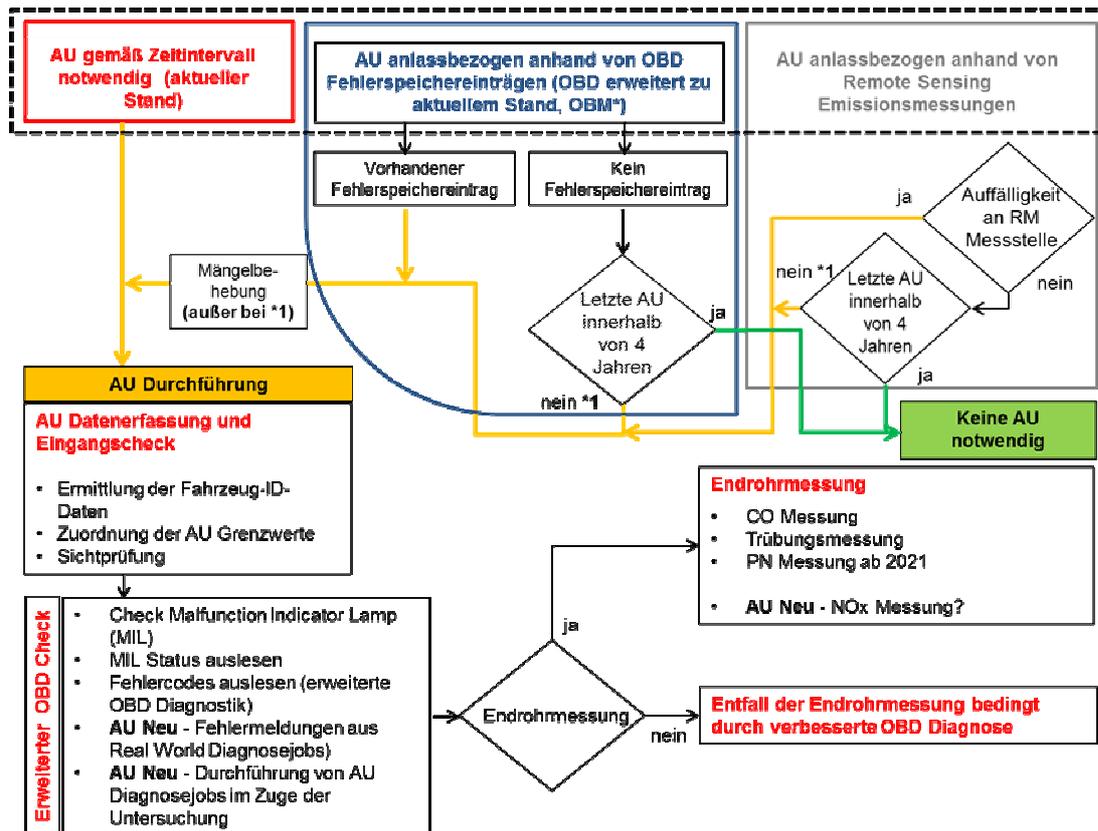


Abbildung 2: mögliches Konzept für eine zukünftige Abgasuntersuchung (AU-Neu) bei Pkw und LNF

Im Folgenden sind die einzelnen Punkte dieses Konzepts näher beschrieben. Zusätzlich wird auf mögliche Probleme, welche bei einer Umsetzung auftreten können und auf aktuell zu dieser Thematik laufende Untersuchungen, eingegangen.

7.1 Zeitliche Häufigkeit der AU-Neu

Bei der zeitlichen Häufigkeit wurden 3 Ansätze verfolgt.

Durchführung der AU gemäß Zeitintervall

Dieser Ansatz entspricht dem aktuellen Stand. Dabei hat in Deutschland die erste Abgasuntersuchung bei Pkw nach 3 Jahren (ab Erstzulassung), und danach alle zwei Jahre im Rahmen der Hauptuntersuchung stattzufinden. Bei Lkw bis 3,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht erfolgt die Überprüfung von Beginn an alle zwei Jahre, bei Lkw mit über 3,5t höchstzulässigem Gesamtgewicht jährlich. In Österreich ist die Häufigkeit der Durchführung ebenfalls vom Fahrzeugalter abhängig. Die erste Untersuchung hat drei Jahre nach der ersten Zulassung zu erfolgen. Danach zwei Jahre nach der ersten Begutachtung und danach im Abstand von einem Jahr. In anderen europäischen Ländern ist die Häufigkeit ähnlich geregelt. In Finnland gelten etwa die gleichen Zeitintervalle wie in Österreich, in Frankreich, Norwegen und Italien erfolgt die erste Untersuchung nach vier Jahren, danach zweijährig. Schweden wiederum schreibt die gleichen Untersuchungsintervalle wie Deutschland vor.

Durchführung anlassbezogen anhand von Fehlerspeichereinträgen

Eine anlassbezogenen Durchführung einer AU kann einerseits darauf beruhen, dass die aktuelle, bei der Fahrzeugzulassung verankerte OBD Architektur genutzt wird. Bei diesem Ansatz kämen Fahrzeuge nur mehr bei Auftreten einer Eintragung im Fehlerspeicher zur Abgasuntersuchung. Angesichts der in Kapitel 4 dargestellten Schwächen der aktuellen OBD Diagnostik wäre hier eine Ausweitung notwendig. Dieser Ansatz ist genauer in 7.2.2 beschrieben. Ebenso wird dort auf eine mögliche anlassbezogenen AU auf Grund von On Board Monitoring von Emissionen eingegangen.

Unabhängig von den Fehlerspeichereinträgen wäre bei diesem Ansatz jedoch eine AU spätestens alle 4 Jahre vorgesehen.

Durchführung anlassbezogen anhand von Messungen bei Remote Sensing Kontrollstellen

Unter Remote Sensing (RS) versteht man im Wesentlichen das Erfassen von Schadstoffkonzentrationen von an einer Messstelle vorbeifahrenden Fahrzeugen. Dabei durchqueren die zu vermessenden Fahrzeuge Lichtschranken, welche z.B. aus Lichtquellen für ultraviolettem und infrarotem Licht erzeugt werden. Durch die schadstoffkonzentrationsabhängige Absorption des Lichtes von unterschiedlichen Wellenlängen kann mit einem Spektrometer die Schadstoffkonzentration ermittelt werden. Für einen Nachweis der statistischen Aussagekraft der Ergebnisse müsste eine entsprechend große Anzahl an Fahrzeugen vermessen werden. Als Beispiel dafür kann eine bereits seit Jahren durchgeführte Langzeitmessung im Kanton Zürich angeführt werden [3]. Bei dieser Messung zeigte sich, dass beispielsweise die realen NO und NO₂ Messwerte gut mit den Emissionsfaktoren aus dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (HBEFA) korrelieren. Die Methodik wäre also für eine anlassbezogene Aufforderung zur AU geeignet.

Bei einer anlassbezogenen AU aufgrund von Remote Sensing Messungen (RSM) müsste eine entsprechende Anzahl von Messstellen verwirklicht werden um sicherzustellen, dass eine möglichst große Anzahl an Fahrzeugen erfasst wird. Zusätzlich wäre eine Möglichkeit, dass bei einer entsprechend großen Dichte an RSM das Durchfahren in bestimmten Abständen vorgeschrieben wird.

Auch bei diesem Ansatz ist eine AU spätestens nach 4 Jahren, unabhängig von den RS Messergebnissen für das jeweilige Fahrzeug, vorgesehen.

7.2 Durchführung der AU-Neu

Die eigentliche Durchführung der AU-Neu ist in die Teilbereiche Datenerfassung und Eingangsscheck, OBD Überprüfung und Endrohrmessung aufgeteilt. Zusätzlich wurde bei der Endrohrmessung die Möglichkeit eines Entfalls, bedingt durch eine entsprechend erweiterte OBD Diagnose, angeführt.

7.2.1 Datenerfassung und Eingangsscheck-Neu

Dieser Bereich umfasst die Erfassung der Fahrzeugidentifikationsdaten und der technischen Daten des zu überprüfenden Fahrzeugs, die Ermittlung der bei der AU einzuhaltenden Grenzwerte und die Sichtprüfung aller abgasrelevanter Bauteile auf Vorhandensein, Vollständigkeit, Dichtheit und Beschädigung. Diese Sichtprüfung muss ohne Demontearbeiten möglich sein.

Bei dem Ansatz AU-Neu kann dieser Bereich um die Kontrolle bezüglich Manipulationen erweitert werden. Das würde vor allem die Deaktivierung von Dieselpartikelfilter und SCR Katalysatoren betreffen. Ebenso könnten Black Box Lösungen, welche dem Steuergerät falsche Sensorwerte liefern bei einer entsprechenden Sichtprüfung ausgemacht werden. Für diese Art der Untersuchung müssten aber einfache Demontearbeiten (z.B. Abdeckung Steuergerät u.ä.) vorgesehen werden. Die Methodik bei der Untersuchung selbst muss definiert werden. Ein Problem stellt dabei sicherlich die Tatsache dar, dass solche Prüfungen auf Grund der großen Breite an Manipulationsmöglichkeiten, und unterschiedlichen Fahrzeugtypen, nicht einheitlich definiert werden können. Weiterhin unterliegt der Ablauf einem Ermessensspielraum des mit der Untersuchung betrauten Prüfers.

7.2.2 OBD Check-Neu

Nach der Eingangsüberprüfung erfolgt der OBD Check.

Aktuell läuft dieser Check nach dem in Kapitel 4.4 dargestellten Verlauf ab und umfasst die Punkte

- Check Malfunction Indicator Lamp MIL
- MIL Status auslesen
- Fehlercodes auslesen

Ein Hauptkritikpunkt bei der aktuellen OBD Überprüfung ist, dass unter Umständen nicht genügend Sensordaten in die Kontrollarchitektur eingebunden sind, sodass nicht alle abgasrelevanten Fehler erkannt werden können, der Punkt „Fehlercodes auslesen“ also nicht sicherstellen kann, dass tatsächlich keine Fehlfunktionen an abgasrelevanten Bauteilen vorliegen.

Ein Kritikpunkt beruht vor allem darauf, dass die Sensorik zum Teil zwar die Funktion von einzelnen Komponenten in der Abgasnachbehandlung auf ihre Funktion und Plausibilität hin checkt, nicht jedoch immer eine Kontrolle des „Ergebnisses“ also der jeweiligen Emissionskomponente vornimmt. Als ein Beispiel dafür kann der Partikelfilter genannt werden. Dabei wird zur Funktionsüberwachung und damit zur Steuerung der DPF Regeneration hauptsächlich die DPF-Differenzdruckinformation herangezogen. Das OBD System nutzt diese Information, um den DPF-Zustand zu über-

wachen, indem es die Abweichung des aktuellen Werts gegenüber einem Modellwert bestimmt.

Die in der Gesetzgebung limitierte Partikelanzahl kann aktuell im realen Betrieb noch nicht mittels Sensoren vermessen werden. Zurzeit setzt man auf resistive Rußsensoren, welche annähernd serienreif entwickelt sind. Die Basis von solchen Sensoren bildet ein Substrat aus einem keramischen Material. Auf einer Seite wird eine Platinmäander aufgebracht (z.B. Pt10), der auch als Heizelement dient und mit einer Passivierungsschicht versehen ist. Die andere Seite des Substrats wird mit zwei Elektroden versehen. Als Elektrodenmaterial kommt z.B. Platin in Frage, da es elektrisch leitfähig ist und den hohen Temperaturspitzen im Abgas widerstehen kann. Diese Seite des Sensors wird dem Abgasstrom zugewandt und berußt. Zwischen den Elektroden besteht keine leitende Verbindung solange sich kein Ruß angelagert hat. Befinden sich genügend Partikel zwischen den Elektroden ergibt sich eine durchgehende elektrische Verbindung und der elektrische Widerstandswert fällt schlagartig. Von entscheidender Bedeutung für einen breiten Serieneinsatz ist die Entwicklung einer intelligenten Auswertesoftware [4].

Komplexer stellt sich die Überwachung bei SCR Systemen zur NO_x Reduktion dar. Die Funktionsweise eines SCR-Katalysators besteht darin, dass auf der Katalysatoroberfläche Stickoxidmoleküle unter Vorhandensein von NH₃ als Reduktionsmittel zu elementarem Stickstoff reduziert werden. Das Reduktionsmittel wird als ungiftige wässrige Harnstofflösung in den Katalysator eingespritzt. Das für die NO_x Reduktion notwendige NH₃ wird dann mittels Thermolyse und Hydrolyse gebildet. Dabei wird durch Temperatureinfluss der Harnstoff zuerst in Ammoniak (NH₃) und Isocyanensäure (HNCO) umgewandelt und dann unter Anwesenheit von Wasser die Hydrolyse eingeleitet wobei aus HNCO weiteres NH₃ und CO₂ gebildet wird. Das NH₃ lagert sich danach an den aktiven Zellen der Katalysatoroberfläche ab und führt dort zur Stickoxidreduktion. Dosierstrategien für SCR-Systeme verfügen meist über eine Füllstandsregelung, die einen Sollwert für den NH₃-Füllstand im SCR-Katalysator einstellt bzw. den NH₃ Füllstand in einem definierten Bereich um diesen Sollwert schwingen lässt.

SCR-Systeme verfügen zumindest über einen NO_x-Sensor stromabwärts des SCR-Katalysators. Diese zeigen in der Regel eine Querempfindlichkeit für NH₃, so dass die NO_x-Sensoren ein Summensignal aus NO_x und NH₃ messen. Eine direkte Unterscheidung von NO_x und NH₃ ist bei derartigen Sensoren nicht möglich. Für die Katalysatorüberwachung wird die NH₃ Speicherfähigkeit und die NO_x Konvertierungsrate als Diagnosemerkmal herangezogen [6].

Bei der NH₃ Speicherfähigkeitsüberprüfung wird zuerst durch eine überstöchiometrische Reduktionsmittel-Dosierung (Überdosierung) der SCR-Katalysator bis zur maximal erreichbaren NH₃-Speicherfähigkeit befüllt. Ist die maximale Speicherfähigkeit erreicht kommt es zu einem NH₃ Schlupf. Dieser wird dadurch erkannt, dass während des gesamten Vorgangs eine den NO_x-Umsatz charakterisierende Größe erfasst wird. Zeigt diese einen Abnahme des NO_x Umsatzes an so wird auf einen vorliegenden NH₃ Schlupf geschlossen. Anschließend wird die Reduktionsmitteldosierung gegenüber der Normaldosierung vermindert (Unterdosierung). Die gespeicherte NH₃-Masse wird dann durch die NO_x-Reduktion wieder abgebaut. Im Überwachungssystem sind Kennwerte, die von der NO_x-Konvertierungsrate während dieser Entleertest-Phase abhängig sind, hinterlegt. Somit kann die nutzbare NH₃-Speicherfähigkeit indirekt ermittelt werden. Nimmt über die Katalysatorlebensdauer die NH₃ Speicherfähigkeit ab, kann auch nur eine geringere NO_x Menge konvertiert

werden. Die Konvertierungsrate selbst wird entweder über einen Vergleich der nach dem SCR System mittels Sensor gemessenen NOx Menge mit einem Rechenwert für die betriebszustandsabhängige NOx Menge vor SCR, oder durch Vergleich mit dem Messwert eines NOx Sensors vor SCR ermittelt. Dieser Vergleich kann nur in Betriebspunkten durchgeführt werden, in denen kein NH3 Schlupf auftritt, da dies den NOx Messwert nach SCR verfälschen würde.

Welche Überwachungen von einem aktuellen OBD II System durchgeführt werden müssen, um z.B. ein DPF- oder SCR System zu kontrollieren, ist gesetzlich geregelt [5]. Der Status dieser Regelung und das jeweilige Inkrafttreten sind in der neusten Fassung des UNECE Statusdokuments TRANS/WP 29/343 zu entnehmen. Diese Originalfassung ist rechtsverbindlich. Ein Auszug über die Definition der OBD Überwachung in dieser Regelung ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Definition der OBD Überwachung bei aktuellen OBD II Systemen (Zusammenfassung Kapitel. 3.3.4. aus Regelung Nr. 83 UNECE 2015/1083)

Definition - OBD Überwachung von Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor
Die Verringerung der Wirksamkeit des Katalysators in Bezug auf die THC- und NOx-Emissionen
Das Auftreten von Verbrennungsaussetzern (in in der Regelung definierten Motorbetriebsbereichen)
Beeinträchtigung der Sauerstoffsonde
Überwachung von Emissionsminderungssystemen oder abgasrelevante Bauteile, die mit einem Rechner verbunden sind, dessen Ausfall zu einer Überschreitung der Emissionsgrenzwerte führen kann.
Überwachung von anderen mit einem Rechner verbundenen abgasrelevanten und nicht auf andere Weise überwachten Antriebsbauteile, einschließlich derjenigen Sensoren, die die Durchführung der Überwachungsfunktion ermöglichen, sind hinsichtlich des Stromdurchgangs zu überwachen
Überwachung der elektronisch gesteuerte Anlage zur Begrenzung der Verdunstungsemissionen muss zumindest im Hinblick auf den Stromdurchgang überwacht werden.
Für Fremdzündungsmotoren mit Direkteinspritzung gilt, dass jede Fehlfunktion, die dazu führen kann, dass die Schwellenwerte für die Partikel überschritten werden, und die nach den Vorschriften dieses Anhangs für Selbstzündungsmotoren überwacht werden muss, zu überwachen ist.
Definition - OBD Überwachung von Fahrzeugen mit Selbstzündungsmotor
Eine Verringerung der Wirksamkeit des Katalysators
Die Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Partikelfilters
Der (die) elektronische(n) Regler des Kraftstoffeinspritzsystems für Einspritzmenge und -zeitpunkt wird (werden) im Hinblick auf den Stromdurchgang und einen Totalausfall überwacht
Überwachung anderer Bauteile oder Systeme von Emissionsminderungssystemen oder abgasrelevante Antriebsbauteile oder -systeme, die mit einem Rechner verbunden sind und deren Ausfall zu einer Überschreitung der Emissionsgrenzwerte führen kann.
Alle anderen mit einem Rechner verbundenen abgasrelevanten Antriebsbauteile, die nicht auf andere Weise überwacht werden, sind hinsichtlich des Stromdurchgangs zu überwachen.
Überwachung auf Fehlfunktionen und Verringerung der Wirksamkeit des Abgasrückführungssystems (AGR) sind zu überwachen.
Überwachung auf Fehlfunktionen und Verringerung der Wirksamkeit der NOx-Nachbehandlung, wo ein Reagens verwendet wird, sowie das Teilsystem zur Reagensdosierung sind zu überwachen.
Überwachung auf Fehlfunktionen und Verringerung der Wirksamkeit der NOx-Nachbehandlung, die kein Reagens verwendet, sind zu überwachen
Folgende Vorrichtungen sind auf Totalausfall oder Entfernung zu überprüfen (wenn deren Entfernung die Überschreitung der jeweiligen Emissionsgrenzwerte zur Folge hätte):
a.) Partikelfilter
b.) NOx Nachbehandlungssystem

Bei jedem Anlassen des Motors ist eine Reihe an diagnostischen Prüfungen einzuleiten. Diese müssen unter Einhaltung der richtigen Prüfbedingungen mindestens einmal abgeschlossen werden. Die diagnostischen Prüfungen sind ebenfalls in der oben genannten Verordnung definiert. Die Prüfbedingungen beziehen sich bis zur Emissionsklasse Euro 6b (OBD Norm Euro 6-1)¹ auf „alle im normalen Fahrbetrieb wie bei der Prüfung Typ 1 auftretenden Fahrbedingungen“. Der Grund dafür liegt auch in der Tatsache, dass OBD Systeme dieser Fahrzeuge bei der Homologation ebenfalls einem Zulassungsprozedere unterliegen. Der für diese Emissionsklasse gültige Fahrzyklus ist der (New European Driving Cycle) NEDC Typ 1. Bei diesem müssen definierte Fehler vom OBD System erkannt werden. Gleichzeitig wird untersucht ob das OBD System einen Fehlerspeichereintrag generiert, wenn in der Regelung definierte Emissionsgrenzwerte während dieser Prüfung überschritten werden. So wird neben tatsächlichen Fehlfunktionen auch das Alterungsverhalten der Abgasnachbehandlung berücksichtigt.²

Das bedeutet im Weiteren, dass sich Prüfprozeduren unter Umständen ausschließlich auf NEDC Prüfbedingungen beziehen, also im Normalbetrieb unter realen Bedingungen nicht durchlaufen werden.

Es zeigt sich also, dass auch bei einer unter Umständen ausreichender Definition der Diagnosejobs (Tabelle 4) Fehlfunktionen im Abgasnachbehandlungssystem oder bei abgasrelevanten Bauteilen nicht erkannt werden, weil die Überprüfung nur in oben geschilderten Betriebspunkten stattfindet. Dadurch ist die Überprüffunktion im ehemaligen Zulassungszyklus NEDC (TYP 1 Prüfung) gegeben, im realen Betrieb kann die Überprüfung aber unvollständig sein [7].

Eine nachträgliche Änderung der Anforderungen an das OBD System für diese Fahrzeugkategorien ist als unwahrscheinlich anzunehmen.

Bei Fahrzeugen der Emissionsklassen Euro 6c und Euro 6d- TEMP, und mit Einführung des neuen Zulassungszyklus WLTC, sind die Anforderungen an das OBD System in der OBD Norm Euro 6-2 geregelt. Wie schon bei den Fahrzeugen gemäß OBD Euro 6-1 ist auch hier bei eventuell auftretenden Schwächen des OBD Systems von keiner nachträglichen Anpassung auszugehen. Sämtliche dahingehenden Änderungen können eigentlich nur vorwärtsgerichtet, also ab kommenden Emissionsklassen angeregt werden.

Ein weiteres Problem bei der OBD Analytik stellen Manipulationen dar. Das Entfernen von DPF und SCR Systemen findet hier aus Gründen der Leistungssteigerung, oder bei Lkw vermehrt aus Gründen der Betriebsmitteleinsparung statt. Die OBD Überwachung wird dabei durch den Einsatz von Black Box Lösungen umgangen. Diese liefert plausible Sensorwerte an das OBD System, sodass von diesem die Manipulation nicht erkannt werden kann. Bei einer zukünftigen AU-Neu könnten durch den Einsatz von weiteren Diagnosejobs solche, und weitere Fehler erkannt werden. Dabei muss sichergestellt werden, dass diese Diagnosejobs im realen Betrieb stattfinden. Abweichungen vom Sollsignal, außerhalb einer definierten Schwelle mit einer gewissen Häufigkeit, führen dann zu einer Eintragung im Fehlerspeicher, welcher bei der OBD Überprüfung erkannt wird. Erweitert werden kann diese Thematik auf die in

¹ Bei den Emissionsklassen Euro 5a und b und Euro 6 a und b waren die OBD Normen Euro 5+, Euro 6- und Euro 6-plus IUPR gültig; IUPR-„in use performance ratio“

² Eine detaillierte Beschreibung zum Ablauf bei der OBD Homologation befindet sich in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** (Kapitel 6).

Abbildung 2 dargestellte anlassbezogene Durchführung einer AU. Hier führt erst ein Fehlerspeichereintrag mit der dazugehörigen Mitteilung an den Fahrzeuglenker zur Durchführung der AU. Wie und an wen diese Mitteilung generiert ist bei einem weiteren Verfolgen dieses Ansatzes zu definieren.

Ebenfalls vorgeschlagen wurde für eine AU-Neu auch die Durchführung von weiteren Diagnosejobs bei der AU selbst. Hierzu würden bei der Untersuchung vom Prüforgan die vom Hersteller gemäß einer neuen Gesetzgebung vorgeschriebenen Störgrößen aufgebracht, und das Ergebnis kontrolliert werden.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass eine detaillierte Ausformulierung der Anforderungen an ein OBD System zur Überwachung abgasrelevanter Systeme nicht allgemein gültig vorgenommen werden kann. Wie von Seiten des Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA Hr. Gustke) bestätigt wurde, bestehen auf jeden Fall Potentiale für Verbesserungen, bereits wenn man auf vorhandene Diagnosemöglichkeiten zurückgreift. Da dies aber proprietäre Lösungen sind, müsste ein enger Diskurs mit den OBD- Entwicklungsexperten geführt werden. Inhaltlich ginge es dabei um die Systematik bezgl. der Durchführung der OBD Überwachungsfunktionen und um eine Verbesserung und Aufweitung der Überwachungsfunktionen selbst. Das Ziel dabei soll sein, eine stabil abgesicherte OBD Diagnostik zu gewährleisten, welche in Zukunft eine Diskussion über den Entfall der Endrohrmessung zulässt.

Ein weiterer Vorschlag zu einer AU-Neu betrifft das On Board Measurement verbunden mit einem Datenmonitoring. Dieser Ansatz beschäftigt sich mit der Erfassung von im realen Betrieb anfallenden Emissionen und der Weiterleitung bzw. Speicherung in Datenbanken. Im hier geschilderten Ansatz zur AU-Neu können solche Systeme für eine anlassbezogene Abgasuntersuchung eingesetzt werden (AU nur bei vorliegenden Fehlern bzw. bei erhöhten Emissionswerten). Aktuell wird zu dieser Thematik bei TNO (Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung) ein Projekt bearbeitet. Das von TNO entwickelte Smart Emission Measurement System (SEMS) misst im realen Betrieb laufend NO_x, NH₃ und CO₂ Konzentrationen. Zusätzlich wird auf Steuergerätedaten zugegriffen. Mit Hilfe der angesaugten Luftmenge, und wenn als Signal erfassbar, der Einspritzmenge, kann der Abgasmassenstrom und somit für die gemessenen Konzentrationen die jeweilige Massenemission errechnet werden. Aktuell läuft ein Feldversuch, bei dem diese Daten automatisch in einer Datenbank abgelegt werden. Dazu werden die Messdaten während der Fahrt auf einem Datenlogger gespeichert. Nach der Fahrt wird automatisch ein Post Processing gestartet, bei dem die Messwerte automatisch in einer Datenbank abgelegt und die Massenemissionen errechnet werden [8]. Dieser Ansatz wird später im Kapitel „Langfristige Zukunftsszenarien für eine AU“ noch einmal aufgegriffen. Grundsätzlich wäre eine Umsetzung mit der aktuell bestehenden, aber zum Teil noch nicht für die Fehlerüberwachung applizierter, Sensorik möglich.

7.2.3 Endrohrmessung-Neu

Im in Abbildung 2 dargestellten Konzept wird abhängig von der Entwicklung bei der OBD Diagnostik zwischen einer Durchführung und einem Entfall der Endrohrmessung unterschieden. Bis auf weiteres ist diese in der AU Gesetzgebung verankert. Die Art der Durchführung ist in Kapitel 4.4 beschrieben. Im Zuge einer Anpassung der AU wird die zusätzliche Vermessung der PN- und der NO_x Emissionen gefordert. Im Gegenzug dazu kann die Trübungsmessung entfallen. Dies soll für Neufahrzeuge, aktuell ab Emissionsklasse Euro 6 erfolgen. Grundsätzlich sollen alle Änderungen bei

der AU-Neu vorwärtsgerichtet angewandt werden. Alle Fahrzeuge vor Euro 6 sollen weiterhin gemäß den aktuell gültigen Verordnungen untersucht werden.

7.3 PN Messung im Zuge der AU-Neu

Als erste Neuerung wurde in der Verkehrsblatt-Verlautbarung Nr. 158 vom 20.09.2017 (Amtsblatt des BMVI) die Durchführung von PN Messungen für Dieselfahrzeuge im Zuge der AU ab dem 01.01.2021 angekündigt.

TNO forscht seit 2012 an einem Testverfahren zur Erkennung von DPF Fehlfunktionen (Vgl.[9]). Die Opazität ist dabei keine geeignete Messmethode mehr. Dies zeigt sich darin, dass der aktuelle Grenzwert um eine Größenordnung über den typischen Werten von Euro 6d-TEMP Fahrzeugen liegt. Die Partikelanzahl (PN) wurde zwischenzeitlich als geeignetes Maß für Schadenserkenkung identifiziert. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass eine gute Korrelation zwischen den PN Emissionen in Leerlaufbedingungen und im NEDC Fahrzyklus besteht. Eine Messung unter Last, wie sie auf Rollenprüfständen durchgeführt wird, wäre also nicht notwendig.

Abbildung 3 zeigt diesen Zusammenhang. Die Messergebnisse stammen aus der oben zitierten TNO Studie. Dabei wurden drei Messfahrzeuge im NEDC Zyklus vermessen. Ein Versuchsfahrzeug wurde mit einer einstellbaren Bypass Leitung um den DPF ausgestattet. Damit konnte ein fehlerhafter Partikelfilter simulieren werden. Die Partikelanzahlwerte aus den NEDC Messungen wurden dann jenen aus Messungen bei Leerlaufdrehzahl gegenübergestellt. Deutlich ist ein linearer Zusammenhang bei diesen Messungen zu erkennen. Für eine allgemein gültige Aussage ist jedoch die Durchführung weiterer Untersuchungen notwendig

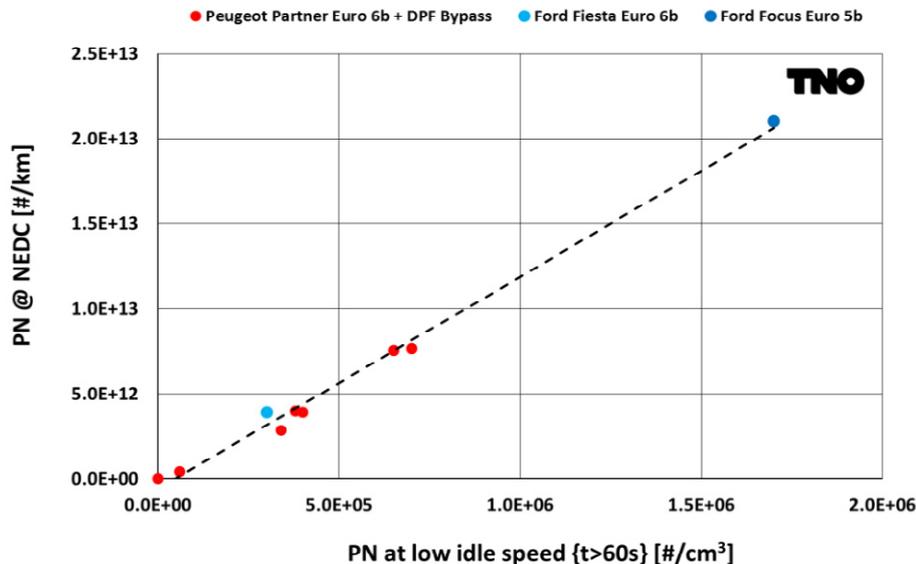


Abbildung 3: Partikelanzahlemissionen im NEDC Zyklus über Partikelanzahlemissionen in einem Leerlaufpunkt bei Euro 6B und Euro 5 Fahrzeugen [9]

Für einen Abschätzung der Größenordnung zu einem möglichen Grenzwert bei der AU wurde von Fahrzeugen, welche im NEDC Zyklus nahe am jeweiligen PN Grenzwert lagen, der Messwert bei den Leerlaufmessungen herangezogen. Zusätzlich wiederholte man diese Betrachtung mit Fahrzeugen, welche bei der Partikelmasse nahe am Grenzwert lagen. Aus den Messungen in der Studie lassen sich folgende Zusammenhänge erkennen:

50.000#/cm³ → ~6*10¹¹ #/km (Grenzwert Partikelanzahl Euro 6 Dieselfahrzeuge)

250.000#/cm³ → ~2 mg PM/km (Grenzwert Partikelmasse 4,5 mg/km für Euro 5 und Euro 6 Dieselfahrzeuge)

Für eine letztgültige Festlegung der Grenzwerte sind auf jeden Fall noch weitere umfangreiche Untersuchungen notwendig. Dies gilt auch für die Spezifikation der Messgeräte, welche aktuell noch nicht abgeschlossen ist. Beim hier zitierten TNO Versuchsaufbau kamen 4 unterschiedliche Messgerätetypen von TESTO und TSI zum Einsatz.

Für eine zukünftige AU-Neu wurde die PN Messung bereits fixiert. Die Methodik ist jedoch noch nicht festgelegt. Dies betrifft Messverfahren, Messgerätespezifikation und Grenzwertdefinition

7.4 NO_x Messung im Zuge der AU-Neu

Zum Thema der NO_x Emissionsmessung im Zuge der AU laufen bereits Untersuchungen. Ein Forschungsprojekt mit dem Titel Fortentwicklung der Abgasuntersuchung von Kraftfahrzeugen (Forschungskennzahl 3717571010) wurde vom Umweltbundesamt beauftragt. Ergebnisse daraus sind aktuell noch nicht veröffentlicht. Eine weitere breit angelegte Studie wurde vom CITA, dem International Motor Vehicle Inspection Comitee abgearbeitet [10] [11].

Darin wurden unterschiedliche Ansätze, wie NO_x Emissionen im Zuge einer AU zu erfassen wären, untersucht. Dabei wurde grundsätzlich zwischen zwei Methodenansätzen unterschieden.

- Loaded Tests
- Unloaded Tests

Bei den „Loaded Tests“ wurden zwei verschiedene Lastprofile (DT80 und ASM 250) am Rollenprüfstand nachgefahren. Beide Profile stellen einen synthetischen Geschwindigkeitsverlauf dar.

ASM 250 Short Test

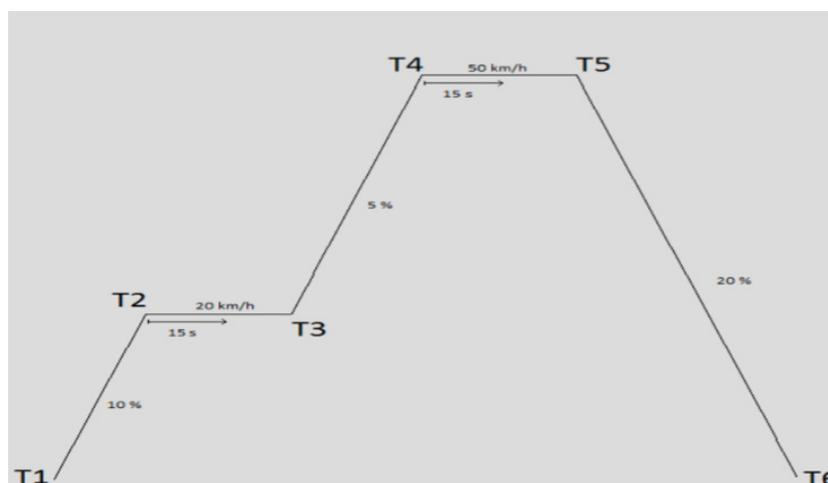


Abbildung 4: ASM 250 Testvarianten zur NO_x Messung im Zuge einer AU am Rollenprüfstand [12]

DT80 Short Test

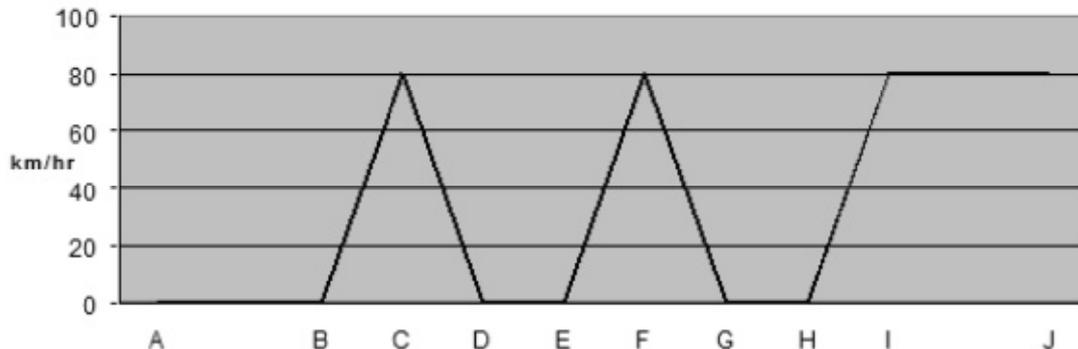


Abbildung 5: DT80 Testvarianten zur NO_x Messung im Zuge einer AU am Rollenprüfstand [11]

Des Weiteren wurde bei den „Loaded Tests“ der Versuch unternommen eine kurze Testfahrt am Prüfgelände zur NO_x Messung durchzuführen.

Bei den „Unloaded Tests“ wurden nur Drehzahlverläufe im Leerlauf nachgefahren. Dieser Drehzahlverlauf des AVL/Capalec Tests ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Motorlast wird dabei lediglich durch die Massenträgheit des Motors beim Verändern der Drehzahl aufgebracht.

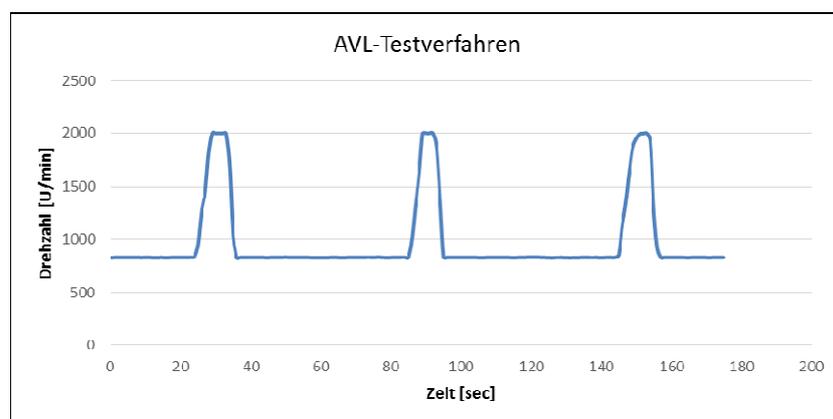


Abbildung 6: AVL „Unloaded Test“ zur Messung von NO_x Emissionen im Rahmen der AU

In diesem Zyklus wird der Verbrennungsmotor aus einer Startdrehzahl (n_s) zwischen einer vorgegebenen Leerlaufdrehzahl (n_l) und einer Drehzahl (n) von 15-20% der Höchstdrehzahl des Verbrennungsmotors innerhalb einer Zeit (t_1) von 3 bis 12 Sekunden, auf eine Zieldrehzahl (n_z) von 30-70% der Höchstdrehzahl des Verbrennungsmotors beschleunigt.

Nach dem Erreichen der Zieldrehzahl (n_z) wird diese für eine Zeitspanne (t_2) von mindestens 3 Sekunden gehalten. Danach wurde die Drehzahl (n) wieder abgesenkt. Während der Testprozedur wurden die NO_x-Emissionen im Abgas des Fahrzeugs gemessen.

Abbildung 7 zeigt den geschilderten Drehzahlzyklus für einen Drehzahl sprung.

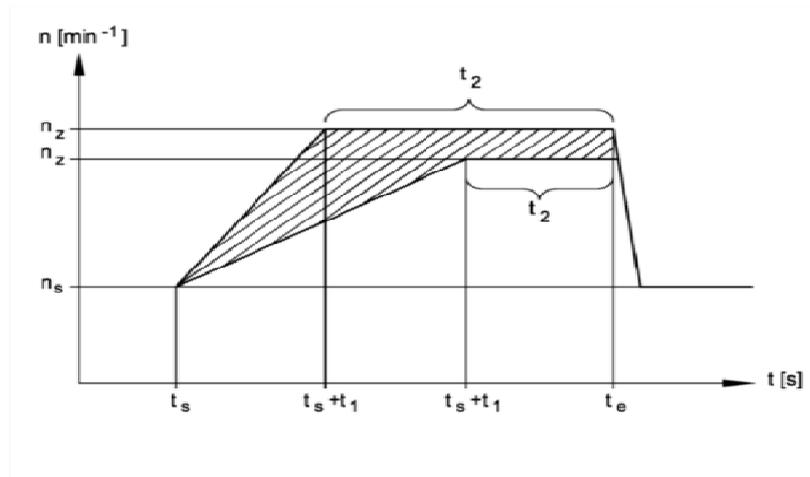


Abbildung 7: Drehzahlsprung im AVL Drehzahlzyklus für NOx Messungen im Rahmen einer AU

Bei den Messungen wurden mit einem Messgerät die NOx Emissionen an einem Testfahrzeug mit funktionierendem Abgasnachbehandlungssystem, und am gleichen Fahrzeug mit definiert aufgebrauchten Fehlfunktionen, vermessen. In Summe nahmen an der Studie 18 Forschungseinrichtungen bzw. Firmen in 6 Ländern teil. Insgesamt wurden dabei 826 Fahrzeuge der Emissionsklassen Euro 3 bis Euro 6 vermessen. Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass „Loaded Tests“ eine eindeutigeren Fehlerzuordnung erlauben als „Unloaded Tests“, gleichzeitig wurde auf die Notwendigkeit von weiteren Untersuchungen verwiesen [11].

Zusätzlich wurden am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik an der TU Graz (IVT) ebenfalls mit 2 Fahrzeugen „Unloaded Tests“ durchgeführt. Der Drehzahlverlauf lehnt sich an den AVL Test an, die Drehzahl wird jedoch über eine längere Dauer konstant gehalten. Die NOx Emissionen wurden bei diesem Test mit einem PEMS System (AVL MOVE) gemessen.

In Abbildung 8 sind die Ergebnisse aus den Messungen mit einem Euro 6d-TEMP Fahrzeug dargestellt. Dabei wurde das Fahrzeug zuerst im Serienzustand, und danach mit deaktivierter Harnstoffeinspritzung vermessen. Vor jeder Messung wurde das Fahrzeug 10 Minuten lang mit einer Realfahrt konditioniert.

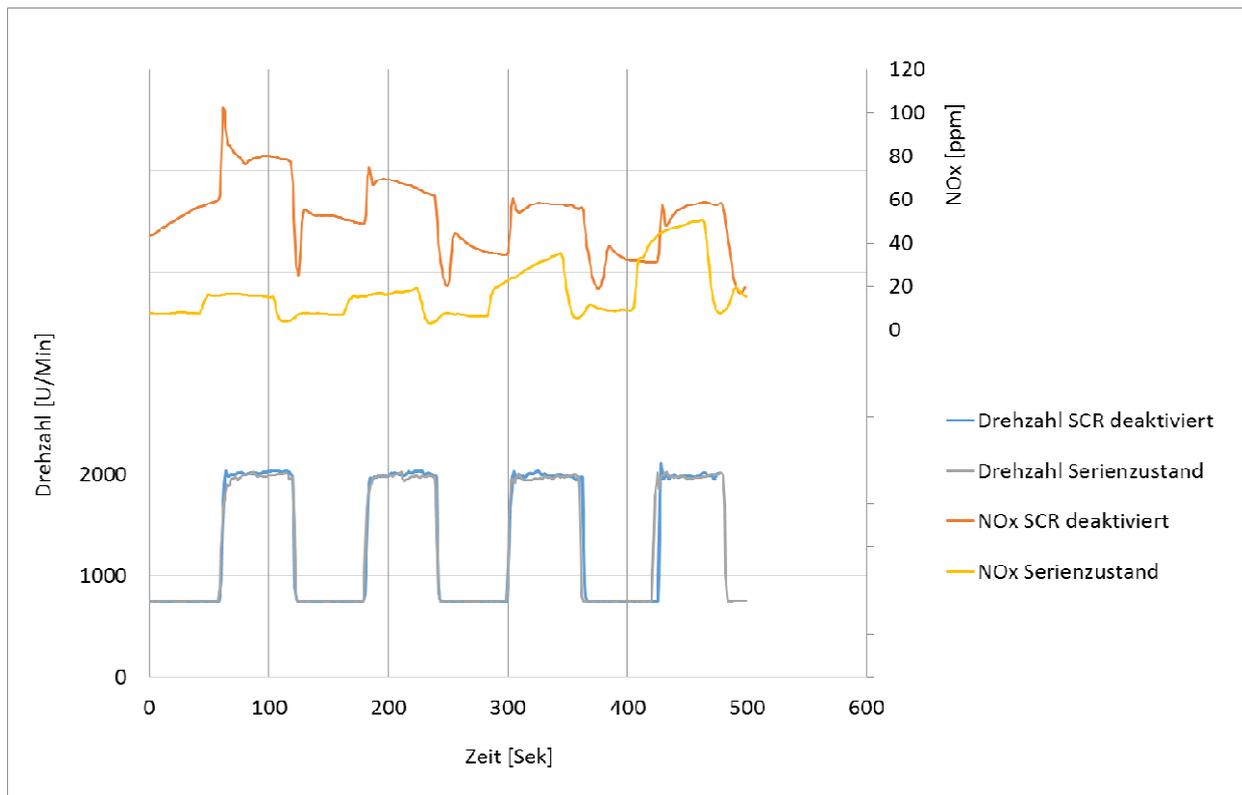


Abbildung 8: Drehzahlverlauf und NOx Konzentration im „Unloaded Test IVT“

Während der ersten Drehzahlrampe ist noch ein Unterschied zwischen den beiden Applikationen zu erkennen, mit zunehmender Messdauer kommt es dann zu einer Annäherung der NOx Emissionen im Serienzustand und mit deaktiviertem SCR System. Ein Grund für den Anstieg der Emissionen im Serienzustand kann die bei den Leerlaufmessungen abnehmende SCR Temperatur sein. Ein weiterer Grund kann in der Vorkonditionierung liegen. Wie in Kapitel 7.2.2 beschrieben bildet sich nach der Harnstoffeinspritzung eine NH₃ Konzentration an der Katoberfläche aus. Die eingespritzte Harnstoffmenge hängt von den anliegenden Betriebszuständen ab. In realen Betriebsfahrten vor einer AU Messung können sich also unterschiedliche Beladungszustände ausbilden. Bei den im Leerlauf durchgeführten Messungen mit nur sehr geringer oder keiner Harnstoffeinspritzung kann es dann zu unterschiedlichen NOx Konvertierungsraten kommen. Für die Durchführung solcher Messungen müsste also von Seiten der Hersteller die Möglichkeit geboten werden, dass während einer definierten Vorkonditionierung ein einheitlicher NH₃ Beladungszustand im SCR System erreicht wird.

Ein weiteres Problem bei den „Unloaded Tests“ ist das, bedingt durch die geringe Motorlast, niedrige Emissionsniveau.

Zur Verdeutlichung sind in Abbildung 9 die NOx Konzentrationen eines Euro 5 und eines Euro 6d-TEMP Dieselfahrzeuges in einem realen Fahrzyklus (ERMES Fahrzyklus) am Rollenprüfstand dargestellt. Die Abbildung zeigt die Konzentrationswerte aufgetragen über den normierten Motorleistungen. Diese stellen den Quotienten aus im jeweiligen Zykluspunkt anliegender Motorleistung zur Nennleistung dar. Das Euro 5 Fahrzeug war mit einem DPF ausgestattet, das Euro 6d-TEMP Fahrzeug mit einem DPF und mit einem SCR System. Deutlich erkennbar sind die geringeren NOx Konzentrationen des Euro 6d-TEMP Fahrzeuges, aber auch die Überschneidung der NOx-Niveaus im Leerlauf und Niedriglastbereich

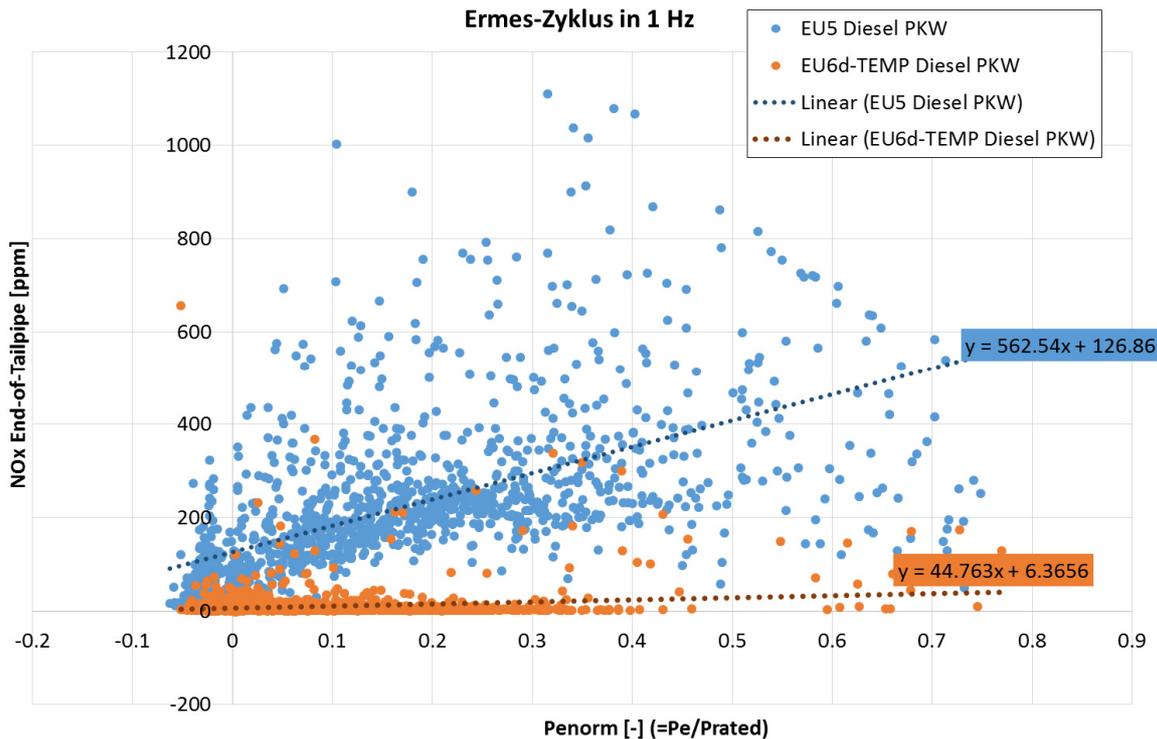


Abbildung 9: NOx Konzentrationen eines Euro 5 und eines Euro 6d-TEMP Dieselfahrzeugs über der normierten Motorleistung in einem ERMES Fahrzyklus.

Dies NOx Emissionen lagen beim Euro 6d-TEMP Fahrzeug hauptsächlich in einem Größenbereich bis 100ppm. In diesem Bereich bewegten sich beim „Unloaded Test“ auch die Konzentrationen im Serienzustand und bei deaktivierter Harnstoffeinspritzung. Ein signifikanter Fehler, wie die deaktivierte Harnstoffeinspritzung, führte also bei diesen Messungen lediglich zu Emissionskonzentrationen wie sie im realen Betrieb unter Last ebenfalls auftreten. Sowohl die Erkennung von abgasrelevanten Fehlern, als auch die Grenzwertdefinition, wann ein Fehler vorliegt, erscheint also zum momentanen Stand mit dieser Art der Emissionsmessung schwierig.

Bei den „Loaded Test“ ist der Aufwand deutlich höher, da diese entweder am Rollenprüfstand oder bei einer realen Fahrt durchzuführen sind. Der Rollenprüfstand stellt für die Prüfstelle ein Investitionsvolumen dar, welches vermutlich viele Werkstätten mit Berechtigung zur AU Durchführung nicht auf sich nehmen würden. Denkbar wäre hier die Schaffung von zentralen Standorten mit solch einer Ausrüstung, welche selbst Abgasuntersuchungen durchführen können, bzw. die NOx Messung im Auftrag für eine mit einer Untersuchung beauftragte Einrichtung abwickeln. Bei den Messungen bei realer Fahrt ist eine repräsentative Wiederholung von Messungen noch nicht gesichert. Auch bei „Loaded Tests“ müsste die Vorkonditionierung definiert werden. Dadurch soll verhindert werden, dass z.B. bei längerem Leerlauf vor einer Messung, der NH3 Level im SCR System niedrig ist, was zu geringen Konvertierungsraten führen würde.

8 Langfristige Zukunftsszenarien für eine AU-Neu

Beim ersten Expertenworkshop setzte sich eine Arbeitsgruppe mit langfristigen Zukunftsszenarios für eine AU-Neu auseinander. Dabei wurden 3 mögliche Szenarien bzw. Entwicklungsmöglichkeiten definiert.

- Remote Sensing als zusätzliches Instrument zum Triggern von AU, dazu evtl. Standardintervalle verändern und auffällige Fahrzeuge aufwändiger untersuchen (anlassbezogene Abgasuntersuchung)
- OBD Daten online übermitteln an unabhängige Stelle, bei Auffälligkeiten wird Fahrzeughalter zur AU geladen (anlassbezogene Abgasuntersuchung)
- OBM (On Board Measurement) mit Übermittlung der Daten an unabhängige Stelle (Monitoring), evtl. mit Vorausschaufunktion (z.B. durch Simulation) auf in Zukunft auftretende Schäden

Der Punkt Remote Sensing wurde bereits in Kapitel 7 im Zuge der anlassbezogenen Aufforderung zur Durchführung einer AU angeführt. Remote Sensing Anlagen sind aktuell bereits in einigen Ländern zu Forschungszwecken im Einsatz. Für die Nutzung als AU Instrument ist eine hohe Anzahl an Anlagen notwendig. Bedingt durch die aktuell geführten Diskussionen rund um die Emissionsproblematik in Ballungszentren und Dieselfahrverboten ist eine Durchdringung mit Messanlagen, welche die Flotte innerhalb dieses Gebiets erfassen kann, vorstellbar. Fahrzeuge, welche innerhalb eines gewissen Zeitraums nicht messtechnisch erfasst werden, müssten dann nach einem vorab definierten Zeitintervall zur AU aufgefordert werden. Alle anderen nur nach einer ebenfalls neu zu definierenden mehrfachen Grenzwertüberschreitung. Mit Remote Sensing ist die Erfassung gasförmiger Emissionskomponenten sowie Partikel möglich. Es könnten aber auch zusätzliche Komponenten erfasst werden (z.B. NH₃). Für alle Emissionen müssten Schwellwerte, anhand derer eine Auffälligkeit bzw. ein Fehler definiert wird, festgelegt werden.

Ein weiterer Vorschlag beschäftigt sich mit der Online Weiterleitung von OBD Daten. Datenschutzrechtliche Randbedingungen sind bei diesen Betrachtungen vorerst ausgeklammert. Mit diesem Ansatz müsste auf jeden Fall wie in 7.2.2 beschrieben eine Erweiterung/Anpassung der aktuellen OBD Diagnostik einhergehen. Im Fall, dass Fehlerspeichereinträge vorliegen, können diese zu einer zentralen Verarbeitungsstelle (z.B.: Zulassungsstelle) gesendet werden. Gleichzeitig wird der Fahrzeughalter vom OBD System auf gefordert nach der Fehlerbehebung eine AU durchzuführen, was wiederum zur Löschung der Benachrichtigung bei der Verwaltungsstelle führt. Nicht erledigte Fehlerbehebungen führen zu einer wiederholten Aufforderung bzw. schlussendlich zur Stilllegung des Fahrzeugs.

Ähnlich verhält es sich mit dem Vorschlag zu OBM. Die aktuell in Erprobung befindlichen OBM sind in Kapitel 7.2.2 bereits näher beschrieben worden (TNO-SEMS). Eine Erweiterung kann der Ansatz durch eine parallel mitlaufende Voraussimulation erfahren. Dabei soll anhand der Entwicklung der im Betrieb erfassten Emissionswerte vorausschauend auf eine innerhalb eines definierten Zeitfensters zu erwartende Fehlfunktion hingewiesen werden. Das Eintreten des Fehlers soll so vorab verhindert werden können. Das Hauptproblem dabei stellen sicherlich die zu erwartende großen Datenmengen dar. Auch die Simulation scheint mit herkömmlichen Algorithmen und Standard Hardwarelösungen nicht möglich zu sein, sodass dieser Ansatz wahrscheinlich in den Bereich des Supercomputings verwiesen werden müsste. Mit der dabei eingesetzten Konzentration von Datenverarbeitungsressourcen wäre es mög-

lich die zu erwartenden großen Datenmengen zu verarbeiten.

All diese Ansätze haben gemeinsam, dass Fahrzeuge nur dann getestet werden, wenn Sie auffällig geworden sind. Das könnte die Akzeptanz für eine AU bei Fahrzeugnutzern erhöhen. Zusätzlich werden im hier vorgestellten Konzept vorerst auch feste Intervalle von vier Jahren eingeplant. Eine anlassbezogene AU wäre zumindest beim Ansatz mit Remote Sensing Anlagen auch für ältere Fahrzeuge vor Euro 6 möglich. Diese Änderung könnte also auch rückwärtsgerichtet angewendet werden. Die Installation von Remote Sensing Anlagen im notwendigen Umfang, würden bei Bund und Ländern jedoch auf jeden Fall hohe Investitionskosten bewirken. Da so nur auffällige Fahrzeuge untersucht würden, wurde in einer Arbeitsgruppe auch der Vorschlag geäußert, dass AU-Messungen mit PEMS Systemen durchgeführt werden könnten. Da diese Systeme jedoch mit hohen Anschaffungs- und Wartungskosten behaftet sind, kann eine derartige Umsetzung vorerst nicht empfohlen werden.

Ein Vorteil der OBD- und OBM-Ansätze wäre, dass Fehler zeitnah nach dem Auftreten repariert werden müssten. Beim Remote Sensing Ansatz ist dieser Vorteil nur dann gegeben, wenn die Häufigkeit solcher Anlagen so groß ist, dass ein regelmäßiges Durchfahren der gesamten Flotte in relativ kurzen zeitlichen Abständen stattfindet. Diese Umsetzung erscheint aktuell noch schwierig.

Bei den OBD- und OBM Ansätzen muss zudem sichergestellt werden, dass Manipulationsmöglichkeiten ausgeschlossen werden können. Die Entwicklung solcher Systeme nimmt auf jeden Fall einen großen Zeitraum in Anspruch. Speziell bei OBM ist zudem neben der eigentlichen Systementwicklung auch die Schaffung einer geeigneten digitalen Infrastruktur notwendig. Weiterhin entstehen Mehrkosten für die Messtechnik, welche in jedem Fahrzeug verbaut und appliziert werden müsste. Das Thema der Kalibrierung der verbauten neuen Sensoren ist ebenfalls noch zu berücksichtigen.

9 Konzept für eine neue Abgasuntersuchung

Aus allen im zweiten Workshop vorgestellten Szenarien wurde schlussendlich ein Konzept für eine mögliche, neue Abgasuntersuchung erstellt. Darin findet eine Unterteilung in kurz- bzw. mittelfristige Ziele und in langfristige Ziele statt. Eine Übersicht der vorgeschlagenen Änderungen, ausgehend vom aktuellen Stand der AU, ist in Abbildung 10 dargestellt.

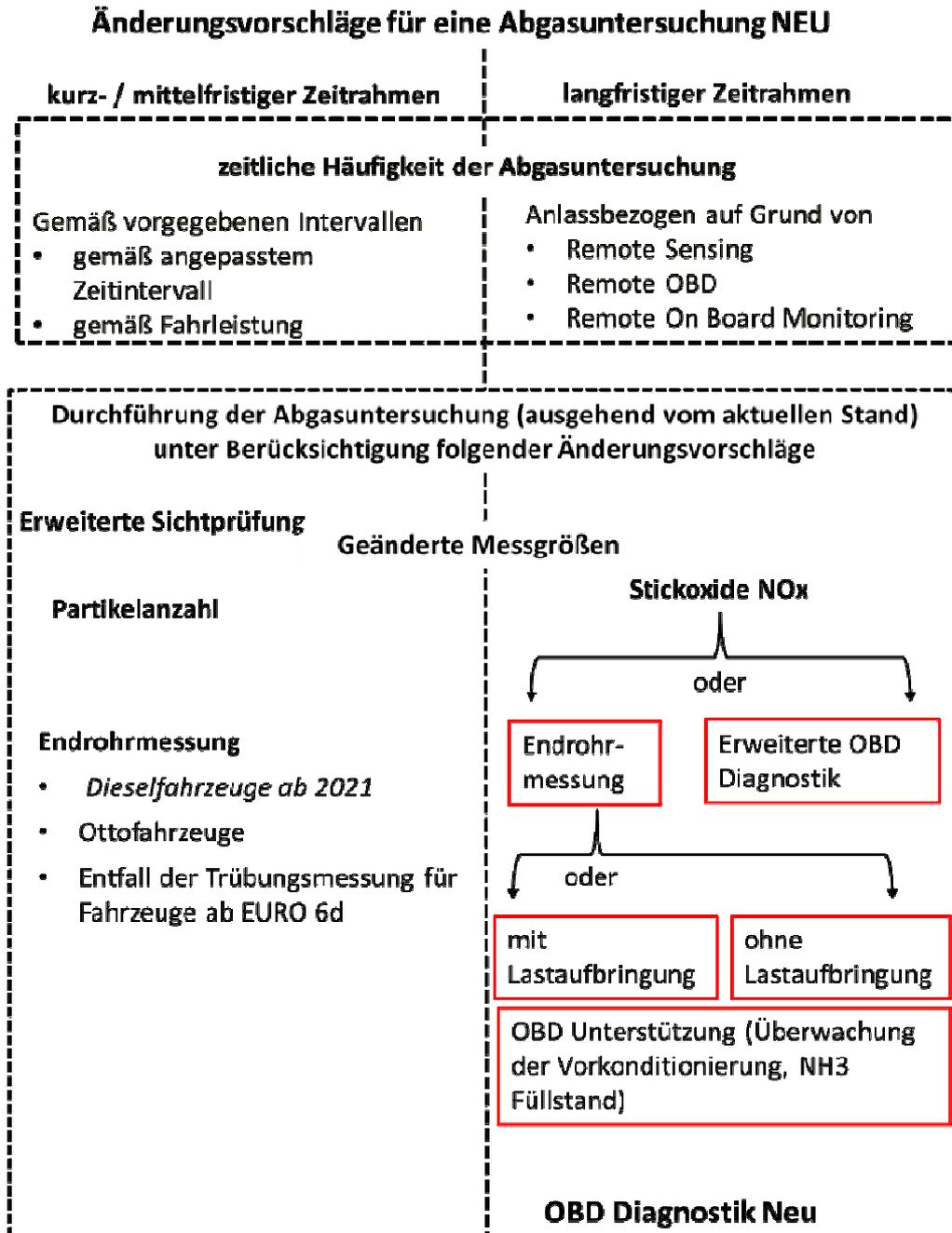


Abbildung 10: Übersicht der vorgeschlagenen Änderungen für eine neue Abgasuntersuchung mit Unterteilung in kurz- bzw. mittelfristige Ziele und in langfristige Ziele

Im Folgenden sind die einzelnen Punkte des Konzeptes näher beschrieben.

9.1 Kurz- und mittelfristige Ziele

9.1.1 Zeitliche Häufigkeit der Abgasuntersuchung

Aktuell ist die Häufigkeit der Abgasuntersuchung in Europa mit zeitlichen Intervallen definiert. Eine Beschreibung dazu befindet sich in Punkt 7.1

In der Gesetzgebung ist in EG/715/2007 definiert, dass die Dauerhaltbarkeit emissionsmindernder Einrichtungen über eine Laufleistung von 160 000 km zu prüfen ist. Dies bedeutet, dass für diese Laufzeit die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte von den Herstellern bei der Zulassung nachgewiesen werden muss.

Laut Kraftfahrbundesamt betrug im Jahr 2017 die jährliche Gesamtfahrleistung aller in Deutschland zugelassenen Kraftfahrzeuge 732,9 Milliarden Kilometer. 86% davon entfielen auf Pkw, 6,4% auf leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 Tonnen Gesamtgewicht. Daraus ergab sich eine durchschnittliche Jahresfahrleistung von 13.922 km/Jahr bei Pkw und von 19.371 km/Jahr bei den leichten Nutzfahrzeugen.

Für die weiteren Betrachtungen wurde eine durchschnittliche Jahresfahrleistung von 15.000 km/Jahr für Pkw und LNF angesetzt. In Tabelle 5 sind diese angesetzte jährliche Fahrleistung, und Fahrleistungen von Vielfahrern, die 30.000 km/Jahr oder 50.000 km/Jahr fahren, innerhalb der aktuell geltenden Überprüfungsintervalle dargestellt.

Tabelle 5: Betrachtung von unterschiedlichen jährlichen Fahrleistungen innerhalb der aktuell gültigen Überwachungsintervalle

Durchschnittliche jährliche Fahrleistung		15.000 km / Jahr	30.000 km/ Jahr	50.000 km/Jahr
Fahrzeugalter [Jahre]	Überprüfungsintervall aktuell [Jahre]	km-Leistung	km-Leistung	km-Leistung
3	3	45000	90000	150000
5	2	75000	150000	250000
7	2	105000	210000	350000
9	2	135000	270000	
11	2	165000	330000	
13	2	195000	390000	

Unter der Annahme, dass die Dauerhaltbarkeit einer Abgasanlage über 160.000 km nachgewiesen werden muss, zeigt sich, dass diese Fahrleistung, je nach Ansatz, in sehr unterschiedlichen Zeitintervallen erreicht wird.

Für eine zukünftige AU-Neu wird daher vorgeschlagen, dass die Intervalle an die Fahrleistung angepasst werden. Bei einem Untersuchungsintervall von 30.000 km käme es zu einer 2-jährlichen Untersuchung bei einer aktuellen durchschnittlichen jährlichen Kilometerleistung in Deutschland. Unter Berücksichtigung der Vielfahrer wird vorgeschlagen, dass das Untersuchungsintervall 30.000 km oder bei einer größeren jährlichen Fahrleistung das Zeitintervall 1 Jahr betragen muss. So soll verhindert werden, dass diese Gruppe innerhalb eines Jahres mehrmals zur AU vorgefahren muss. Ab 160.000 km Fahrleistung soll eine AU in jedem Fall jährlich stattfinden müssen. Im Falle geringer Fahrleistungen (<15.000 km) soll jedoch eine Überprüfung zumindest alle drei Jahre erfolgen müssen, da auch eine geringe Nutzung nicht den Ausfall oder die Fehlfunktion einzelner Komponenten ausschließen kann.

In Tabelle 6 sind die vorgeschlagenen Intervalle zusammengefasst.

Tabelle 6: Vorschlag für Überprüfungsintervalle bei der AU-Neu

Überprüfungsintervalle AU-Neu		
30.000 km	oder	1x jährlich wenn Jahresfahrleistung >30.000 km
oder		
mindestens alle 3 Jahre bei Jahresfahrleistungen <10.000 km		
nach 160.000 km Fahrleistung		
jährliche AU		

Betrachtet man die zeitlichen Aspekte würde sich daraus bei der Häufigkeit der AU-Durchführung eine Mischform aus der aktuellen deutschen und der aktuellen österreichischen Lösung ergeben, wo nach einem Erstintervall von drei Jahren die Folgeuntersuchungen 2-jährig (D) bzw. jährlich (AT) zu erfolgen haben.

9.1.2 Erweiterte Sichtprüfung

Bei der HU wird jedes Fahrzeug aktuell einer optischen Überprüfung unterzogen. Dabei erfolgt auch eine Prüfung der schadstoffrelevanten Bauteile einschließlich Auspuffanlage auf Vorhandensein, Vollständigkeit, Dichtheit und Beschädigung, soweit dies ohne Demontage möglich ist. Für eine zukünftige AU-Neu wird vorgeschlagen diese Sichtprüfung zu erweitern. Durch einfache Demontearbeiten, z.B. der Demontage von Abdeckungen soll es möglich sein Manipulationen festzustellen. Dadurch könnten sogenannte Black Box Lösungen und ähnliches, sowie Deaktivierungen von DPF oder SCR Anlagen unter Umständen leichter erkannt werden. Eine allgemeine Methodik dafür lässt sich nicht eindeutig definieren. Daher werden diese Arbeiten wie bisher im Ermessensspielraum des Prüfers liegen. Der Begriff „einfache Demontearbeiten“ müsste hierfür jedoch in den Vorschriftentext aufgenommen werden, bzw. sollten Beispiele (Entfernung Schutzbleche, Motorabdeckung, etc.) angeführt werden.

9.1.3 Neue Messgrößen bei der Endrohrmessung

Bei der Endrohrmessung ist die Erfassung der Partikelanzahl bei Dieselfahrzeugen ab dem Jahr 2021 in Deutschland angekündigt. Eine genaue Erörterung zu dieser Thematik befindet sich in Kapitel 7.3. Die Methodik inkl. der Grenzwertdefinition ist aktuell in Ausarbeitung und soll ab dem vorgeschriebenen Termin des Inkrafttretens umgesetzt werden. Bei der Methodik werden auch die Messgerätespezifikationen definiert sein. Diese müssen bei der AU auch unter Werkstattbedingungen (härter als Laborbedingungen) funktionieren. Derzeit wird für die zukünftige AU in Deutschland ein Bedarf von ca. 40000 PN Geräten abgeschätzt. In Anbetracht dieser hohen Stückzahlen wird aktuell von einem entsprechend marktverträglichen Anschaffungspreis ausgegangen.

Die Erfassung von Ottofahrzeugen bei der PN-Messung ist aktuell nicht vorgesehen. Der Vorschlag für eine zukünftige AU-Neu sieht die Aufnahme dieser Fahrzeugklasse ebenfalls vor. In Abbildung 11 sind repräsentativ die PN Emissionen aktueller Euro 6d-Temp Diesel und Ottofahrzeuge in RDE Fahrten, welche an der FVT durchgeführt wurden, dargestellt. Darin ist deutlich zu erkennen, dass das Partikelanzahlniveau moderner, direkt einspritzender Otto Motoren das Dieselniveau übersteigt. Eine

Überprüfung der Funktionalität der PN Abgasnachbehandlung bei Ottokonzepten erscheint daher sinnvoll.

Mit dem Vorschlag einher ginge auch die Berücksichtigung bei der Messmethodik (Messgeräteanforderung, Testprozedur), da Diesel und Ottokonzepte ihre üblichen Partikelanzahlmaxima in unterschiedlichen Partikel-Durchmesserbereichen aufweisen.

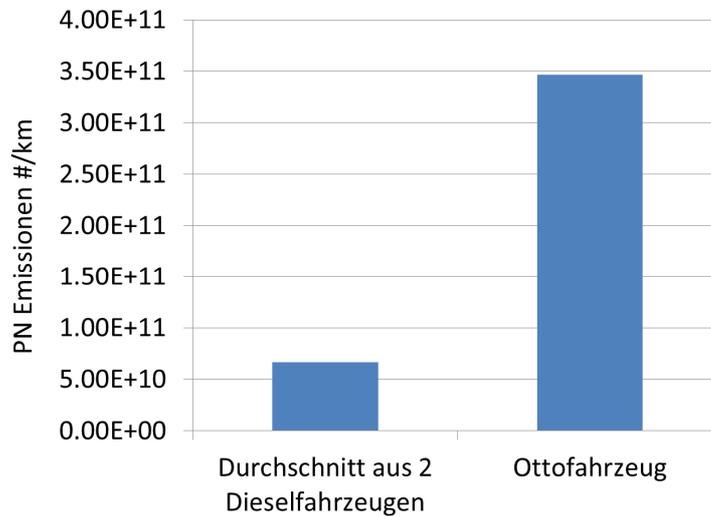


Abbildung 11: Vergleich der PN Emissionen von aktuellen Euro 6d-Temp Diesel und Ottofahrzeugen

Ab dem 01.01.2018 gelten angepasste Grenzwerte bei der Endrohrmessung. Diese sind hier nochmals angeführt.

AU-Grenzwerte Ottomotoren ab 01.01.2018 (Vgl. [1])

- Maximal 0,3% vol.CO bei Kraftfahrzeugen die keine EG-Typgenehmigung (z.B. Import in EU) haben, sowie bei Fahrzeugen die erstmals vor dem 01.07.2002 in den Verkehr gebracht wurden
- Maximal 0,2% vol.CO für alle übrigen Kraftfahrzeuge vor der Abgasnorme Euro 6
- Maximal 0,1% vol. CO für alle Kraftfahrzeuge mit der Abgasnorm ab Euro 6/Euro VI (verpflichtende Anwendung ab dem 01.01.2019)

AU-Grenzwerte Dieselmotoren ab 01.01.2018 (Vgl. [1])

- Kraftfahrzeuge: EZ vor 01.10.2006 → Trübungswert von maximal $2,5\text{m}^{-1}$
- Kraftfahrzeuge: EZ ab 1.10.2006 → Trübungswert von maximal $1,5\text{m}^{-1}$
- Für alle Euro 6-PKW und Euro VI-Nfz → Trübungswert von maximal $0,5\text{m}^{-1}$ (verpflichtend bis 31.12.2018)
- Ab dem 01.01.2019 gelten die neuen Abgasgrenzwerte für die Trübungsmessung bei Euro 6/Euro VI ($0,25\text{m}^{-1}$)

Bei der Messung der Trübungszahl wird vorgeschlagen diese in Diskussion zu stellen. Der aktuelle Grenzwert liegt bei $0,25\text{m}^{-1}$. Der Trübungswert moderner Dieselfahrzeuge mit funktionierendem Dieselpartikelfilter liegt bei $0,1\text{m}^{-1}$. Mit der ab

01.01.2021 durchzuführenden Partikelanzahlmessung kann somit ein Entfall der Trübungsmessung angedacht werden.

9.2 Langfristige Ziele

9.2.1 Anlassbezogene Durchführung der Abgasuntersuchung

Beim zweiten Expertenworkshop lauteten Rückmeldungen aus dem Teilnehmerkreis, dass moderne Fahrzeuge selbst „aufzeigen“ können sollten wenn ein technisches Problem besteht. Damit wäre es möglich durch gesetzliche Rahmenbedingungen eine anlassbezogene Durchführung der Abgasuntersuchung umzusetzen. Diese Form von „Remote Diagnostics“ ist auf jeden Fall nur als langfristiges Ziel umsetzbar. Der Grund dafür liegt in der Entwicklung der Ausstattung der Fahrzeuge. Die Implementierung von Sensoren sowie einer geänderten OBD in Fahrzeuge dauert mehrere Jahre.

Eng ist mit diesem Ansatz eine Anpassung der momentanen OBD Diagnose verknüpft. In Kapitel 7.2.2 sind die Anforderungen und die Probleme einer OBD-Diagnostik-Neu näher beschrieben. Beim zweiten Workshop kristallisierte sich heraus, dass eine derartige Umsetzung nur in enger Kooperation mit den OEM's möglich erscheint. In einem ersten Schritt wäre es notwendig sicherzustellen, dass die OBD Diagnose reale Betriebszustände nahezu vollständig abdeckt. Die in 7.2.2 beschriebene Problematik, dass zum Teil Analysen nur in eingeschränkten Betriebszuständen vorliegen, wie sie bei der Homologationsmessung vorliegen stattfinden, könnte dadurch beseitigt werden. Mit einer robusten OBD Diagnostik ist dann im Weiteren ein Remote Diagnostics Ansatz zu verfolgen. Bei einer Umsetzung ist ein Hauptpunkt der Umgang mit Fehlerspeichereinträgen. Diese müssten bei Auftreten an eine zentrale Verwaltungsstelle gesendet werden. Von dieser aus wird dann der Fahrzeughalter zur Fehlerbehebung und zur Durchführung einer AU aufgefordert. Eine zweite Möglichkeit wäre eine manipulationssichere Hinterlegung von Fehlermeldungen im Fehlerspeicher, und eine Fehlerbehebung und AU Vorführung im alleinigen Verantwortungsbereich des Fahrzeughalters. Die Einhaltung einer vorgeschriebenen Frist könnte allerdings nur im Zuge einer zusätzlichen, zeitlich getriggerten AU überprüft werden. Dazu wird hier eine Frist von 3 Jahren vorgeschlagen. In diesem Abstand müsste dann jedes Fahrzeug, auch wenn keine Fehlermeldungen vorliegen, einmal zur AU gebracht werden.

Im schlechtesten Fall bestünde bei diesem Ansatz die Möglichkeit, dass ein Fahrzeug über diesen Zeitraum mit einem abgasrelevanten Fehler betrieben wird. Die Fehlerbehebung innerhalb eines gewissen Zeitraums müsste also an ein entsprechendes Strafmaß bei Missachtung gebunden sein.

Ein weiterer Vorschlag für eine anlassbezogene AU ist der Einsatz von Remote Sensing Anlagen. Eine genauere Beschreibung dazu befindet sich in Kapitel 7.1. Eine flächendeckende Installation von Remote Sensing Anlagen wäre nicht notwendig, da jeder Fahrzeughalter verpflichtet werden könnte einmal jährlich eigens eingerichtete Remote Sensing Stützpunkte anzufahren. Der Ablauf könnte vollkommen automatisiert werden. Bei Auffälligkeiten wäre eine Wiederholungsmessung zu absolvieren, danach erfolgt die Aufforderung zur Fehlerbehebung und zur Vorführung bei der AU.

Ein zeitlich noch weiter gefasster Vorschlag betrifft das On Board Monitoring. Dabei sollen spezifische Messdaten im Fahrzeug direkt weiter verarbeitet werden und mit Hilfe einer Voraussimulation vorzeitig das Eintreten eines Fehlers erkannt werden. Neben einer dafür ausgebauten OBD Architektur wären auch entsprechende Simula-

tionsanwendungen notwendig, was den Vorschlag nur als sehr langfristigen Ansatz zulässt. In begrenztem Umfang sind solche Lösungen bereits jetzt am Markt, zumindest im Testbetrieb im Einsatz. Unterschiedliche Mobilitätsclubs haben das Joint Venture „Intelematics Europe“ gegründet [12]. Im Jahr 2017 lief ein Großversuch, bei dem die „Hilfe schon vor der Panne“ in der Praxis erprobt wurde. Die im System eingebundenen Algorithmen betrafen jedoch zum Großteil nicht abgasrelevante Bauteile.

9.2.2 Überprüfung der NO_x Emissionen im Rahmen der AU

Neben den Partikelemissionen stellen die NO_x Emissionen die zweite kritische Emissionskomponente dar. Bis jetzt ist im Zuge der AU keine explizierte Überprüfung der NO_x Emissionen im Sinne einer messtechnischen Überwachung vorgesehen. Im Bereich der OBD Diagnose wird insofern darauf eingegangen, dass gemäß dem aktuellen Stand der Technik eine OBD Überwachung von emissionsrelevanten Bauteilen stattfindet. Diese Überwachung beinhaltet (mit allen vorhin beschriebenen Schwächen) auch Bauteile zur NO_x Minderung.

Auch beim Ansatz für eine AU-Neu werden bei den NO_x Emissionen zwei Ansätze verfolgt, die Endrohrmessung von NO_x Emissionen und eine erweiterte OBD Überwachung von NO_x relevanten Bauteilen.

Endrohrmessung von NO_x Emissionen

Wie schon bei der Partikelanzahl sollen bei diesem Ansatz auch die NO_x Emissionen messtechnisch erfasst werden. In Kapitel 7.4 ist ausführlich beschrieben wie so eine Vermessung aussehen könnte. Aktuell gibt es dazu zwei Vorschläge, eine Vermessung unter Last oder eine Vermessung in Leerlaufpunkten ohne Lastaufbringung. Die Vermessung mit Lastaufbringung kann entweder auf einem Rollenprüfstand oder während einer Realfahrt erfolgen. Anstelle eines herkömmlichen Emissionsprüfstandes könnte eine vereinfachte Lastaufbringung unter Umständen mittels umgerüsteter Bremsenprüfstände erfolgen. Diese Prüfstände stehen aktuell bei einer Hauptuntersuchung schon zur Verfügung. Beim Ansatz mit Realfahrten stellt das Hauptproblem die Methodendefinition dar, wie solch eine Fahrt, mit der entsprechenden kurzen Dauer, durchzuführen ist. Auch eine geeignete Messtechnik steht für solche Messfahrten aktuell bei den Prüfstellen noch nicht zur Verfügung.

Die bereits geschilderten Ansätze mit Leerlaufmessungen brachten bei aktuellen Untersuchungen zum Teil keine zufriedenstellenden Ergebnisse mit sich. Ein Vorschlag dazu lautete, dass Fahrzeughersteller die NO_x Konzentrationen im Leerlauf bei der Typprüfung mitbestimmen könnten und die Werte für eine spätere AU zur Verfügung stellen. Bei dieser sind diese Werte dann einzuhalten.

Wenn der Vorsatz zu einer NO_x Endrohrmessung weiter verfolgt werden soll, sind langfristig jedenfalls noch umfangreiche Arbeiten zur Methodenentwicklung notwendig. Damit einhergehend muss auch die Möglichkeit der Fahrzeugkonditionierung vor der Messung abgeklärt werden. Neben einem entsprechenden Temperaturniveau in der Abgasnachbehandlungsanlage ist, z.B. bei SCR Katalysatoren, auch der NH₃ Füllstand ein erheblicher Einflussfaktor auf die NO_x Konvertierungsrate. Um hier vor AU Messungen eine einheitliche Konditionierung gewährleisten zu können, wäre unter Umständen eine entsprechende Steuergeräteapplikation notwendig. Die Entwicklung solch einer Applikation wäre einer bereits angesprochenen OBD-Erweiterung zuzurechnen und müsste neben dem eigentlichen Entwicklungsprozess auch die komplette Zulassung durchlaufen. Eine Steuergeräteunterstützung wäre auch schon bei den angesprochenen Rollenmessungen notwendig. Um moderne Fahrzeuge auf

einem Rollenprüfstand zu betreiben ist die Aktivierung eines sogenannten Rollenmodus notwendig. Dieser ermöglicht die Abschaltung der Fahrerassistenzsysteme um das Fahrzeug auf 2WD Prüfständen mit nur einer angetriebenen Achse betreiben zu können.

NOx Überwachung durch erweiterte OBD Diagnostik

Ein zweiter Ansatz bei der NOx Überwachung besteht darin diese nur durch eine verbesserte und erweiterte OBD Diagnostik zu bewerkstelligen. Dieser Bereich bewegt sich in einem Spannungsfeld. Es gibt keine einheitliche klare Linie gegenüber den Fahrzeugherstellern. Einerseits herrscht grundsätzliches Misstrauen, andererseits wird (wie im hier vorliegenden Beispiel) verlangt, dass Hersteller zusätzliche Systeme in ihre OBD Architektur implementierten. Da dieser Ansatz nicht nur die Überwachung der NOx Emissionen betrifft wird er im Folgenden in einem eigenen Punkt behandelt.

9.2.3 Erweiterte OBD Diagnostik

Ein Hauptkritikpunkt an der aktuellen OBD Diagnostik ist, dass aktuell eine OBD Abfrage nur wenige von den intern vorhandenen Informationen zur Auslesung freigibt. Es müssten herstellerübergreifende Standards erarbeitet werden, damit mehr Daten auslesbar sind. Die einzelnen Lösungen in OBD Systemen stellen aktuell jedoch herstellerindividuelle und proprietäre Lösungen dar. Eine genaue Beschreibung der Problematik befindet sich in Kapitel 7.2.2.

Derzeit bestehen, zum Teil aufgrund von gesetzlichen Unschärfen, offensichtliche Schwächen in den aktuellen OBD Systemen, da die Funktionsüberprüfung nur in Typprüfzyklen am Rollenprüfstand durchgeführt wird. Der erste Verbesserungsvorschlag bezieht sich auf die Homologation des OBD Systems. Diese sollte auf den RDE Test erweitert werden um sicherzustellen, dass ein breiter Betriebspunktebereich robust abgesichert ist. Dies wäre auch für die bereits angeführte anlassbezogene AU Durchführung notwendig.

Ein zweiter, zeitlich länger gefasster Vorschlag ist, die grundsätzliche Erweiterung der Überwachungsfunktion des OBD Systems. Zusätzlich soll die Möglichkeit von Diagnosejobs geboten werden, welche bei der AU von den Prüfern durchgeführt werden können. Dazu wären allerdings technisch individuelle Lösungen je Hersteller und Baureihe erforderlich. Die Machbarkeit bzw. der Aufwand im Vergleich zum Mehrwert müssten dabei jedenfalls hinterfragt werden.

Grundsätzlich ist aktuell der Zeitpunkt für die Einbringung solcher Vorschläge günstig, da gerade erste Untersuchungen zu einer Emissionsgesetzgebung nach Euro 6 starten.

Eine Erweiterung der On Board Diagnose kann in jedem Fall nur mit einer engen Zusammenarbeit mit Steuergeräteentwicklern verwirklicht werden.

10 Literatur

- [1] Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe e. V. Zentralverband (ZDK), 2017. Abgasuntersuchung(AU): Information für AU-Werkstätten zur Änderung der Richtlinie für die Durchführung der Untersuchung der Abgase an Kraftfahrzeugen (AU-Richtlinie). Berlin: Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK)
- [2] AU-Mängelstatistik; Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK); September 2017
- [3] J. Sintermann, G.-M. Alt, M. Götsch, F. Baum, V. Delb: Langjährige Abgasmessungen im realen Fahrbetrieb mittels Remote Sensing, Kanton Zürich / Baudirektion / Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Zürich, April 2018
- [4] Carstens St., Sensoren in Abgasnachbehandlungssystemen, Seminar der MTEC Akademie, Göttingen, November 2016
- [5] Regelung Nr. 83 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der Emission von Schadstoffen aus dem Motor entsprechend den Kraftstoffanforderungen des Motors [2015/1038]
- [6] Cornelia N., Tobias P., Alexander F., Verfahren zur Überwachung eines SCR-Katalysators. Robert Bosch AG, 2015; Patentschrift DE102015207670A1
- [7] Dimitrios N. Tsinoglou, Grigorios C. Koltsakis and Zissis C. Samaras, Performance of OBD systems for Euro 4 level vehicles and implications for the future OBD legislation, Laboratory of Applied Thermodynamics, Aristotle University of Thessaloniki, 2007
- [8] Kadijk G., et al., NOx emissions of eighteen diesel Light Commercial Vehicles: Results of the Dutch Light-Duty road vehicle emission testing programme 2017; TNO Report TNO 2017 R11473
- [9] Kadijk G., et al., Investigation into a Periodic Technical Inspection (PTI) test method to check for presence and proper functioning of Diesel Particulate Filters in light-duty diesel vehicles. TNO report TNO 2017 R10530, 2017
- [10] Barlow T., Müller G., Mäurer H., Buekenhoudt P., Schulz W., IGeis I., Multari A., Petelet G., SET – Sustainable Emissions Test, Final Report, Final version, CITA, 1st September, 2015
- [11] Müller G., Sustainable Emission Testing, SET II Project, General Findings, Ergebnispräsentation, CITA, Brüssel 2017
- [12] APA Presseaussendung/OTS_20160107_OTS0063 vom 07.06.2016 “ÖAMTC entwickelt mit internationalen Partnern "Connected Car"-Dienste“