

Ersetzt / Remplace / Replaces:
SN 277206:2011

Ausgabe / Edition: 2014-06
ICS Code: 43.060.40

Verbrennungsmotoren – Abgasnachbehandlung – Partikelfiltersysteme – Prüfverfahren

Moteurs à combustion – Post-traitement des gaz
d'échappement – Systèmes de filtres à particules –
Méthode de test

Internal Combustion Engines – Exhaust Gas
After-treatment – Particle Filter Systems –
Testing Method

Für diese Norm ist das Normen-Komitee INB/NK 205 << Abgasnachbehandlung von Verbrennungsmotoren >> des interdisziplinären Normenbereichs zuständig.

La présente norme est de la compétence du comité de normalisation INB/NK 205 << Post-traitement des gaz d'échappement pour moteurs à combustion >> du secteur interdisciplinaire de normalisation.

The standardization committee INB/NK 205 << Abgasnachbehandlung von Verbrennungsmotoren >> of the interdisciplinary sector is in charge of the present standard.

Ref Nr. / No. de réf / No ref.:
SN 277206:2014 de

Herausgeber / Editeur / Editor
SNV Schweizerische
Normen-Vereinigung
Bürglistrasse 29
CH-8400 Winterthur
© SNV

Vertrieb / Distribution
SNV Schweizerische
Normen-Vereinigung
Bürglistrasse 29
CH-8400 Winterthur

Anzahl Seiten / Nombre de pages / Number of pages:
49

Gültig ab / Valide de / Valid from:
2014-06-01

Preisklasse / Classe de prix / Price class:
0000 SNV

Copyright notice

© SNV 2014

Alle Rechte vorbehalten; Nachdruck oder Vervielfältigung, Aufnahme auf oder in sonstige Medien oder Datenträger sind nur mit ausdrücklicher Zustimmung der SNV gestattet!

SNV Schweizerische Normen-Vereinigung
SNV Association Suisse de Normalisation
SNV Swiss Association for Standardization
Bürglistrasse 29
CH-8400 Winterthur
Telefon: ++41 52 224 54 54
Telefax: ++41 52 224 54 74
E-mail: verkauf@snv.ch
<http://www.snv.ch>

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Definitionen	6
4 Abkürzungen	8
5 Prüfung des Filtersystems	9
5.1 Übersicht über den Prüfablauf	9
5.2 Technische Dokumentation und visuelle Prüfung.....	9
5.3 Teilprüfung Filtration	10
5.4 Teilprüfung Regeneration.....	12
5.5 Teilprüfung Sekundäremissionen	13
5.6 Teilprüfung Funktionsüberwachung	15
5.7 Teilprüfung Dauerlauf	15
6 Prüfstand	16
6.1 Prüfstandaufbau	16
6.2 Prüfmotor, Treibstoff, Schmieröl	17
7 Prüfzyklen	17
7.1 Stationäre Mehrpunktezyklen	17
7.2 Freie Beschleunigung.....	18
7.3 Regenerationszyklus.....	18
8 Messmethoden	19
8.1 Allgemeines	19
8.2 Partikelanalytik bei Stationärbetrieb	19
8.3 Abgastrübung.....	21
8.4 Gasanalytik	22
8.5 Analytik der Sekundäremissionen.....	22
9 Prüfbericht	22
Anhang A (informativ) Partikelfilter-Familien	23
Anhang B (informativ) Messung von Sekundäremissionen	25
Anhang C (informativ) Spezielle Filterprüfungen	28
Anhang D (normativ) Datenblätter des Prüfberichtes	29

Vorwort

Die vorliegende Schweizer Norm SN 277206 wurde vom SNV-Normenkomitee INB/NK 205 "Abgasbehandlung von Verbrennungsmotoren" erarbeitet. Dieses Komitee bestand aus Vertretern von Industrie, Verbänden, Bundesverwaltung, Hochschulen, Forschungsinstituten, Prüfstellen und weiteren Fachexperten. Das Sekretariat wurde von der SNV geführt.

Zweck dieser Norm ist es, Methoden und Verfahren für die Prüfung der Wirksamkeit und der Tauglichkeit von Partikelfiltersystemen für Verbrennungsmotoren festzulegen. Solche Prüfverfahren werden namentlich für die Beurteilung von Partikelfiltersystemen für Nutzfahrzeuge, Busse des öffentlichen Verkehrs, Baumaschinen und stationäre Anlagen, aber auch für Personenwagen mit Verbrennungsmotoren benötigt.

Bei der vorliegend beschriebenen Prüfmethode handelt es sich um eine "Komponenten-Prüfung", wobei das Partikelfiltersystem (als Ganzes) als eine Komponente, beispielsweise eines Nutzfahrzeugs oder einer Baumaschine, betrachtet wird. Geprüft werden die Eigenschaften und das Verhalten der Komponente "Partikelfiltersystem", nicht etwa das Emissionsverhalten des Fahrzeugs oder der Baumaschine an sich.

Die SN 277206 beruht weitgehend auf der früheren SNR 277205 und dem aus einem Forschungsprojekt hervorgegangenen und seit rund 10 Jahren verwendeten VERT-Eignungstest. Die Norm beschreibt, wie Partikelfiltersysteme aus technischer, physikalischer und chemischer Sicht geprüft werden sollen. Hingegen enthält sie keine Anforderungen im Sinne von einzuhaltenden Grenzwerten.

Wie alle Normen hat auch die SN 277206 von sich aus keine eigene Rechtskraft. Sie ist ein technisches Konsensdokument und hat den Charakter einer Empfehlung. Rechtskraft erhalten Normen erst, wenn in privaten Verträgen oder in Gesetzen und Verordnungen auf sie Bezug genommen wird und dort deren Anwendung festgelegt wird. Dies betrifft namentlich auch die Frage, ob eine vollständige Prüfung mit allen Teilprüfungen durchgeführt oder nur die Durchführung von bestimmten Teilprüfungen vereinbart wird.

Einleitung

Diesel- und andere Verbrennungsmotoren emittieren in ihrem Abgas Partikel, die gesundheitsschädlich sind. Gesundheitlich besonders relevant sind die ultrafeinen Russpartikel, da sie tief in die menschliche Lunge eindringen können und krebserregend sind. Krebserregende Emissionen müssen nach dem besten verfügbaren Stand der Technik minimiert werden.

Heute stehen hochwirksame Partikelfiltersysteme zur Verfügung, welche die Anzahl der emittierten Partikel um mehr als 99 Prozent vermindern können. Die vorliegende Norm beschreibt, wie Partikelfiltersysteme auf ihre Wirksamkeit und Praxistauglichkeit geprüft werden sollen. Sie legt ein besonderes Augenmerk auf die Wirksamkeit des Filtersystems bezüglich der Abscheidung von ultrafeinen Partikeln.

Die Prüfphilosophie der vorliegenden Norm beruht auf sechs wesentlichen Punkten:

1. Die Filtration ist ein physikalischer Prozess, der unter den gleichen Bedingungen immer gleich abläuft und im Wesentlichen von der Partikelgrösse und von der Durchströmungsgeschwindigkeit der Abgase durch den Filter abhängt. Auf dem Prüfstand stehen deshalb zunächst die rein physikalischen Eigenschaften des Filtersystems im Vordergrund. Diese sind an sich unabhängig vom späteren Einsatzbereich des Filters.
2. Filtersysteme eines Herstellers, die auf der gleichen Filtertechnologie beruhen, aus den gleichen Hauptkomponenten bestehen, gleich aufgebaut sind und sich lediglich in ihrer Grösse unterscheiden, bilden eine sog. Filterfamilie. Wegen der funktionellen Gleichheit dieser Filtersysteme genügt es, pro Filterfamilie nur einen einzigen Repräsentanten zu prüfen. Die Prüfergebnisse sind dann auf andere Exemplare der Filterfamilie übertragbar.
3. Die Charakterisierung der Filtrationseigenschaften des Partikelfiltersystems erfolgt ausschliesslich aufgrund der Abscheideleistung für die Anzahl ultrafeiner Feststoffpartikel im Grössenbereich von 20 bis 300 Nanometer. Damit konzentriert man sich erstens auf die gesundheitlich wichtigsten Partikel und verwendet zweitens ein Messverfahren, welches zuverlässige und aussagekräftige Messresultate liefert. Durch die angewendete Heissgasverdünnung und die Beschränkung auf Feststoffpartikel werden messtechnische Artefakte infolge von Kondensation gasförmiger Substanzen vermieden.
4. Filtrations-Resultate, die mit einem Prüfmotor gemessen wurden, können auf andere Dieselmotoren übertragen werden, falls die Motor- und die Filtergrösse so aufeinander abgestimmt werden, dass die Durchströmungsgeschwindigkeit der Abgase durch den Filter (d.h. die sog. Raumgeschwindigkeit) den bei der Filtrationsprüfung angewandten Wert nicht überschreitet.
5. Partikelfiltersysteme können toxische Sekundäremissionen erzeugen. Dies kann vor allem bei Verwendung von katalytisch wirkenden Substanzen (z.B. in Filterbeschichtungen oder Treibstoffadditiven) der Fall sein. Aus diesem Grund ist in der vorliegenden Norm auch eine Prüfung der Sekundäremissionen vorgeschrieben.
6. Im Hinblick auf die spätere Verwendung des Partikelfiltersystems wird - zusätzlich zu den Messungen auf dem Prüfstand - ein Praxistest (Dauerlaufprüfung) des Filtersystems durchgeführt. Dieser Test erfolgt in einer typischen Anwendung, für die das Filtersystem später eingesetzt werden soll (z.B. Baumaschine, Strassenfahrzeug, stationärer Motor). Mit dieser Prüfung lassen sich allfällige Schwächen eines Filtersystems bei Dauerbeanspruchung unter Realbedingungen erkennen.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm gilt für die Prüfung von Partikelfiltersystemen, die zwecks Minderung der Partikelemissionen in den Abgasstrom von Verbrennungsmotoren eingebaut werden.

Anmerkung: Im Vordergrund steht die Prüfung von Partikelfiltersystemen für die Nachrüstung von bestehenden Fahrzeugen, Maschinen und Motoren. Nach Bedarf können Teile der Norm jedoch auch auf die Prüfung von Partikelfiltersystemen für die Erstausrüstung (OEM, Original Equipment Manufacturing) angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

SN EN ISO 8178-1:1996, *Hubkolben-Verbrennungsmotoren — Abgasmessung — Teil 1: Messung der gasförmigen Emission und der Partikelemission auf dem Prüfstand* (ISO 8178-1:1996)

SN EN ISO 8178-2:1996, *Hubkolben-Verbrennungsmotoren — Abgasmessung — Teil 2: Messung der gasförmigen Emission und der Partikelemission am Einsatzort* (ISO 8178-2:1996)

SN EN ISO 8178-4:1996, *Hubkolben-Verbrennungsmotoren — Abgasmessung — Teil 4: Prüfzyklen für verschiedene Motorverwendungen* (ISO 8178-4:1996)

SN EN ISO 8178-6:2000, *Hubkolben-Verbrennungsmotoren — Abgasmessung — Teil 6: Prüfzyklen für verschiedene Motorverwendungen* (ISO 8178-6: 2000)

ISO 11614:1999, *Reciprocating internal combustion compression-ignition engines — Apparatus for measurement of the opacity and for determination of the light absorption coefficient of exhaust gas*

ISO 15900:2009, *Determination of particle size distribution — Differential electrical mobility analysis for aerosol particles*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

EN 14792:2006, *Emissionen aus stationären Quellen — Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden (NOx) — Referenzverfahren: Chemilumineszenz*

3 Definitionen

Für die Anwendung der vorliegenden Norm gelten die folgenden Definitionen:

Begriff	Definition
Abgastrübung	<p>Mass für die Lichtschwächung (Optische Trübung, Opazität) der Motorenabgase infolge der im Abgas vorhandenen Partikel.</p> <p>Die Abgastrübung wird mit einem Opazimeter gemessen. Sie wird als Trübungskoeffizient (Trübung) angegeben und hat die Dimension m^{-1}.</p>
Abscheidegrad	<p>Der Abscheidegrad eines Filters ergibt sich als Differenz aus 1 minus Durchlassgrad (als Zahl) resp. aus 100 % minus Durchlassgrad in Prozent (als Prozentzahl).</p> <p>Je nach der interessierenden Messgrösse werden unterschiedliche Abscheidegrade definiert. Die vorliegende Norm bezieht sich bei Partikelemissionen immer auf den Abscheidegrad bezüglich der Partikel-Anzahl.</p> <p>Der Abscheidegrad wird üblicherweise als Prozentzahl angegeben. Negative Abscheidegrade bezeichnen erhöhte Emissionen nach dem Filter, was eine sekundäre Bildung des Schadstoffes anzeigt.</p>

Additiv	<p>Katalytisch wirkende Substanz (oft metallorganische Verbindung), die dem Motoren-treibstoff in geringen Mengen (im ppm-Bereich) beigemischt wird und sich in der Verbrennung durch Bildung feinsten Oxidcluster in einen aktiven Katalysen um-wandelt.</p> <p>Durch die Katalyse wird die Zündtemperatur des Russes im Filter herabgesetzt und die chemische Reaktion beschleunigt.</p> <p>Additive gelten als <i>gleich</i>, wenn sie vom gleichen Hersteller stammen, aus den gleichen katalytisch wirkenden Substanzen bestehen und in einer Konzentration (ppm) verwendet werden, welche höchstens doppelt so hoch ist wie die Additivkonzentration gemäss ursprünglicher Herstellerangabe.</p>
Beschichtung	<p>Belegung eines Teils oder der ganzen dem Abgas zugänglichen Oberfläche des Filterelements mit einer katalytisch wirkenden Substanz.</p> <p>Durch die Katalyse wird die Zündtemperatur des Russes im Filter herabgesetzt und die chemische Reaktion beschleunigt.</p> <p>Beschichtungen gelten als <i>gleich</i>, wenn sie aus der gleichen Art und Menge ($\pm 30\%$) von katalytisch wirkenden Substanzen bestehen.</p>
Beweglichkeitsdurch-messer	<p>Als Beweglichkeitsdurchmesser (Mobilitätsdurchmesser) gilt der Durchmesser einer Kugel, welche die gleiche Beweglichkeit aufweist wie das beobachtete (in der Regel nicht kugelförmige) Partikel.</p> <p>Anmerkung: Der Beweglichkeitsdurchmesser ist unabhängig von der Dichte des Partikels.</p>
Durchlassgrad	<p>Verhältnis einer nach dem Filter (d.h. im Reingas) gemessenen Grösse zum entsprechenden Wert vor dem Filter (d.h. im Rohgas).</p> <p>Anstelle des Verhältnisses "nach dem Filter / vor dem Filter" wird auch das Verhältnis "mit Filter / ohne Filter" als Durchlassgrad bezeichnet.</p> <p>Je nach der interessierenden Messgrösse werden unterschiedliche Durchlassgrade definiert. Die vorliegende Norm bezieht sich bei Partikelemissionen immer auf den Durchlassgrad bezüglich der Partikel-Anzahl.</p> <p>Der Durchlassgrad wird üblicherweise als Prozentzahl angegeben. Durchlassgrade über 100 % bezeichnen erhöhte Emissionen nach dem Filter, was eine sekundäre Bildung des Schadstoffes anzeigt.</p>
Partikel	<p>Bestandteile von Motorenabgasen, die bei 573 K (300 °C) dispers verteilt als feste oder tröpfchenförmige Teilchen in Schwebelage vorliegen.</p>
Partikel-Anzahlkonzentration	<p>Anzahl der Feststoff-Partikel mit einem Beweglichkeitsdurchmesser zwischen 20 und 300 Nanometer pro Volumeneinheit in einer bestimmten Grössenklasse.</p> <p>Anmerkung: Die Feststoff-Partikel werden von Flüssigkeitsteilchen aus dem Motorenabgas abgetrennt, indem das Abgas verdünnt und durch ein auf bei 573 K (300 °C) beheiztes Rohr geführt werden. Das Verfahren ist vergleichbar mit der Particle Number Emissions Measurement-Methode gemäss UN ECE Reglement R.83 Annex 4a Appendix 5.</p>
Partikelfilter-Familie	<p>Filtersysteme, die auf der gleichen Filtertechnologie beruhen, aus den gleichen Hauptkomponenten bestehen, gleich aufgebaut sind und sich lediglich in ihrer Grösse und geometrischen Ausgestaltung (z.B. radiale statt axiale Zuströmung) unterscheiden, bilden eine sog. Filterfamilie.</p> <p>Anmerkung: Bezüglich des Begriffs "Hauptkomponenten" siehe Stichwort "Partikelfilter-System"</p>

Partikelfilter-System	<p>Filtersystem zur Abscheidung von Partikeln aus Motorenabgasen.</p> <p>Die Hauptkomponenten eines Partikelfilter-Systems sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filterelement (Filtermedium) • katalytische Komponenten (Katalysatoren, Beschichtungen oder Additive) • Regenerationseinrichtung (wie Brenner oder elektrische Zündhilfen) <p>Nebenkomponenten sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • elektronische Kontrolleinheit. • zusätzliche Funktionselemente (wie Additivdosierung oder Einspritzung von Zusatzkraftstoff für katalytische Verbrennung)
Raumgeschwindigkeit	<p>Verhältnis des Abgasvolumenstromes unter Betriebsbedingungen (tatsächlicher Druck und Temperatur) im Partikelfiltersystem (m^3/s) zum Volumen des Partikelfiltermediums (m^3).</p> <p>Anmerkung: Raumgeschwindigkeit ist ein Ausdruck aus der chemischen Verfahrenstechnik. Sie ist nicht eine Geschwindigkeit im physikalischen Sinn (Weg/Zeit), sondern hat die Dimension 1/Zeit. Die Raumgeschwindigkeit entspricht dem Reziprokwert der Verweilzeit der Abgase im Partikelfiltersystem.</p>
Regeneration	<p>Verbrennen des im Filterelement gesammelten und gespeicherten Russes.</p> <p>Der Regenerationsvorgang beginnt, wenn im Filterelement die Verbrennungstemperatur des Russes erreicht wird. Die Regeneration eines Filters kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Wird der Regenerationsvorgang durch einen Steuer- oder Regelimpuls, beispielsweise verbunden mit Energiezufuhr, eingeleitet, so spricht man von aktiver Regeneration, andernfalls von passiver Regeneration</p>
Sekundäremissionen	<p>Schadstoffemissionen, die durch den Einsatz des Partikelfilter-Systems entstehen oder deren Konzentration durch den Einsatz des Partikelfilter-Systems erhöht wird.</p> <p>Diese Schadstoffe können in der motorischen Verbrennung oder im Partikelfilter-System selbst entstehen. Es können Gase oder Partikel sein, und es kann sich um gesetzlich limitierte oder nichtlimitierte Schadstoffe handeln.</p>
Verbrennungsmotor	<p>Kolbenmaschine, die durch innere Verbrennung eines Treibstoffs mechanische Arbeit verrichtet.</p> <p>Innere Verbrennung bedeutet dabei Verbrennung innerhalb des Arbeitsraumes. Als Treibstoff kommen neben Dieselöl, Benzin oder fossilen Gasen auch flüssige oder gasförmige biogene Treibstoffe in Frage.</p>

4 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
CO	Kohlenmonoxid
CPC	Condensation Particle Counter, Kondensationskernzähler
FBC	Fuel Borne Catalyst, katalytisch wirkendes Treibstoff-Additiv
HC	Kohlenwasserstoffe
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxide

5 Prüfung des Filtersystems

5.1 Übersicht über den Prüfablauf

Die Prüfung des Partikelfiltersystems besteht aus mehreren Teilprüfungen, die zum Teil einmal, zum Teil wiederholt durchgeführt werden müssen. Eine Übersicht über den gesamten Prüfablauf und die hauptsächlichen Prüfinhalte ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 — Übersicht über den Prüfablauf

Prüf-schritt	Prüfung	Hauptsächlicher Prüfinhalt	Kapitel
A	Technische Dokumentation und visuelle Prüfung	Technische Funktionsbeschreibung des Filtersystems und visuelle Prüfung der Bauart	5.2
B	Filtrationsprüfung des fabrikneuen Filters	Bei stationärem Motorbetrieb: Ermittlung des Abscheidegrades Partikelanzahl für Feststoffpartikel im Grössenbereich 20 nm bis 300 nm.	5.3.3
C	Regenerationsprüfung	Ermittlung der Abgastemperatur und des Druckverlustes des Filters sowie der während der Regenerationsprüfung auftretenden partikel- und gasförmigen Emissionen.	5.4
D	Sekundäremissionstest	Messung von toxischen Stoffen, welche durch das Filtersystem erzeugt werden.	5.5
E	Funktionsüberwachungsprüfung vor Dauerlauf	Prüfung von elektronischer Steuerung und Überwachung des Filtersystems, Speicherung der Betriebsparameter, Auslösung von Warnungen und Alarmen.	5.6
F	Dauerlaufprüfung	Praxiserprobung des Filtersystems in einer typischen Anwendung während mindestens 1000 Betriebsstunden.	5.7
G	Filtrationsprüfung nach Dauerlauf	Bei stationärem Motorbetrieb: Ermittlung des Abscheidegrades Partikelanzahl für Feststoffpartikel im Grössenbereich 20 nm bis 300 nm.	5.3.4
H	Funktionsüberwachungsprüfung nach Dauerlauf	Wie oben bei E	5.6
I	Prüfbericht	Zusammenstellung und Kommentierung der Prüf- und Messergebnisse	9

5.2 Technische Dokumentation und visuelle Prüfung

Vorgängig der Prüfung muss dem Prüflabor eine detaillierte technische Beschreibung des Filtersystems eingereicht werden, namentlich betreffend Werkstoff und Struktur des Filtermediums, Regenerationstechnik, Art und Anwendung von katalytisch wirksamen Substanzen, Funktionsüberwachung sowie Auslegungsgrenzen bezüglich Abgastemperatur und Raumgeschwindigkeit (resp. Verweilzeit) der Abgase im Filter.

Zudem ist visuell zu prüfen, ob

- auf dem Filtergehäuse ein Typenschild angebracht ist, das die Zuordnung zur Partikelfilter-Familie angibt und die Seriennummer des Filters enthält,
- das Filtergehäuse vor dem Filterelement eine verschliessbare Messöffnung aufweist,

- die Durchströmungsrichtung der Abgase durch das Filter durch einen Pfeil gekennzeichnet ist,
- durch bauliche Massnahmen verunmöglicht ist, dass das Filterelement in umgekehrter Richtung montiert werden kann.

5.3 Teilprüfung Filtration

5.3.1 Allgemeines

Die Prüfung der Filtrationseigenschaften des Partikelfiltersystems erfolgt auf einem Prüfstand nach 6.

Der Partikelanzahl-Abscheidegrad kann auf zwei verschiedene Arten ermittelt werden: aus Messungen "nach dem Filter / vor dem Filter" oder aus Messungen "mit Filter / ohne Filter". Es sind beide Messarten zulässig.

Falls das Partikelfiltersystem mit Treibstoffadditiven arbeitet, muss bei der Messart "nach dem Filter / vor dem Filter" die Messung "vor dem Filter" ohne Zugabe des Additivs erfolgen. Dadurch wird sichergestellt, dass allfällige Emissionen von Additivpartikeln und deren Einfluss auf den Abscheidegrad erfasst werden.

5.3.2 Filtergrösse und Grösse des Prüfmotors

Für die Filtrationsprüfung auf dem Motorenprüfstand müssen die Grösse des zu prüfenden Partikelfiltersystems und die Grösse des Prüfmotors aufeinander abgestimmt sein. Im Nennbetriebspunkt des Prüfmotors muss die Raumgeschwindigkeit im Filtersystem den vom Filterhersteller angegebenen maximal zulässigen Wert mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ erreichen. Nötigenfalls ist für die Prüfung ein Partikelfiltersystem in der entsprechenden Grösse zu bauen (als grössenangepasster Repräsentant für die zu prüfende Filterfamilie), oder es ist der maximale Gasdurchsatz durch den Prüfmotor durch Limitierung der Motorleistung entsprechend zu beschränken.

Filtergrösse beim Dauerlauf:

Je nach der Anlage, auf welcher die Dauerlaufprüfung durchgeführt wird, kann für den Dauerlauf eine andere Filtergrösse derselben Filterfamilie gewählt werden. In solchen Fällen kann bei der Filtrationsprüfung nach dem Dauerlauf die Grösse des zu prüfenden Partikelfiltersystems von der für den Prüfmotor empfohlenen Grösse abweichen.

Sonderfälle bei der Filtrationsprüfung nach dem Dauerlauf:

In begründeten Sonderfällen (zum Beispiel bei sehr grossen Filtern, die auf üblichen Prüfmotoren nicht installiert werden können) darf die Filtrationsprüfung nach dem Dauerlauf auf der Anlage selbst, in entsprechend angepassten Prüfstufen, durchgeführt werden.

5.3.3 Prüfung des fabrikneuen Filters

Vor der Prüfung eines fabrikneuen Filters muss der Filter vorkonditioniert werden (sog. degreening), entweder nach Herstellerangaben oder durch den Betrieb des Filters während mindestens 30 Minuten bei Vollast. Durch diese Vorkonditionierung sollen schwerflüchtige Substanzen, die aus der Herstellung des Filters stammen, ausgetrieben und das Filterverhalten stabilisiert werden.

Die Filtrationsprüfung ist wie folgt durchzuführen:

Zustand des Filters	Betriebsart des Motors und zu prüfende Filtereigenschaften
Filter vor der Regeneration	Bei stationärem Motorbetrieb gemäss dem stationären Prüfzyklus 5-7-3-1-5 (siehe 7.1.2) sind in jeder Prüfstufe die folgenden Filtereigenschaften zu ermitteln: <ul style="list-style-type: none"> Abscheidegrad Anzahl, grössenaufgelöst (siehe 8.2.5) oder nicht grössenaufgelöst (siehe 8.2.6) Druckverlust des Filters
Filter nach der Regeneration	Bei stationärem Motorbetrieb gemäss dem stationären Prüfzyklus 5-7-3-1-5 (siehe 7.1.2) sind in jeder Prüfstufe die folgenden Filtereigenschaften zu ermitteln: <ul style="list-style-type: none"> Abscheidegrad Anzahl, grössenaufgelöst (siehe 8.2.5) oder nicht grössenaufgelöst (siehe 8.2.6) Druckverlust des Filters

5.3.4 Prüfung des Filters nach dem Dauerlauf

Der Filter nach dem Dauerlauf wird im Anlieferungszustand gemessen.

Die Filtrationsprüfung ist wie folgt durchzuführen:

Zustand des Filters	Betriebsart des Motors und zu prüfende Filtereigenschaften
Filter im Anlieferungszustand	Bei stationärem Motorbetrieb gemäss dem stationären Prüfzyklus 5-7-3-1-5 (siehe 7.1.2) sind in jeder Prüfstufe die folgenden Filtereigenschaften zu ermitteln: <ul style="list-style-type: none"> Abscheidegrad Anzahl, grössenaufgelöst (siehe 8.2.5) oder nicht grössenaufgelöst (siehe 8.2.6) Druckverlust des Filters

5.4 Teilprüfung Regeneration

Die nachfolgend beschriebene Prüfung des Regenerationsverhaltens erfolgt auf einem Prüfstand nach 6.

Es sind die folgenden Prüfungen durchzuführen:

Zustand des Filters	Betriebsart des Motors und zu prüfende Filtereigenschaften
Filter in beladenem Zustand	<p>Bei passiven Filtern wird die Regeneration gemäss dem Regenerationszyklus von 7.3 durchgeführt.</p> <p>Bei aktiven Filtern wird die Regeneration gemäss den Angaben des Filterherstellers durchgeführt.</p> <p>Dabei sind im Sekundentakt zu messen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abgastemperatur vor und nach dem Filter • Druckverlust des Filters • Gasförmige Emissionen: CO, HC und NO_x nach dem Filter • Partikelanzahl, nicht grössenaufgelöst (siehe 8.2.6) nach dem Filter <p>Für partikel- und gasförmige Emissionen ist das Verhältnis der Emissionsmenge während der gesamten Regenerationsphase zur Emissionsmenge während einer gleich langen Zeitdauer ohne Filter zu bilden.</p>

Anmerkung: Abweichend von 8.2.6 dürfen bei der Regenerationsprüfung anstelle der Partikelanzahl-Messung nach 8.2.6 auch andere Partikelmessmethoden verwendet werden, falls diese nachweislich zu gleichwertigen Resultaten bezüglich der zu berechnenden Verhältniszahlen führen.

5.5 Teilprüfung Sekundäremissionen

Wenn das Partikelfiltersystem katalytisch wirkende Komponenten enthält (z.B. eine katalytische Beschichtung oder ein katalytisch wirkendes Treibstoffadditiv), wird die Prüfung bezüglich des Auftretens von Sekundäremissionen wie nachfolgend beschrieben vorgenommen.

Die Prüfung auf Sekundäremissionen erfolgt auf einem Prüfstand nach 6.

5.5.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Zustand des Filters	Betriebsart des Motors und zu prüfende Filtereigenschaften
Filter vorkonditioniert	<p>Die Messungen werden bei stationärem Betrieb des Prüfmotors bei Nenn-drehzahl durchgeführt, wobei die Last in Schritten von jeweils 10 % von 10 % auf 100 % des Drehmoment-Maximalwertes erhöht wird. Die Schadstoff-messungen auf den einzelnen Laststufen werden jeweils durchgeführt, sobald sich die Abgastemperatur auf einen stationären Wert eingependelt hat.</p> <p>Auf jeder Laststufe sind zu messen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Emissionen von NO₂ und NO_x vor und nach dem Filter (resp. ohne und mit Filter) <p>Daraus ist jeweils das Verhältnis NO₂/NO_x zu berechnen.</p>

5.5.2 Spurenstoffe

Die Veränderungen der Emissionen toxischer Schadstoffe, insbesondere der kanzerogenen oder genotoxischen Stoffe, werden bezogen auf die Emissionen des Prüfmotors ohne Partikelfilter bei Verwendung des Basistreibstoffs (unadditiverter Treibstoff nach 6.2.2) (Referenzpunkt).

Zur Beurteilung des Dioxinbildungspotentials wird zusätzlich ein chloradditiver Treibstoff verwendet. Der Basistreibstoff (6.2.2) wird durch Zudosierung von 1,6-Dichlorhexan auf einen Chlorgehalt von 10 mg/kg eingestellt.

Falls ein katalytisches Treibstoff-Additiv eingesetzt wird, wird ausgehend vom Basistreibstoff (6.2.2) ein Treibstoff hergestellt, welcher die katalytisch aktiven Komponenten in der doppelten Konzentration der vom Hersteller angegebenen Dosierung enthält. Ein Teil dieses Treibstoffes wird durch Zugabe von 1,6-Dichlorhexan ebenfalls auf einen Chlorgehalt von 10 mg/kg eingestellt.

Je nach Filtertyp sind vier oder fünf Testkonfigurationen bezüglich der folgenden Schadstoffe zu untersuchen.

Die folgenden Stoffe sind als Leitsubstanzen für die entsprechenden Verbindungsklassen (in Klammern angegeben) zu messen. Bei begründetem Verdacht muss diese Liste erweitert werden (siehe Erläuterungen dazu im Anhang B):

- 1,3-Butadien, Benzol (Flüchtige organische Verbindungen, VOC)
- Formaldehyd, Acetaldehyd (Oxidierete flüchtige organische Verbindungen, VOCOX)
- Pyren, Fluoranthren, Chrysen, Benz(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, PAH)
- 1-Nitronaphthalin, 2-Nitronaphthalin, 3-Nitrophenanthren, 9-Nitrophenanthren, 9-Nitroanthracen, 3-Nitrofluoranthren, 1-Nitropyren (Nitrierte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Nitro-PAH)

- alle 2,3,7,8-chlorierten Dibenzodioxine/furane (Polychlorierte Dibenzodioxine/furane, PCDD/F)
- alle katalytisch aktiven Elemente, die auf der Beschichtung des Filters oder im Additiv vorkommen

Filtertyp und Zustand	Testkonfigurationen
Katalytisch beschichteter Filter vor der Dauerlaufprüfung	<p>Der stationäre 8-Punkte-Zyklus (siehe 7.1.1) ist in den folgenden vier Testkonfigurationen je zweimal zu durchlaufen (gesamte Messdauer 200 Minuten).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Referenzpunkt: Motor betrieben mit Basistreibstoff ohne Partikelfilter • Motor betrieben mit Basistreibstoff mit Partikelfilter • Motor betrieben mit chlor-additiviertem Treibstoff ohne Partikelfilter • Motor betrieben mit chlor-additiviertem Treibstoff mit Partikelfilter <p>Für die ersten beiden Testkonfigurationen müssen alle oben angegebenen Schadstoffe bestimmt werden.</p> <p>Für die Testkonfigurationen mit chlor-additiviertem Treibstoff sind die PCDD/F-Emissionen zwingend zu bestimmen und die anderen Schadstoffe können im Sinn von Wiederholmessungen nochmals mitbestimmt werden.</p>
Filter mit katalytischem Treibstoff-Additiv vor der Dauerlaufprüfung	<p>Der stationäre 8-Punkte-Zyklus (siehe 7.1.1) ist in den folgenden fünf Testkonfigurationen je zweimal zu durchlaufen (gesamte Messdauer 200 Minuten).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Referenzpunkt: Motor betrieben mit Basistreibstoff ohne Partikelfilter • Motor betrieben mit additiv-haltigem Treibstoff ohne Partikelfilter • Motor betrieben mit additiv-haltigem Treibstoff mit Partikelfilter • Motor betrieben mit chlor-additiviertem und additiv-haltigem Treibstoff ohne Partikelfilter • Motor betrieben mit chlor-additiviertem und additiv-haltigem Treibstoff mit Partikelfilter <p>Für die ersten drei Testkonfigurationen müssen alle oben angegebenen Schadstoffe bestimmt werden.</p> <p>Für die Testkonfigurationen mit chlor-additiviertem Treibstoff sind die PCDD/F-Emissionen zwingend zu bestimmen und die anderen Schadstoffe können im Sinn von Wiederholmessungen nochmals mitbestimmt werden.</p>

Im additivierten Treibstoff sind die Chlor-Gehalte und die Gehalte der katalytischen Additive zu bestimmen.

Die Gehalte derselben Elemente sind auch im verwendeten Schmieröl zu bestimmen.

5.6 Teilprüfung Funktionsüberwachung

Der Hersteller der Funktionsüberwachungseinheit des Partikelfiltersystems deklariert die technischen Daten der Überwachungseinheit in einem Datenblatt.

Das Prüflabor überprüft, ob in der Deklaration des Herstellers die folgenden Kontrollfunktionen und Mindestanforderungen der Funktionsüberwachungseinheit zugesichert werden:

- Erfassung des Druckverlustes im Sekundentakt.
- Elektronische Speicherung der Druckverlust-Spitzenwerte in 1-Minuten-Intervallen, mit Speicherkapazität für mindestens 1 Arbeitsmonat.
- Auslösung eines Alarms, wenn der Druckverlust (bzw. der Gegendruck) während mehr als 5 Sekunden einen bestimmten Wert (z.B. 200 mbar) überschreitet. Der Auslösewert des Alarms muss in Teilschritten von höchstens 5 mbar einstellbar sein. Der Alarm wird im nicht überschreibbaren und nicht löschbaren Alarmspeicher gespeichert.
- Auslösung einer Warnung, wenn der Druckverlust (bzw. der Gegendruck) während mehr als 5 Sekunden einen bestimmten Wert (z.B. 150 mbar) überschreitet. Der Auslösewert der Warnung muss in Teilschritten von höchstens 5 mbar und auf höchstens 80 % des Alarmwertes einstellbar sein. Die Warnung wird im nicht überschreibbaren und nicht löschbaren Alarmspeicher gespeichert.
- Auslösung eines Alarms, wenn ein (zu tiefer) Druckverlust registriert wird, der auf eine Beschädigung des Filters (z.B. eine Leckage nach aussen oder einen Riss / Bruch im Filterelement) hinweist. Der Alarm wird im nicht überschreibbaren und nicht löschbaren Alarmspeicher gespeichert.
- Bei Partikelfiltersystemen, die mit Treibstoff-Additiven arbeiten:
Zu prüfen sind die Abschaltung der Additivdosierung bei einem Filterschaden (mit gleichzeitiger Alarmmeldung) sowie die Alarmmeldung bei Erreichen des Minimalniveaus im Additiv-Vorratstank.

5.7 Teilprüfung Dauerlauf

Für die Dauerlauf-Prüfung wird das Partikelfiltersystem entsprechend seiner Zweckbestimmung am Einsatzort in eine bezüglich der Motor- und Gerätebetriebsbedingungen typische Anwendung eingebaut und während mindestens 1000 Betriebsstunden praxisgemäss betrieben.

Die Prüfung umfasst die folgenden Punkte:

- Praxiserprobung eines durch das Prüflabor plombierten Partikelfiltersystems während mindestens 1000 Betriebsstunden.
- Rapporte betreffend Einsatz, Wartung und Reparaturen des Anwendungsmotors sowie Treibstoff- und Schmierölverbrauch.
- Kontinuierliches Data-Logging von Abgastemperatur vor dem Filter und Druckverlust des Filters durch den Filterhersteller oder den Betreiber der Anlage.
- Bei Beginn und am Ende der Dauerlaufprüfung: Messung der Abgastrübung bei freier Beschleunigung durch einen Inspektor des Prüflabors.
- Bei Partikelfiltersystemen, die mit Treibstoff-Additiven arbeiten:
Beleg über die Zuverlässigkeit der Dosierung durch den Filterhersteller (z.B. Additiv- und Kraftstoffverbrauch, Data-Logging des Additivierungssystems, und dergleichen).

6 Prüfstand

6.1 Prüfstandaufbau

Soweit in der vorliegenden Norm nichts anderes vorgeschrieben wird, gilt für den Aufbau des Prüfstandes und die Durchführung der Prüfstandmessungen ISO 8178-1.

Der Prüfstand und der Prüfmotor müssen so ausgestattet resp. dimensioniert sein, dass darauf die Prüfzyklen nach 8 gefahren und die verlangten Schadstoffmessungen durchgeführt werden können.

Das Prinzip des Prüfstandaufbaus und der Probenahme ist in Bild 1 dargestellt.

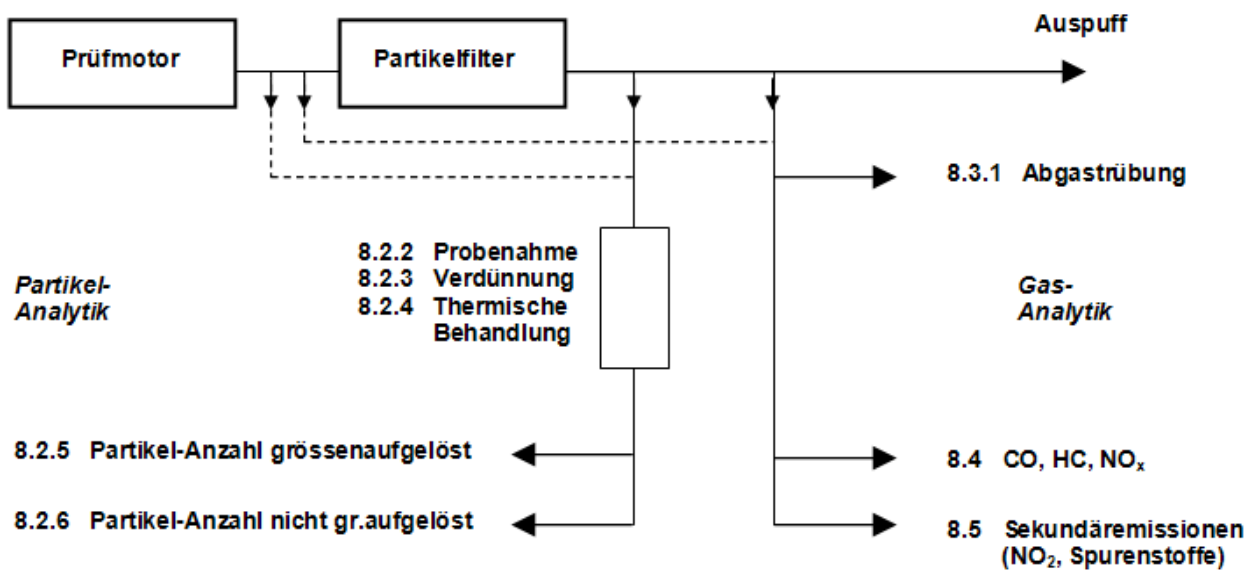


Bild 1 — Prinzip des Versuchsaufbaus und der Probenahme

Anmerkung zur Durchführung der Messungen

Die Kontroll- und Überwachungsparameter des Prüfmotors sind aufzunehmen und zu registrieren. Es sind dies:

Drücke und Temperaturen in den Luft- und Abgasleitungen an allen wesentlichen Schnittstellen, insbesondere auch direkt vor und nach dem zu prüfenden Filter, Kühlwassertemperatur, Schmieröldruck- und Temperatur, Kraftstoff- und Luftdurchsatz.

6.2 Prüfmotor, Treibstoff, Schmieröl

6.2.1 Prüfmotor

Als Prüfmotor kann ein beliebiger 4-Takt-Dieselmotor ohne Abgasrückführung und ohne Abgasnachbehandlung verwendet werden.

Der Prüfmotor und das zu prüfende Filtersystem sind so aufeinander abzustimmen, dass im Nennbetriebspunkt des Prüfmotors die Raumgeschwindigkeit der Abgase im Partikelfilter den nach Angaben des Filterherstellers maximal zulässigen Wert erreicht.

6.2.2 Basistreibstoff

Der für den Prüfmotor verwendete Treibstoff muss der Norm EN 590 entsprechen (Basistreibstoff).

6.2.3 Schmieröl

Die Spezifikationen des Schmieröls sind im Prüfbericht aufzuführen.

7 Prüfzyklen

7.1 Stationäre Mehrpunktezyklen

Die anzuwendenden stationären Prüfzyklen beruhen auf dem Prüfzyklus Typ C1 nach ISO 8178-4, wobei entsprechend den Angaben in 7.1.1 bis 7.1.3 entweder alle oder nur ein Teil der Prüfstufen durchzuführen sind. Die jeweils aufgeführten Prüfstufen sind in aufsteigender Reihenfolge anzufahren. Bezüglich der Begriffe Nenndrehzahl und Zwischendrehzahl wird auf ISO 8178-4 verwiesen.

7.1.1 Stationärer 8-Punkte-Zyklus

Dieser Prüfzyklus entspricht dem Prüfzyklus Typ C1 nach ISO 8178-4, wobei die Gesamtdauer des Zyklus 100 Minuten beträgt. Die Motoreinstellungen und die Dauer der einzelnen Prüfstufen sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 — Stationärer 8-Punkte-Zyklus

Stationärer 8-Punkte-Zyklus	Nenndrehzahl				Zwischendrehzahl			Leerlauf
	1	2	3	4	5	6	7	
Prüfstufe	1	2	3	4	5	6	7	8
Relatives Drehmoment M [%]	100	75	50	10	100	75	50	0
Dauer der Prüfstufe [min]	15	15	15	10	10	10	10	15

7.1.2 Stationärer Prüfzyklus 5-7-3-1-5

Dieser Prüfzyklus umfasst die Prüfstufen 5, 7, 3, 1 und 5 aus dem Prüfzyklus Typ C1 nach ISO 8178-4 (siehe 7.1.1) (Die Prüfstufe 5 wird zur Kontrolle wiederholt.) Auf jeder Prüfstufe sind die vorgeschriebenen Messungen durchzuführen, wobei sich die Dauer der Prüfstufen - abweichend von 7.1.1 - nach dem Zeitbedarf für die Durchführung der vorgeschriebenen Messungen richtet.

7.2 Freie Beschleunigung

7.2.1 Konditionierung des Motors

Der Motor ist so lange warmzufahren, bis das Motoröl eine stabile Temperatur erreicht hat.

7.2.2 Prüfzyklus

Bei Leerlauf des Motors ist das Fahrpedal schnell und stossfrei so durchzutreten, dass die grösste Fördermenge der Einspritzanlage erzielt wird. Diese Stellung ist beizubehalten, bis die Höchstdrehzahl des Motors erreicht wird und der Regler der Einspritzanlage die Einspritzmenge zurücknimmt, um den Motor auf Abregeldrehzahl zu stabilisieren. Sobald diese Drehzahl erreicht ist, ist das Fahrpedal loszulassen, bis sich die Motordrehzahl wieder im Leerlauf stabilisiert hat. Der Motor muss danach mindestens 10 s im Leerlauf laufen, bevor der Zyklus wiederholt wird.

Die Belastungseinrichtung bleibt während der Prüfung am Motor angekoppelt. Die stationäre Belastung ist jedoch auf null zu setzen.

Für die Messung der Abgastrübung bei freier Beschleunigung muss der beschriebene Beschleunigungsvorgang mindestens sechsmal wiederholt werden (siehe 8.3).

Auf Anlagen, bei denen konstruktionsbedingt keine freie Beschleunigung durchgeführt werden kann, kann der Prüfzyklus "Freie Beschleunigung" durch eine wiederholbare Wandlerbeschleunigung oder Lastaufschaltung ersetzt werden.

7.3 Regenerationszyklus

Der Regenerationszyklus wird bei stationärem Betrieb des Prüfmotors bei konstanter Drehzahl durchgeführt. Dabei wird in einer ersten Phase der Filter mit Russ beladen, anschliessend wird durch schrittweises Erhöhen des Drehmoments die Regeneration ausgelöst (siehe Bild 2):

1. Das Beladen des Filters mit Russ erfolgt bei einer Last, die eine Abgastemperatur vor dem Filter zur Folge hat, die niedriger als die Regenerationstemperatur ist. Dieses Beladen wird während insgesamt vier Stunden oder bis zum Erreichen eines Druckverlustes des Filters von 160 mbar aufrecht erhalten.
2. Zum Auslösen der Regeneration wird das Drehmoment bei Nenndrehzahl in 10-Minuten-Schritten jeweils um 10 % des Drehmoment-Maximalwertes bei Nenndrehzahl bis zur Volllast erhöht.

Festzuhalten ist dabei die Abgastemperatur vor dem Filter beim Erreichen jenes Punktes, in welchem trotz andauernder Filterbeladung der Druckverlust des Filters nicht mehr weiter zunimmt. (In diesem so genannten Balancepunkt besteht ein Gleichgewicht von Filterbeladung und Filterregeneration).

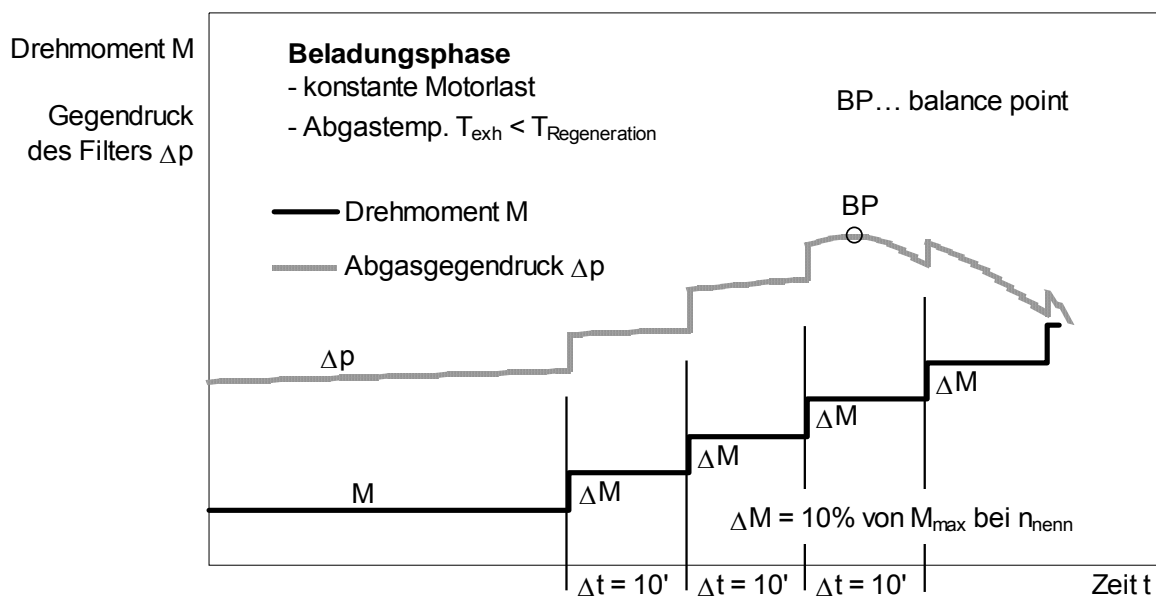


Bild 2 — Regenerationszyklus

8 Messmethoden

8.1 Allgemeines

Die Verlässlichkeit der Messergebnisse muss gewährleistet sein, indem die Eignung der Geräte für diese Verwendung nachgewiesen ist, die Geräte in angemessenen Zeitintervallen kalibriert werden und damit die Messergebnisse auf nationale oder internationale Normale rückverfolgbar sind. Dieser Nachweis gilt als erbracht, wenn das Prüflabor nach ISO/IEC 17025 akkreditiert ist.

Soweit die vorliegende Norm nichts anderes vorschreibt, gilt ISO 8178-1.

8.2 Partikelanalytik bei Stationärbetrieb

8.2.1 Allgemeines

Die Partikelanalytik dient der Bestimmung des Abscheidegrades bezüglich Partikelanzahl, in Abhängigkeit von der Partikelgröße. Partikel bezeichnen die bei 573 K (300 °C) festen oder tröpfchenförmigen Bestandteile des Abgases.

Das Messsystem für die Partikelanalytik umfasst die folgenden Komponenten:

- Probenahme eines kontinuierlichen Teilstroms aus dem Abgas
- Verdünnungssystem mit hinreichend hoher Verdünnung durch partikelfreie Luft, durch welches Verluste von Partikeln infolge von Koagulation minimiert und der Dampfdruck flüchtiger Abgaskomponenten oberhalb ihres Taupunktes gehalten werden
- Heizvorrichtung zum Verdampfen flüssiger Abgaskomponenten

- Analysegerät zur Klassierung der Partikel in Abhängigkeit von ihrem Beweglichkeitsdurchmesser
- Analysegerät zur Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration

Die Messung wird in der Regel mit demselben Messsystem sequenziell an den beiden Entnahmestellen (vor / nach dem Filtersystem) oder ohne / mit Filtersystem durchgeführt.

Im Messsystem auftretende Verluste von Partikeln dürfen die Messung nicht verfälschen. Sie müssen zeitlich, innerhalb jeder Größenklasse und über den Konzentrationsbereich hinreichend konstant sein.

Die Verweilzeit der Abgasprobe zwischen dem Eintritt in die Probenahmesonde und der Ermittlung der Partikelanzahl sollte so kurz wie möglich sein und darf 10 s nicht überschreiten.

Anmerkung: Die Messung des Durchlass- oder des Abscheidegrades ist eine Relativmessung, bei der zwei Messwerte ("nach dem Filter / vor dem Filter") zueinander ins Verhältnis gesetzt werden. Bei Relativmessungen empfiehlt es sich, die beiden zu vergleichenden Messgrößen nicht gleichzeitig (mit zwei Messgeräten), sondern nacheinander mit dem gleichen Messgerät resp. mit dem gleichen Satz von Messgeräten zu messen. Dadurch lässt sich die Messunsicherheit vermindern. Werden hingegen zwei Messsysteme verwendet, muss deren Übereinstimmung vor jeder Messung nachgewiesen werden.

8.2.2 Probenahme

Die Probenahmestellen sollen möglichst nahe am Partikelfilter angebracht sein, höchstens jedoch in einer Entfernung vom Dreifachen des Durchmessers des Abgasrohres.

Dem Abgas wird kontinuierlich ein bezüglich seiner Zusammensetzung repräsentativer, konstanter Teilstrom entnommen.

Die Verweilzeit der Abgasprobe zwischen dem Eintritt in die Sonde und der Verdünnung im nachfolgenden Verdünnungssystem darf nicht mehr als eine Sekunde betragen, und die Strömungsverhältnisse müssen mit einer Reynoldszahl < 1000 laminar sein.

Anmerkung 1: Die Probenahmesonde kann als einfaches Rohr ausgeformt sein. Es ist senkrecht zur Strömungsrichtung des Abgases im Abgasrohr angebracht und endet stumpf zwischen einem Drittel und der Hälfte des Durchmessers des Abgasrohres.

Anmerkung 2: Ein Stahlrohr mit 8 mm Innendurchmesser eignet sich für einen Durchsatz von ca. 1 l/min.

8.2.3 Verdünnung

Die Partikelanzahlkonzentration muss durch Verdünnung auf Werte unter 10^5 pro cm^3 vermindert werden. Die Verdünnungsluft darf nicht mehr als 10 Partikel pro cm^3 enthalten.

Der Verdünnungsfaktor ist so zu wählen, dass das Partikelmessgerät (8.2.5) im kalibrierten Messbereich betrieben wird.

Der Verdünnungsfaktor muss während der Messung konstant gehalten werden und darf sich nicht um mehr als 2 % verändern.

Die Unsicherheit des Verdünnungsfaktors muss weniger als 10 % betragen.

Anmerkung: Empfohlen wird eine Verdünnung von ca. 1 : 1 000 bei der Probenahme vor dem Partikelfilter und von ca. 1 : 10 bei der Probenahme nach dem Partikelfilter.

8.2.4 Thermische Behandlung der Abgasprobe

Die verdünnte Abgasprobe muss auf $573 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($300 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$) erwärmt und während mindestens 0.2 s auf dieser Temperatur gehalten werden.

Anmerkung: Bei einem Volumenstrom der Abgasprobe von 1.5 l/min (1 l/min) beträgt die Verweilzeit in einem Rohr mit 6 mm (8 mm) Innendurchmesser und 240 mm Länge rund 0.27 s (0.72 s).

Die thermisch behandelte Abgasprobe kann in einen Messstrang für die grössenaufgelöste und einen Messstrang für die nicht grössenaufgelöste Messung aufgeteilt werden.

8.2.5 Messung des Partikelgrössenspektrums

Die Partikelanzahlkonzentration der thermisch behandelten Abgasprobe muss in Abhängigkeit von der Partikelgrösse erfasst werden. Dazu ist das Verfahren der elektrischen Beweglichkeitsanalyse und der Messung der Partikelanzahlkonzentration gemäss ISO 15900 mindestens im Grössenbereich zwischen 20 nm und 300 nm bei mindestens 8 logarithmisch äquidistant abgestuften Grössenklassen pro Grössendekade anzuwenden.

Die Unsicherheit für die Partikelgrössenanalyse muss weniger als 10 % betragen. Die Reproduzierbarkeit für die Messung der Partikelanzahlkonzentration muss weniger als 10 % betragen.

Anmerkung: Als Mass für die Partikelgrösse wird der Beweglichkeitsdurchmesser verwendet.

8.2.6 Partikelmessung (nicht grössenaufgelöst)

Die Partikelanzahlkonzentration der thermisch behandelten Abgasprobe muss mindestens im Bereich zwischen 20 nm und 300 nm als Gesamtanzahlkonzentration erfasst werden.

Die Unsicherheit für die Partikelanzahlkonzentration muss weniger als 20 % betragen. Die Reproduzierbarkeit für die Messung der Partikelanzahlkonzentration muss weniger als 10 % betragen.

8.3 Abgastrübung

Die Abgastrübung wird mit einem Trübungsmessgerät bestimmt. Dieses ermittelt den Spitzenwert der optischen Trübung (Lichtschwächung) als Absorptionskoeffizient aus einem Teilstrom des Abgases sowie die Leerlaufdrehzahl und die Abregeldrehzahl eines Dieselmotors bei freier Beschleunigung.

Die Konstruktion und die grundlegenden Anforderungen an das Trübungsmessgerät sind in ISO 11614 festgelegt.

Der in 7.2.2 beschriebene Zyklus ist mindestens sechsmal zu wiederholen, um die Auspuffanlage zu reinigen und gegebenenfalls die Geräte nachstellen zu können. Die Höchstwerte der Absorptionskoeffizienten sind bei jeder der aufeinander folgenden Beschleunigungen festzuhalten, bis man konstante Werte erhält. Die Werte, die während des Leerlaufs des Motors nach jeder Beschleunigung auftreten, sind nicht zu berücksichtigen. Die abgelesenen Werte gelten als konstant, wenn vier aufeinander folgende Werte innerhalb eines Streubereichs von $0,25 \text{ m}^{-1}$ liegen und dabei keine stetige Abnahme festzustellen ist. Der festzuhaltende Absorptionskoeffizient ist das arithmetische Mittel dieser vier Werte.

Anmerkung: Die Empfindlichkeit der Trübungsmessung bei freier Beschleunigung reicht bei modernsten Motoren und effizienten Partikelfiltern nicht mehr aus, um eine Beurteilung des Zustandes des Filtersystems vorzunehmen. Die Trübungsmessung kann grundsätzlich durch ein Messgerät für die Partikelanzahlmessung ersetzt werden. Bei einer sprunghaften Änderung der Partikelkonzentration an der Probenahmestelle folgt die Messung dieser Änderung mit einer zeitlichen Verzögerung und wird entsprechend der Ansprechzeit des Messgerätes gedämpft. Bei zeitlich stark ändernden Partikelkonzentrationen (wie z.B. bei der freien Beschleunigung) muss deshalb der Ansprechzeit des Partikelmessgerätes besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Validierte Anforderungen für die Durchführung von Partikelanzahlmessungen unter solchen Bedingungen bestehen derzeit noch nicht.

8.4 Gasanalytik

Soweit die vorliegende Norm nichts anderes vorschreibt, gilt ISO 8178-1.

Bei Messungen auf dem Prüfstand kann die NO-, NO₂- und NO_x-Messung nach EN 14792 durchgeführt werden. CO, HC und NO_x können auch mit Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR) gemessen werden, falls die Gleichwertigkeit mit ISO 8178-1 nachgewiesen ist.

Bei der Dauerlaufprüfung muss die NO_x-Messung mit einem Messgerät durchgeführt werden, welches den Anforderungen der Richtlinie des METAS über Abgasmessgeräte für Baumaschinen entspricht¹.

8.5 Analytik der Sekundäremissionen

Die für die Analyse der Sekundäremissionen verwendeten Methoden müssen bezüglich Nachweisgrenze und Messunsicherheit so ausgelegt sein, dass eine Erhöhung der Emissionen durch das Partikelfiltersystem um 30 % (verglichen mit den Emissionen ohne Partikelfiltersystem resp. ohne Additivzugabe) erfasst werden kann.

Falls das Abgas des Prüfmotors die untersuchte Komponente nicht enthält, muss die verwendete Methode gesundheitlich relevante Schadstoffkonzentrationen erfassen können.

Messmethoden für Sekundärschadstoffe sind in Anhang B aufgeführt.

9 Prüfbericht

Die Ergebnisse der Prüfung des Partikelfiltersystems sind in einem Prüfbericht zusammenzufassen. Der Prüfbericht besteht aus:

- Angaben zur Prüfstelle und Prüfung
Name der Prüfstelle, Name des Verantwortlichen, Datum der Prüfung, Referenznummer des Berichtes
- Textteil
mit einleitenden Bemerkungen, Hinweisen auf besondere Verhältnisse, Bemerkungen zu den Prüfergebnissen
- Ausgefüllte Datenblätter
gemäss Anhang D
- Beilagen
wie Beschreibung der Testeinrichtung, Zeichnungen, Schaltpläne, Einbauvorschriften, Wartungsvorschriften

¹ Bundesamt für Metrologie METAS: Richtlinie über Abgasmessgeräte für Baumaschinen vom 17. März 2000, <http://www.metas.ch>

Anhang A (informativ)

Partikelfilter-Familien

A.1 Übertragbarkeit der Prüfergebnisse

A.1.1 Filtrations-Ergebnisse (5.3)

Filter der gleichen Filterfamilie:

Filtrations-Ergebnisse, die an einem Repräsentanten einer Filterfamilie gemessen wurden, können auf andere Partikelfiltersysteme der gleichen Filterfamilie übertragen werden, falls diese Filtersysteme höchstens mit der maximalen bei der Filtrationsprüfung angewandten Raumgeschwindigkeit gemäss 5.3.2 betrieben werden.

Anderer Filter des gleichen Filtersystem-Herstellers:

Filtrations-Ergebnisse, die an einem Repräsentanten einer Filterfamilie gemessen wurden, können auf andere Filterfamilien übertragen werden, falls diese über das identische Filtermedium (gleiches Material, gleiche Struktur, gleiche Beschichtung) verfügen und höchstens mit der maximalen bei der Filtrationsprüfung angewandten Raumgeschwindigkeit gemäss 5.3.2 betrieben werden.

Anderer Motor;

Filtrations-Ergebnisse, die mit einem Prüfmotor gemessen wurden, können auf andere Dieselmotoren übertragen werden, falls das Filtersystem höchstens mit der maximalen bei der Filtrationsprüfung angewandten Raumgeschwindigkeit gemäss 5.3.2 betrieben wird.

A.1.2 Regenerations-Ergebnisse (5.4)

Anderer Motor im Feldeinsatz:

Regenerations-Ergebnisse, die an einem Repräsentanten einer Filterfamilie an einem Prüfmotor gemessen wurden, können nicht auf die Anwendung im Feldeinsatz bei anderen Dieselmotoren übertragen werden, da die Einsatzbedingungen (insbesondere die Abgastemperaturen) die Vorgänge bei der Regeneration wesentlich mitbestimmen.

A.1.3 Sekundäremissions-Ergebnisse (5.5)

Filter mit katalytischer Beschichtung, mit oder ohne DOC:

Sekundäremissions-Ergebnisse, die an einem Repräsentanten einer Filterfamilie ohne DOC gemessen wurden, können auf andere Filterfamilien mit oder ohne DOC übertragen werden, falls das Filtermedium gleich beschichtet ist (siehe Kapitel 3).

Filter mit katalytischem Treibstoff-Additiv, mit oder ohne DOC:

Sekundäremissions-Ergebnisse, die an einem Repräsentanten einer Filterfamilie ohne DOC gemessen wurden, können auf andere Filterfamilien mit oder ohne DOC übertragen werden, falls das Filtermedium gleich beschichtet ist (siehe Kapitel 3) und falls das identische katalytische Treibstoff-Additiv in einer Konzentration (ppm) verwendet wird, welche höchstens doppelt so hoch ist wie die Additivkonzentration gemäss ursprünglicher Herstellerangabe.

Falls in einer Filterfamilie andere oder zusätzliche katalytisch aktive Elemente vorhanden sind, können keine Sekundäremissions-Ergebnisse übertragen werden.

A.1.4 Dauerlauf-Resultate (5.7)

Andere Anwendung im Feldeinsatz:

Resultate über die praktische Bewährung in der Dauerlaufprüfung, die an einem Repräsentanten einer Filterfamilie in einer bestimmten (typischen) Anwendung gewonnen wurden, können nur bedingt auf andere Anwendungen im Feldeinsatz übertragen werden, da die Einsatzbedingungen (insbesondere die mechanischen und thermischen Beanspruchungen) die Dauerhaftigkeit eines Partikelfiltersystems wesentlich beeinflussen.

A.2 Modifikationen bei einer geprüften Partikelfilter-Familie

Werden nachträgliche Modifikationen gegenüber dem geprüften Repräsentanten der Filterfamilie vorgenommen, so ist je nach Art der Modifikation eine vollständige, eine teilweise oder keine Neuprüfung nötig. Welcher dieser Fälle zutrifft, kann nur aufgrund der jeweiligen konkreten Situation beurteilt werden. Die nachfolgenden Abschnitte geben dazu einige Hinweise:

- Eine vollständige Neuprüfung ist erforderlich, wenn das Filtermedium geändert wird. Es handelt sich dann um eine andere, neue Filterfamilie.
- Eine Neuprüfung der Sekundäremissionen ist erforderlich, wenn die Konzentration einer der katalytisch wirkenden Substanzen um mehr als $\pm 30\%$ geändert wird.
- Eine teilweise Neuprüfung ist erforderlich, wenn Nebenkomponenten des Filtersystems geändert werden. In der Regel ist dann eine Wiederholung der Dauerlaufprüfung mit anschliessender Filtrationsprüfung erforderlich.
- Keine Neuprüfung ist in der Regel nötig, wenn lediglich die Dimension (Grösse) des Filters geändert wird. Es handelt sich dann um die gleiche Filterfamilie.

Anhang B (informativ)

Messung von Sekundäremissionen

B.1 Allgemeines

Je nach Art der Abgasnachbehandlung und der Eigenschaften von katalytisch wirkenden Substanzen können verschiedenartige Reaktionsprodukte entstehen. Von übergeordnetem Interesse sind die humantoxischen Stoffe mit kanzerogener, mutagener, teratogener oder hormonähnlicher Wirkung.

So ist beispielsweise bekannt, dass platinhaltige Katalysatoren zu einer Erhöhung der NO₂-Emissionen führen. Kupferhaltige Katalysatoren erzeugen bei Anwesenheit von Chlor massive Emissionen von polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F). Andererseits bewirken Partikelfiltersysteme häufig eine deutliche Reduktion der PAH-Emissionen, insbesondere auch der kanzerogenen PAH.

Die Angaben in 5.5 und im vorliegenden Anhang sind für katalytische Partikelfiltersysteme bindend. Da es nicht möglich ist, alle potentiellen Sekundäremissionen aufzulisten, sollte der Katalog der zu messenden Stoffe bei begründetem Verdacht angepasst werden.

B.2 Sekundäremissionen

Stickstoffdioxid (NO₂)

Stickstoffdioxid (NO₂), ein toxischer Sekundärschadstoff, der besonders in Gegenwart stark oxidierender Katalysatoren (z.B. Platin) entsteht, ist zusätzlich neben Stickstoffmonoxid (NO) zu bestimmen. Die Analyse erfolgt aus dem trockenen Abgas mittels beheizter Probenahme und Chemilumineszenzdetektion (CLD) oder mit Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR).

Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Benzol und 1,3-Butadien, beides kanzerogene Stoffe, sind als toxikologisch relevante Leitverbindungen für die über 100 bekannten gasförmigen Kohlenwasserstoffen zu bestimmen. Ein proportionaler Teil des Abgases wird in gasdichten Beuteln gesammelt. Die Gehalte der einzelnen Kohlenwasserstoffe werden mit Gaschromatographie-Flammenionisationsdetektor (GC-FID) bestimmt.

Oxidierete flüchtige organische Verbindungen (VOCOX)

Formaldehyd und Acetaldehyd, beides reaktive und kanzerogene Gase, sind als toxikologisch relevante Leitverbindungen der Klasse der teiloxidierten Verbindungen zu bestimmen. Ein proportionaler Teil des Abgases wird während der Probenahme durch eine Dinitrophenylhydrazin-Lösung geleitet (Chemisorption). Die reaktiven Aldehyde werden in entsprechende Hydrazone umgewandelt und so stabilisiert. Mittels Flüssigchromatographie werden die Derivate aufgetrennt und die Gehalte mit UV/VIS Photometer (LC-UV/VIS) bestimmt.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Als Leitverbindungen für die Substanzklasse der PAH sind mindestens die kanzerogenen Stoffe, Chrysen, Benz(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren und Indeno(1,2,3-cd)pyren zu bestimmen. Zudem sind die Gehalte an Pyren und Fluoranthren, welche Vorläuferverbindungen für mutagene Nitro-PAH sind, zu bestimmen. PAH können sowohl partikelgebunden als auch gasförmig vorliegen. Ein proportionaler Teilstrom des Abgases wird in einer mehrstufigen Glasapparatur (Dioxin Train) filtriert, unter

den Taupunkt abgekühlt und über ein Adsorptionsmaterial geleitet. Die integrale Probe, welche PAH-Anteile in der Gas-, Flüssig- und Festphase einschliesst, wird mittels Flüssigchromatographie gereinigt und fraktioniert. Die Auftrennung erfolgt mittels Gaschromatographie (GC), die Quantifizierung mittels hochauflösender Massenspektrometrie (GC-HRMS).

Nitrierte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Nitro-PAH)

Im NO_x-reichen Abgas finden sich zahlreiche Nitrierungsprodukte. Als Leitverbindungen für die Substanzklasse der Nitro-PAH sind mindestens die mutagenen Stoffe 3-Nitrofluoranthren und 1-Nitropyren zu bestimmen. Um das Nitrierungspotential des Filtersystems zu bewerten, werden stellvertretend für andere mutagene und kanzerogene Nitro-PAH die häufigsten und somit analytisch leichter zugänglichen Stoffe 1-Nitronaphthalin, 2-Nitronaphthalin, 3-Nitrophenanthren, 9-Nitrophenanthren und 9-Nitroanthracen bestimmt. Weitere mutagene und kanzerogene Nitro- und Di-Nitro-PAH sind ebenfalls von Interesse, ihre Gehalte sind jedoch im Allgemeinen geringer. Die Nitro-PAH werden ebenfalls in der oben beschriebenen Glasapparatur abgeschieden. Die Auftrennung der einzelnen Isomere und die Quantifizierung erfolgt mit GC-HRMS.

Polychlorierte Dibenzodioxine/furane (PCDD/F)

Als Leitverbindung für die 210 PCDD/F sind mindestens die 17 toxischen 2,3,7,8-chlorierten PCDD/F zu bestimmen und daraus die Gesamtoxizität (Toxizitätsequivalent, TEQ) zu berechnen. Die Gesamtoxizität wird aus den Gehalten der 17 toxischen Isomeren und deren relativer Toxizität (Toxizitätsequivalenz-Faktor) bestimmt. PCDD/F werden ebenfalls in der oben beschriebenen Glasapparatur zurückgehalten. Die integrale Probe wird mittels Flüssigchromatographie gereinigt. Die Auftrennung in einzelne Isomere erfolgt mittels GC, die Quantifizierung mittels hochauflösender Massenspektrometrie (GC-HRMS).

Katalytisch aktive Elemente (Beschichtungs-Metalle und Additive)

Die gemäss Herstellerangaben katalytisch aktiven Elemente von Treibstoffadditiven und Filterbeschichtungen sind zu bestimmen. Die partikulären oder partikulär gebundenen Anteile werden aus proportional verdünntem Abgas (Rohgas) mit einem 12-stufigen elektrischem Niederdruck-Impaktor (ELPI) und nachgeschaltetem Backup-Filter in 13 Grössenklassen fraktioniert. Die Metallgehalte der einzelnen Grössenklassen werden nach Mikrowellenaufschluss mit induktiv-gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) quantifiziert.

B.3 Messmethoden für Sekundäremissionen

Parameter	Probenahme	Analytische Methode	Norm
NO ₂	Beheizte Probeleitung aus dem unverdünnten Abgas (Rohgas)	Chemilumineszenz-Detektor (CLD) oder Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (FTIR)	EN 14792 ISO 16000 DIN EN ISO 16017
VOC	Aus dem auf einen konstanten Volumenstrom verdünnten Abgas (CVS-Tunnel)	Gaschromatographie-Flammenionisations-Detektor (GC-FID)	ISO 16000 DIN EN ISO 16017
VOCOX	Aus dem auf einen konstanten Volumenstrom verdünnten Abgas (CVS-Tunnel), Chemisorption in Dinitrophenylhydrazin-Lösung	Flüssigchromatographie-Ultraviolet-Detektor (LC-UV/VIS)	ISO 16000 DIN EN ISO 16017

PAH	Volumenstrom-proportionale Probenahme aus dem unverdünnten Abgas (Rohgas), mehrstufige Glasapparatur basierend auf der Filter/Kondensator-Methode (UNE-EN 1948-1)	Gaschromatographie-Hochauflösende Massenspektrometrie (GC-HRMS) oder Flüssigchromatographie-Ultraviolett-/Fluoreszenz-Detektor (LC-UV/Fluoreszenz)	VDI 3874
Nitro-PAH	Volumenstrom-proportionale Probenahme aus dem unverdünnten Abgas (Rohgas), mehrstufige Glasapparatur basierend auf der Filter/Kondensator-Methode (UNE-EN 1948-1)	Gaschromatographie-Hochauflösende Massenspektrometrie (GC-HRMS)	VDI 3874
PCDD/F	Volumenstrom-proportionale Probenahme aus dem unverdünnten Abgas (Rohgas), mehrstufige Glasapparatur basierend auf der Filter/Kondensator-Methode (UNE-EN 1948-1)	Gaschromatographie-Hochauflösende Massenspektrometrie (GC-HRMS)	UNE-EN 1948
katalytisch wirkende Elemente (Metalle)	Volumenstrom-proportionale Probenahme aus dem unverdünnten Abgas (Rohgas), grössenfraktionierte Probenahme mit 12-Stufen elektrischen Niederdruck-Impaktor (ELPI) plus Backup-Filter	Mikrowellen-Aufschluss, Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS)	DIN EN 13890 DIN 51002-1

Anhang C (informativ)

Spezielle Filterprüfungen

C.1 Abnahmeprüfung am Einsatzort

Diese Prüfung ist nicht Teil der Gesamtprüfung eines Partikelfiltersystems im Sinne von Kapitel 5 der vorliegenden Norm, sondern ist eine spezielle, eigenständige Filterprüfung.

Mit der Abnahmeprüfung am Einsatzort wird geprüft, ob ein bestimmtes Filterexemplar aus einer geprüften Filterfamilie in einer bestimmten Anwendung unmittelbar nach der Inbetriebnahme die erwarteten Ergebnisse erbringt.

Es sind die folgenden Partikelfiltersystem-Eigenschaften zu prüfen:

- Abgastrübung bei der freien Beschleunigung im Originalzustand des Motors und nach Einbau des Partikelfiltersystems
- Emissionen von CO, HC und NO_x bei maximaler Drehzahl und maximal einstellbarer Last im Originalzustand des Motors und nach Einbau des Partikelfiltersystems.
- Druckverlust bei maximaler Drehzahl und maximal einstellbarer Last
- Geräuschemission im Originalzustand des Motors und nach Einbau des Partikelfiltersystems (Nahfeldmessung in 0.5 m Abstand unter 45 Grad).

C.2 Prüfung von Aufsteckfiltern

Aufsteckfilter sind Filter, welche für Kurzzeitbenützung am Auspuffende von Fahrzeugen für die vorübergehenden Betriebsphasen in geschlossenen Räumen reversibel montiert werden. Aufsteckfilter sind in der Regel mit Wegwerf-Filterpatronen ausgestattet, benötigen keine Regenerationsvorkehrungen und keine elektronische Überwachung. Für Aufsteckfilter ist aus der vorliegenden Norm lediglich die Filtrationsprüfung (5.3) anwendbar.

C.3 Prüfung von Partikelfiltersystemen in der Erstausrüstung

Partikelfiltersysteme für die Erstausrüstung (OEM, Original Equipment Manufacturing) können gemäss der vorliegenden Norm geprüft werden.

Die Gewährleistung des Regenerationsverhaltens und der Funktionalität des Systems im Dauerbetrieb wird vom Erstausrüster des Motors, des Fahrzeugs oder der Maschine sichergestellt.

Für die OEM-Partikelfiltersysteme sind die Prüfschritte B, D und G anwendbar (siehe 5.1).

In begründeten Fällen darf die Filtrationsprüfung in entsprechend angepassten Prüfstufen anwendungsorientiert durchgeführt werden.

Anhang D (normativ)

Datenblätter des Prüfberichtes

Tabelle D.1 — Prüfbericht: Daten und Beschreibung des Prüflings

Partikelfiltersystem (Gesamtsystem)			
Hersteller des Partikelfiltersystems (Gesamtsystem)			
Bezeichnung der Partikelfilter-Familie			
Typ-Bezeichnung			
Serien-Nr. des Prüflings			
Filterelement und Katalysator			
	Filterelement	Vorkatalysator	Nachkatalysator
Hersteller des Mediums			
Typ-Bezeichnung			
Aussenabmessungen [mm]			
Filtervolumen [dm ³]			
Aktive Filteroberfläche [m ²]			
Gewicht [kg]			
Material			
Porosität [%]			
Porengrösse [µm]			
Zellenzahl [CPSI]			
Wandstärke [mm]			
Maximaler Durchsatz [m ³ /s]			
Max. zulässige Raumgeschwindigkeit [s ⁻¹]			

Tabelle D.1 — Prüfbericht: Daten und Beschreibung des Prüflings (Fortsetzung)

Maximale Einsatztemperatur	[°C]			
Speicherkapazität für Russ/Asche	[g]			
Regeneration				
Regenerationsverfahren				
Minimal erforderliche Abgastemperatur für den Beginn der Regeneration		[°C]		
falls katalytische Beschichtung				
		Filterelement	Vorkatalysator	Nachkatalysator
Hersteller der Beschichtung				
Beschichtung: Katalytisch wirkende Elemente				
Wash Coat: Katalytisch wirkende Elemente				
Konzentration der katalytisch wirkenden Elemente				
	[g/L]			
falls Treibstoffadditiv				
Hersteller des Treibstoffadditivs				
Additivbezeichnung				
Katalytisch wirkende Elemente				
Konzentration der katalytisch wirkenden Elemente im Additiv		[mg/kg]		
Konzentration der katalytisch wirkenden Elemente im Treibstoff		[mg/kg]		
Dosierung (Additiv pro Treibstoff)		[ml/l]		
Additivierungsverfahren				
Bezeichnung der Dosiervorrichtung				
Funktionsüberwachung				
Hersteller der Funktionsüberwachungseinheit				
Typ-Bezeichnung				
Serien-Nr. des Prüflings				

Tabelle D.2 — Prüfbericht: Visuelle Prüfung und Prüfung der Funktionsüberwachung

Visuelle Prüfung (5.2)	
Beschreibung der Reinigung und Wartung	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht geprüft
Typenschild mit Seriennummer und Angabe der Partikelfilter-Familie vorhanden	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht geprüft
Messöffnung vor Filterelement	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht geprüft
Durchströmungsrichtung durch Pfeil gekennzeichnet	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht geprüft
Umkehren des Filterelementes durch bauliche Massnahmen verhindert	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht geprüft
Prüfung der Funktionsüberwachung (5.6)	
In der Deklaration des Herstellers der Funktionsüberwachungseinheit werden die Kontrollfunktionen und Mindestanforderungen nach 5.6 zugesichert.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht geprüft

Tabelle D.3 — Prüfbericht: Daten des Prüfmotors

Hersteller / Typ-Bezeichnung	
Emissionsgrenzwerte (gesetzliche Abgasstufe)	
Zylinder-Anzahl / Zylinder-Anordnung	
Bohrung / Hub	[mm]
Gesamthubraum	[dm ³]
Verdichtungsverhältnis	[-]
Seriennummer / Produktionsjahr / Betriebsstunden	
Kühlmedium (Luft, Wasser, etc.)	
Verbrennungsverfahren (Direkteinspritzer, Vorkammer, etc.)	
Einspritzverfahren	
Drehzahlregler	
Aufladung	
Ladeluftkühlung	
Emissionsminderungsmassnahmen	
Nennleistung / Nenndrehzahl	[kW] @ [min ⁻¹]
Tiefe / hohe Leerlaufdrehzahl	[min ⁻¹] [min ⁻¹]

**Prüfpunkte des Prüfmotors gemäss ISO 8178-4, Prüfzyklus C1
(entspricht dem stationären 8-Punkte-Zyklus nach Kapitel 7.1.1)**

Prüfstufe	Nenndrehzahl				Zwischendrehzahl			Leerlauf
	1	2	3	4	5	6	7	8
Drehzahl [min ⁻¹]								
Drehmoment [Nm]								
Leistung [kW]								

**Tabelle D.4 — Prüfbericht: Daten des Treibstoffs und des Schmieröls
(nur falls abweichend von EN590)**

Basistreibstoff (ohne Additivzusatz)			
Treibstofftyp			
Hersteller			
Eigenschaften	Verfahren	Einheit	
Dichte	ISO 3675	kg/L	
Cetanzahl	ISO 5165	-	
Cetanindex	ISO 4264	-	
Schwefelgehalt	ISO 4260 / 8754	mg/kg	
Chlorgehalt		mg/kg	
Trübungspunkt	ISO 3015	°C	
Stockpunkt	ISO 3016	°C	
Flammpunkt	ISO 2719	°C	
Viskosität	ISO 3104	mm ² /s	
Heizwert		MJ/kg	
Aromaten	ISO 3837	% Vol	
C-Gehalt		% Masse	
H-Gehalt		% Masse	
Siedeverlauf (IBP)	ISO 3405		
10 VOL-%		°C	
50 VOL-%		°C	
90 VOL-%		°C	
Schmieröl			
Hersteller / Bezeichnung			
Viskosität			
Sulfat-Asche (ISO 3687)	[% Masse]		
ACEA- bzw. API-Klasse			
Chlorgehalt	[mg/kg]		

Tabelle D.5 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Filtration (5.3)

Raumgeschwindigkeit im Nennbetriebspunkt während der Filtrationsprüfung (5.3.2) [s ⁻¹]	
--	--

Abscheidegrad bei stationärem Motorbetrieb

Die nachfolgende Tabelle muss sowohl für die Messungen vor der Regeneration als auch für die Messungen nach der Regeneration ausgefüllt werden.

Prüfzyklus- punkt	Partikel- größen- klasse	Partikel- größen- bereich [nm]	Partikel- anzahl vor Filter	Partikel- anzahl nach Filter	Durchlass- grad [%]	Abscheide- grad [%]	Druck- verlust des Filters [kPa]
5	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	Integriert						
7	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	Integriert						

Tabelle D.5 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Filtration (5.3) (Fortsetzung)

Abscheidegrad bei stationärem Motorbetrieb

Die nachfolgende Tabelle muss sowohl für die Messungen vor der Regeneration als auch für die Messungen nach der Regeneration ausgefüllt werden.

Prüfzyklus- punkt	Partikel- größen- klasse	Partikel- größen- bereich [nm]	Partikel- anzahl vor Filter	Partikel- anzahl nach Filter	Durchlass- grad [%]	Abscheide- grad [%]	Druck- verlust des Filters [kPa]
3	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	Integriert						
1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	Integriert						

Tabelle D.5 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Filtration (5.3) (Fortsetzung)

Abscheidegrad bei stationärem Motorbetrieb

Die nachfolgende Tabelle muss sowohl für die Messungen vor der Regeneration als auch für die Messungen nach der Regeneration ausgefüllt werden.

Prüfzyklus- punkt	Partikel- größen- klasse	Partikel- größen- bereich [nm]	Partikel- anzahl vor Filter	Partikel- anzahl nach Filter	Durchlass- grad [%]	Abscheide- grad [%]	Druck- verlust des Filters [kPa]
5 (Wieder- holung)	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	Integriert						

Tabelle D.6 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Regeneration (5.4)

Kenngrößen der Regeneration

Maximaler Druckverlust des Filters während der Regenerationszyklus	[kPa]	
Abgastemperatur beim Erreichen des Balancepunktes (BP)	[°C]	

Emissionen während des Regenerationszyklus

CO

Laststufe		ohne Filter	mit Filter	
[%]	[Nm]	CO [ppm]	CO [ppm]	K _{CO} [%]
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
Integral				

HC

Laststufe		ohne Filter	mit Filter	
[%]	[Nm]	HC [ppm]	HC [ppm]	K _{HC} [%]
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
Integral				

$$K_X = \frac{X_{\text{ohne DPF}} - X_{\text{mit DPF}}}{X_{\text{ohne DPF}}}$$

K_X Minderungsrate der Komponente „X“

X Abgaskomponente (CO, HC, NO_x, PN)

Tabelle D.6 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Regeneration (5.4) (Fortsetzung)

Emissionen während des Regenerationszyklus

NO_x

Laststufe		ohne Filter	mit Filter	
[%]	[Nm]	NO _x [ppm]	NO _x [ppm]	K _{NO_x} [%]
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
Integral				

PN (Partikelanzahlkonzentration)

Laststufe		ohne Filter	mit Filter	
[%]	[Nm]	PN [1/cm ³]	PN [1/cm ³]	K _{PN} [%]
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
Integral				

$$K_X = \frac{X_{\text{ohne DPF}} - X_{\text{mit DPF}}}{X_{\text{ohne DPF}}}$$

K_X Minderungsrate der Komponente „X“

X Abgaskomponente (CO, HC, NO_x, PN)

Tabelle D.7.1 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Sekundäremissionen
Stickstoffdioxid (5.5.1)

Laststufe		Messung vor dem Filter (resp. ohne Filter)				Messung nach dem Filter (resp. mit Filter)					
bei Nenn Drehzahl = min ⁻¹ Stufe	M [Nm]	T Abgas	NO ₂	NO _x	NO ₂ / NO _x	T Abgas	NO ₂	NO _x	NO ₂ / NO _x	ΔNO ₂	ΔNO ₂ / NO _x *)
		[°C]	[ppm]	[ppm]	[%]	[°C]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[%]
10 %											
20 %											
30 %											
40 %											
50 %											
60 %											
70 %											
80 %											
90 %											
100 %											

$$\Delta\text{NO}_2 = \text{NO}_2 \text{ mit DPF} - \text{NO}_2 \text{ ohne DPF}$$

$$*) \Delta\text{NO}_2/\text{NO}_x \text{ mit DPF}$$

**Tabelle D.7.2 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Sekundäremissionen
Spurenstoffe bei katalytisch beschichteten Filtern (5.5.2)**

- Emissionen in vier Testkonfigurationen bei Verwendung von Basistreibstoff und chlorhaltigem Treibstoff.
- Für die Bestimmung der PCDD/F Emissionen müssen alle vier Testkonfigurationen gemessen werden.
- Die anderen Schadstoffe können im Sinn von Wiederholmessungen zusätzlich bestimmt werden (grau unterlegte Tabellenfelder).
- Die mittlere Änderung der Emissionen ist für jeden Schadstoff wie folgt zu berechnen:

$$\text{Mittlere Änderung [\%]} = (1 - \text{MwF}/\text{MwO}) \times 100 \%$$

wobei: MwF = Mittelwert aus allen Messungen mit Filter (Tabellenspalten 3 und 5)
MwO = Mittelwert aus allen Messungen ohne Filter (Tabellenspalten 2 und 4)

Schadstoff	Emission ohne Filter mit Basistreibstoff	Emission mit Filter mit Basistreibstoff	Emission ohne Filter mit Chlor-Zusatz	Emission mit Filter mit Chlor-Zusatz	Mittlere Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Benzol *						
1,3-Butadien *						
Formaldehyd *						
Acetaldehyd *						
PAH * (Summe)						
Pyren						
Fluoranthen						
Chrysen *						
Benz(a)-anthracen *						
Benzo(b)-fluoranthen *						
Benzo(k)-fluoranthen *						
Benzo(a)-pyren *						

Schadstoff	Emission ohne Filter mit Basis-treibstoff	Emission mit Filter mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit Chlor-Additiv	Emission mit Filter mit Chlor-Additiv	Mittlere Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Indeno(1,2,3-cd)pyren *						
Nitro-PAH (Summe)						
1-Nitro-naphthalin						
2-Nitro-naphthalin						
3-Nitro-phenanthren						
9-Nitro-phenanthren						
9-Nitro-anthracen						
3-Nitro-fluoranthen *						
1-Nitropyren *						
PCDD/F (TEQ-Summe)						
2,3,7,8-TCDD						
1,2,3,7,8-PCDD						
1,2,3,4,7,8-HxCDD						
1,2,3,6,7,8-HxCDD						
1,2,3,7,8,9-HxCDD						
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD						
OCDD						

Schadstoff	Emission ohne Filter mit Basis-treibstoff	Emission mit Filter mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit Chlor-Additiv	Emission mit Filter mit Chlor-Additiv	Mittlere Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2,3,7,8-TCDF						
1,2,3,7,8-PCDF						
2,3,4,7,8-PCDF						
1,2,3,4,7,8-HxCDF						
1,2,3,6,7,8-HxCDF						
1,2,3,7,8,9-HxCDF						
2,3,4,6,7,8-HxCDF						
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF						
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF						
OCDF						

* kanzerogen oder mutagen

Tabelle D.7.3 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Sekundäremissionen
Metallische Spurenelemente bei katalytisch beschichteten Filtern (5.5.2)

- Emissionen in zwei Testkonfigurationen bei Verwendung von Basistreibstoff mit und ohne Filter.
- Die Änderung der Emissionen ist für jede Impaktorstufe wie folgt zu berechnen:

$$\text{Änderung [\%]} = (1 - F/O) \times 100 \%$$

wobei: F = Messung mit Filter (Tabellenspalte 3)
 O = Messung ohne Filter (Tabellenspalte 2)

- Für jedes chemische Element der Beschichtung ist ein gesonderter Prüfprotokoll-Bogen auszufüllen.

Ldf.-Nr.	Chemisches Element der Beschichtung

Impaktorstufe	Emission ohne Filter	Emission mit Filter	Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13 (Backup-Filter)				

Tabelle D.7.4 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Sekundäremissionen

Spurenstoffe bei Filtern mit katalytischem Treibstoff-Additiv (FBC) (5.5.2)

- Emissionen in fünf Testkonfigurationen bei Verwendung von Basistreibstoff, FBC-haltigem Treibstoff, und FBC- und chlor-haltigem Treibstoff.
- Für die Bestimmung der PCDD/F Emissionen müssen alle fünf Testkonfigurationen gemessen werden.
- Die anderen Schadstoffe können im Sinn von Wiederholmessungen zusätzlich bestimmt werden (grau unterlegte Tabellenfelder).
- Die mittlere Änderung der Emissionen ist für jeden Schadstoff wie folgt zu berechnen:

$$\text{Mittlere Änderung [\%]} = (1 - \text{MwF}/\text{MwO}) \times 100 \%$$

wobei: MwF = Mittelwert aus allen Messungen mit Filter (Tabellenspalten 4 und 6)
 MwO = Mittelwert aus allen Messungen ohne Filter (Tabellenspalten 2, 3 und 5)

	Chlor-Gehalt	FBC-Gehalt
FBC-haltiger Treibstoff		
FBC- und chlor-haltiger Treibstoff		

Schadstoff	Emission ohne Filter ohne FBC mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit FBC mit Basis-treibstoff	Emission mit Filter mit FBC mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit FBC mit Chlor-Zusatz	Emission mit Filter mit FBC mit Chlor-Zusatz	Mittlere Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Benzol *							
1,3-Butadien *							
Formaldehyd *							
Acetaldehyd *							
PAH * (Summe)							
Pyren							
Fluoranthren							
Chrysen *							
Benz(a)-anthracen *							

Schadstoff	Emission ohne Filter ohne FBC mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit FBC mit Basis-treibstoff	Emission mit Filter mit FBC mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit FBC mit Chlor-Additiv	Emission mit Filter mit FBC mit Chlor-Additiv	Mittlere Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Benzo(b)-fluoranthen *							
Benzo(k)-fluoranthen *							
Benzo(a)-pyren *							
Indeno(1,2,3-cd)pyren *							
Nitro-PAH (Summe)							
1-Nitro-naphthalin							
2-Nitro-naphthalin							
3-Nitro-phenanthren							
9-Nitro-phenanthren							
9-Nitro-anthracen							
3-Nitro-fluoranthen *							
1-Nitro-pyren *							
PCDD/F (TEQ-Summe)							
2,3,7,8-TCDD							
1,2,3,7,8-PCDD							
1,2,3,4,7,8-HxCDD							

Schadstoff	Emission ohne Filter ohne FBC mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit FBC mit Basis-treibstoff	Emission mit Filter mit FBC mit Basis-treibstoff	Emission ohne Filter mit FBC mit Chlor-Additiv	Emission mit Filter mit FBC mit Chlor-Additiv	Mittlere Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1,2,3,6,7,8-HxCDD							
1,2,3,7,8,9-HxCDD							
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD							
OCDD							
2,3,7,8-TCDF							
1,2,3,7,8-PCDF							
2,3,4,7,8-PCDF							
1,2,3,4,7,8-HxCDF							
1,2,3,6,7,8-HxCDF							
1,2,3,7,8,9-HxCDF							
2,3,4,6,7,8-HxCDF							
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF							
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF							
OCDF							

* kanzerogen oder mutagen

Tabelle D.7.5 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Sekundäremissionen

Metallische Spurenelemente bei Filtern mit katalytischem Treibstoff-Additiv (FBC) (5.5.2)

- Emissionen in drei Testkonfigurationen bei Verwendung von Basistreibstoff ohne Filter sowie von additiv-haltigem Treibstoff mit und ohne Filter durchzuführen.
- Die Änderung der Emissionen ist für jede Impaktorstufe wie folgt zu berechnen:

$$\text{Änderung [\%]} = (1 - F/O) \times 100 \%$$

wobei: F = Messung mit Filter, mit FBC (Tabellenspalte 4)
O = Messung ohne Filter, ohne FBC (Tabellenspalte 2)

- Für jedes chemische Element des Treibstoff-Additivs ist ein gesonderter Prüfprotokoll-Bogen auszufüllen.

Ldf.-Nr.	Chemisches Element des Treibstoff-Additivs

Impaktorstufe	Emission ohne Filter ohne FBC	Emission ohne Filter mit FBC	Emission mit Filter mit FBC	Änderung [%]	Erhöhung signifikant [ja/nein]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13 (Backup Filter)					

Tabelle D.8 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Dauerlauf (5.7)

Filtersystem	
Lieferant des Filtersystems	
Filtersystem Typ / Seriennummer	
Data-Logger Typ / Seriennummer	
Additivdosierung Typ / Seriennummer	

Art der Anwendung	
Stationäre Anlage oder Mobile Anlage	

Anlage- resp. Fahrzeugdaten	
Hersteller von Anlage / Fahrzeug / Motor	
Typ-Bezeichnung von Anlage / Fahrzeug / Motor	
Nennleistung / Hubvolumen	
Seriennummer (Inventarnummer)	
Betreiberfirma / Einsatzort	

Tabelle D.8 — Prüfbericht: Ergebnisse der Teilprüfung Dauerlauf (5.7) (Fortsetzung)

Messung von Druckverlust und Abgastrübung		
	Bei Beginn des Dauerlaufs	Am Ende des Dauerlaufs
Datum		
Stand des Betriebsstunden- bzw. Kilometerzählers [h] bzw. [km]		
Druckverlust des Filters bei hoher Leerlaufdrehzahl [hPa]		
Abgastrübung vor Filter bei freier Beschleunigung [m ⁻¹]		
Abgastrübung nach Filter bei freier Beschleunigung [m ⁻¹]		

Betriebsdaten des Dauerlaufs	
Einbau des Filters: Datum und Stand des Betriebsstunden- bzw. Kilometerzählers [h] bzw. [km]	
Ausbau des Filters: Datum und Stand des Betriebsstunden- bzw. Kilometerzählers [h] bzw. [km]	
Brutto-Einsatzzeit [h]	
Davon Reparaturzeiten [h]	
Effektive Einsatzzeit des Filtersystems [h]	
Effektiver Druckbereich während des Dauerlaufs [hPa]	
Effektiver Temperaturbereich während des Dauerlaufs [°C]	