

DIN EN ISO 18854

ICS 47.080; 47.020.20

**Kleine Wasserfahrzeuge –
Messung der Emission von Hubkolben-Verbrennungsmotoren –
Prüfstandsmessung der gasförmigen Emissionen und der
Partikelemissionen (ISO 18854:2015);
Deutsche Fassung EN ISO 18854:2015**

Small craft –

Reciprocating internal combustion engines exhaust emission measurement –

Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions (ISO 18854:2015);

German version EN ISO 18854:2015

Petits navires –

Moteurs alternatifs à combustion interne mesurage des émissions de gaz

d'échappement –

Mesurage des émissions de gaz et de particules au banc (ISO 18854:2015);

Version allemande EN ISO 18854:2015

Gesamtumfang 105 Seiten

DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18854:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 188 „Small craft“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/BT/WG 69 „Kleine Wasserfahrzeuge“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SIS (Schweden) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 132-08-01 AA „Kleine Wasserfahrzeuge“ der DIN-Normenstelle Schiffs- und Meerestechnik (NSMT).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 5725-1	siehe	DIN ISO 5725-1
ISO 5725-2	siehe	DIN ISO 5725-2
ISO 8666	siehe	DIN EN ISO 8666

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 8666, *Kleine Wasserfahrzeuge — Hauptdaten*

DIN ISO 5725-1, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Meßverfahren und Meßergebnissen — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Begriffe*

DIN ISO 5725-2, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Meßverfahren und Meßergebnissen — Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Meßverfahrens*

Deutsche Fassung

Kleine Wasserfahrzeuge —
Messung der Emission von Hubkolben-Verbrennungsmotoren —
Prüfstandsmessung der gasförmigen Emissionen und
der Partikelemissionen
(ISO 18854:2015)

Small craft —
Reciprocating internal combustion engines
exhaust emission measurement —
Test-bed measurement of gaseous and
particulate exhaust emissions
(ISO 18854:2015)

Petits navires —
Moteurs alternatifs à combustion interne mesurage
des émissions de gaz d'échappement —
Mesurage des émissions de gaz et de particules au banc
(ISO 18854:2015)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 19. März 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	7
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	11
4.1 Allgemeine Symbole.....	11
4.2 Symbole für die Kraftstoffzusammensetzung	14
4.3 Symbole und Abkürzungen für die chemischen Bestandteile.....	14
4.4 Abkürzungen	15
5 Prüfbedingungen	16
5.1 Bedingungen für die Prüfung des Motors.....	16
5.1.1 Prüfbedingungsparameter	16
5.1.2 Gültigkeit der Prüfung	16
5.2 Motoren mit Ladeluftkühlung	16
5.3 Leistung	16
5.4 Spezifische Prüfbedingungen	17
5.4.1 Lufteinlasssystem des Motors	17
5.4.2 Abgassystem des Motors	17
5.4.3 Kühlsystem.....	18
5.4.4 Schmieröl.....	18
5.4.5 Einstellbare Vergaser	18
5.4.6 Kurbelgehäuseentlüftung	18
6 Prüfkraftstoffe	18
7 Anwendung des Konzepts der Motorenfamilie und Wahl des Stamm-Motors.....	18
8 Messgeräte und zu messende Daten.....	19
8.1 Allgemeines	19
8.2 Spezifikation des Leistungsprüfstands (Dynamometers)	19
8.3 Abgasstrom	20
8.3.1 Allgemeines	20
8.3.2 Direktes Messverfahren	20
8.3.3 Luft- und Kraftstoff-Messverfahren	20
8.3.4 Kraftstoffdurchsatz- und Kohlenstoffbilanz-Verfahren	20
8.3.5 Tracergas-Messverfahren	21
8.3.6 Luftdurchsatz- und Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Messverfahren	22
8.3.7 Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases.....	22
8.4 Genauigkeit	23
8.5 Bestimmung der gasförmigen Bestandteile	24
8.5.1 Allgemeine Spezifikationen für Analysegeräte.....	24
8.5.2 Gastrocknung.....	25
8.5.3 Analysegeräte	25
8.5.4 Probenahme für gasförmige Emissionen	27
8.6 Partikelbestimmung	28
8.6.1 Allgemeines	28
8.6.2 Partikel-Probenahmefilter	29
8.6.3 Spezifikation der Wägekammer und der Analysenwaage	30

9	Kalibrierung der Analysegeräte	31
9.1	Allgemeine Anforderungen	31
9.2	Kalibriergase	31
9.2.1	Allgemeines	31
9.2.2	Reingase	31
9.2.3	Kalibriergase und Prüfgase	31
9.2.4	Verwendung von Gasstromteilern	32
9.2.5	Prüfgase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit	32
9.3	Betriebsanweisung für Analysen- und Probenahmegeräte	32
9.4	Dichtheitsprüfung	33
9.5	Kalibrierverfahren	33
9.5.1	Messsystem	33
9.5.2	Aufheizzeit	33
9.5.3	NDIR- und HFID-Analysator	33
9.5.4	GC und HPLC	33
9.5.5	Ermittlung der Kalibrierkurve	33
9.5.6	Andere Kalibrierverfahren	34
9.5.7	Überprüfung der Kalibrierung	34
9.6	Kalibrierung des Tracergas-Analysators für die Messung des Abgasdurchsatzes	34
9.7	Prüfung des Wirkungsgrades des NO _x -Konverters	34
9.7.1	Allgemeines	34
9.7.2	Prüfaufbau	34
9.7.3	Kalibrierung	35
9.7.4	Berechnung	35
9.7.5	Zusatz von Sauerstoff	36
9.7.6	Einschalten des Ozongenerators	36
9.7.7	NO _x -Betriebsart	36
9.7.8	Ausschalten des Ozongenerators	36
9.7.9	NO-Betriebsart	36
9.7.10	Prüfabstände	36
9.7.11	Wirkungsgradanforderung	36
9.8	Einstellung des FID	36
9.8.1	Optimierung der Empfindlichkeit des Detektors	36
9.8.2	Ansprechfaktoren bei Kohlenwasserstoffen	37
9.8.3	Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit	37
9.8.4	Wirkungsgrad des Nichtmethan-Cutters (NMC)	38
9.8.5	Methanol-Ansprechfaktor	39
9.9	Querempfindlichkeiten der CO-, CO ₂ -, NO _x -, O ₂ -, NH ₃ - und N ₂ O-Analysatoren	40
9.9.1	Allgemeines	40
9.9.2	Überprüfung der Querempfindlichkeit des CO-Analysators	40
9.9.3	Überprüfungen der Querempfindlichkeit des NO _x -Analysators	40
9.9.4	Querempfindlichkeit des O ₂ -Analysators	42
9.9.5	Kompensation der Querempfindlichkeit für NH ₃ - und N ₂ O-Messkanäle mit IR- und UV-Messverfahren	43
9.10	Abstände zwischen den Kalibrierungen	44
10	Kalibrierung des Partikelmesssystems	45
10.1	Allgemeines	45
10.2	Kalibrierverfahren	45
10.2.1	Messung des Durchsatzes	45
10.2.2	Abgasanalysator	45
10.2.3	Überprüfung des Kohlenstoffdurchsatzes	45
10.3	Überprüfung der Teilstrombedingungen	45
10.4	Abstände zwischen den Kalibrierungen	45
11	Kalibrierung des CVS-Vollstrom-Verdünnungssystems	46
11.1	Allgemeines	46
11.2	Kalibrierung der Verdrängerpumpe (PDP)	46
11.2.1	Allgemeines	46

11.2.2	Analyse der Ergebnisse	46
11.3	Kalibrierung der kritischen Düse (CFV)	47
11.3.1	Allgemeines	47
11.3.2	Analyse der Ergebnisse	48
11.4	Kalibrierung des Venturi-Rohrs mit subsonischer Strömung (SSV)	48
11.4.1	Allgemeines	48
11.4.2	Analyse der Ergebnisse	49
11.5	Überprüfung des Gesamtsystems	50
11.5.1	Allgemeines	50
11.5.2	Messung mit einer Messblende für kritische Strömung	50
11.5.3	Messung mit einem gravimetrischen Verfahren	50
12	Prüfzyklen (Betriebsbedingungen)	51
12.1	Anforderungen	51
12.2	Prüfzyklen	51
12.2.1	Anwendungen	51
12.2.2	Prüfstufen und Wichtungsfaktoren	52
12.2.3	Durchführung der Prüfung	53
13	Prüfablauf	53
13.1	Vorbereitung der Probenahmefilter	53
13.2	Anbringen der Messgeräte	53
13.3	Inbetriebnahme des Verdünnungssystems und des Motors	53
13.4	Einstellung des Verdünnungsverhältnisses	53
13.5	Bestimmung der Prüfpunkte	54
13.6	Überprüfung der Analysegeräte	54
13.7	Prüfzyklen	54
13.7.1	Prüffolge	54
13.7.2	Ansprechverhalten der Analysengeräte	55
13.7.3	Partikel-Probenahme	55
13.7.4	Motorbedingungen	55
13.8	Erneute Überprüfung der Analysegeräte	56
13.9	Prüfbericht	56
14	Datenauswertung für gas- und partikelförmige Emissionen	56
14.1	Gasförmige Emissionen	56
14.2	Partikel-Emissionen	56
15	Berechnung der gasförmigen Emissionen	56
15.1	Allgemeines	56
15.2	Bestimmung des Abgasdurchsatzes	57
15.3	Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand	57
15.4	NO _x -Korrektur bezüglich Feuchtigkeit und Temperatur	59
15.5	Berechnung des Emissionsmassendurchsätze	60
15.5.1	Rohabgas	60
15.5.2	Verdünntes Abgas	62
15.5.3	Bestimmung der NMHC-Konzentration	64
15.6	Berechnung der spezifischen Emissionen	64
16	Berechnung der Partikel-Emission	65
16.1	Luftfeuchte-Korrekturfaktor für Partikel	65
16.2	Teilstrom-Verdünnungssystem	65
16.2.1	Isokinetische Systeme	65
16.2.2	Systeme mit Messung der CO ₂ - oder NO _x -Konzentration	65
16.2.3	Systeme mit CO ₂ -Messung und Kohlenstoffbilanzverfahren	66
16.2.4	Systeme mit Durchsatzmessung	66
16.3	Vollstrom-Verdünnungssystem	66
16.4	Berechnung des Partikelmassendurchsatzes	67
16.5	Berechnung der spezifischen Emissionen	68
16.6	Effektiver Wichtungsfaktor	68

17	Bestimmung der gasförmigen Emissionen	68
17.1	Allgemeines	68
17.2	Abgas-Hauptbestandteile CO, CO ₂ , HC, NO _x , O ₂	69
17.3	Ammoniakanalyse	73
17.4	Methananalyse	74
17.4.1	Gaschromatographisches Verfahren (GC-Verfahren) (Bild 6)	75
17.4.2	Nichtmethan-Cutter-Verfahren (NMC-Verfahren) (Bild 7)	77
17.5	Methanolanalyse	78
17.6	Formaldehydanalyse	79
18	Bestimmung der Partikel	81
18.1	Allgemeines	81
18.2	Verdünnungssystem	81
18.2.1	Teilstrom-Verdünnungssystem (Bilder 10 bis 18)	81
18.2.2	Vollstrom-Verdünnungssystem	94
18.3	Partikel-Probenahmesystem	98
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2013/53/EG		102
Literaturhinweise		103

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung des Gerätes zur Bestimmung des Wirkungsgrades des NO ₂ -Konverters	35
Bild 2 — Messung der Abgasbestandteile im Rohabgas	57
Bild 3 — Flussdiagramm des Rohabgas-Analysensystems für CO, CO ₂ , NO _x , HC und O ₂	69
Bild 4 — Flussdiagramm des Analysensystems für das verdünnte Abgas für CO, CO ₂ , NO _x , HC und O ₂	70
Bild 5 — Flussdiagramm eines Konvertersystems für die NO _x /NH ₃ -Messung	74
Bild 6 — Flussdiagramm für die Methananalyse (GC-Verfahren)	75
Bild 7 — Flussdiagramm für die Methananalyse (NMC-Verfahren)	77
Bild 8 — Flussdiagramm für die Methanolanalyse	78
Bild 9 — Flussdiagramm für die Formaldehydanalyse	79
Bild 10 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit isokinetischer Probenahmesonde und Teilprobenahme (SB-Regelung)	82
Bild 11 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit isokinetischer Probenahmesonde und Teilprobenahme (PB-Regelung)	83
Bild 12 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit Messung von CO ₂ - oder NO _x -Konzentration und Teilprobenahme	84
Bild 13 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit Messung von CO ₂ -Konzentration, Kohlenstoffbilanz und Gesamtprobenahme	85
Bild 14 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit Einfach-Venturi-Rohr, Konzentrationsmessung und Teilprobenahme	86
Bild 15 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit Doppel-Venturi-Rohr oder Doppelblende, Konzentrationsmessung und Teilprobenahme	87
Bild 16 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit Mehrfachröhrenteilung, Konzentrationsmessung und Teilprobenahme	88
Bild 17 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit Durchflussregelung und Gesamtprobenahme	89

Bild 18 — Teilstrom-Verdünnungssystem mit Durchflussregelung und Teilprobenahme	90
Bild 19 — Vollstrom-Verdünnungssystem	95
Bild 20 — Partikel-Probenahmesystem	98
Bild 21 — Sekundärverdünnungs- und Partikel-Probenahmesystem (nur für Vollstromsystem)	99

Tabellen

Tabelle 1 — Zulässige Abweichungen der Messgeräte für Motordaten	23
Tabelle 2 — Zulässige Abweichungen der Messgeräte für andere wichtige Parameter	23
Tabelle 3 — Minimale Filterbeladung.....	30
Tabelle 4 — Prüfgase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit	32
Tabelle 5 — Sauerstoffäquivalente	42
Tabelle 6 — Prüfstufen und Wichtungsfaktoren für Prüfzyklen des Typs E	52
Tabelle 7 — Prüfstufen und Wichtungsfaktoren für Prüfzyklen des Typs D2	53
Tabelle 8 — Koeffizient u_{gas} und kraftstoffspezifische Parameter für Rohabgas	63
Tabelle 9 — Koeffizient u_{gas} und kraftstoffspezifische Parameter für verdünntes Abgas	63
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Richtlinie 2013/53/EG.....	102

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 18854:2015) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 188 „Small Craft“ erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2015, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2015 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 18854:2015 wurde vom CEN als EN ISO 18854:2015 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die vorliegende Internationale Norm ist für die Anwendung als Messverfahren zum Bestimmen der gasförmigen Emissionen und Partikelemissionen von Hubkolben-Verbrennungsmotoren (RIC-Motoren, en: reciprocating internal combustion), die in kleinen Wasserfahrzeugen eingesetzt werden, vorgesehen. Der Zweck der Norm besteht in der Bereitstellung einer Zusammenstellung der Emissionseigenschaften des Motors, die mittels geeigneter Wichtungsfaktoren als eine Anzeige für die Motoremissionsniveaus in verschiedenen Anwendungen herangezogen werden können. Die Emissionsergebnisse werden in Einheiten von Gramm je Kilowattstunde angegeben und geben die massenbezogenen Emissionsraten je abgeschlossener Arbeitseinheit wieder.

Obwohl diese Internationale Norm für Bootsmotoren entwickelt wurde, hat sie viele grundsätzliche Gemeinsamkeiten mit Messungen der gasförmigen Emissionen und Partikelemissionen, die seit vielen Jahren für Motoren von Straßenfahrzeugen in Gebrauch sind. Ein Prüfverfahren mit vielen dieser Gemeinsamkeiten ist der Prozess des Mischens von Verdünnungsluft mit dem Gesamtabgasstrom vor dem Abtrennen einer Teilmenge des verdünnten Abgasstroms für die Analyse (Vollstrom-Verdünnungsverfahren), wie es derzeit für die Zertifizierung der 1985 und später hergestellten Motoren von Schwerlastkraftwagen in den USA festgelegt ist. Ein weiteres derartiges Verfahren ist die direkte Messung der Gasemissionen in unverdünnten Abgasen (Rohabgasen), wie es derzeit für Motoren von Schwerlastkraftwagen in Japan und Europa gilt.

ANMERKUNG In vielen Vollstrom-Verdünnungssystemen ist es üblich, diese Teilmenge des vorverdünnten Abgases ein zweites Mal zu verdünnen, um geeignete Probertemperaturen am Partikelfilter zu erhalten (siehe Bild 19).

Viele der in dieser Internationalen Norm beschriebenen Verfahren sind speziell angepasste Nutzungen von Laborverfahren, da die Bestimmung eines Emissionswertes eher die Durchführung einer komplexen Reihe von Einzelmessungen erfordert und nicht die Bestimmung eines einzelnen Messwerts. Demnach hängen die erhaltenen Ergebnisse genauso vom Durchführungsprozess der Messung ab wie vom Motor und dem Prüfverfahren.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Mess- und Bewertungsverfahren für gasförmige Emissionen und Partikelemissionen von Hubkolben-Verbrennungsmotoren (RIC-Motoren) unter stationären Bedingungen auf einem Prüfstand fest, die für die Bestimmung eines leistungsbezogenen Emissionswertes jeder Schadstoffkomponente im Abgas notwendig sind. Verschiedene Kombinationen aus Motorlast und -drehzahl geben die unterschiedlichen Motoranwendungen wieder.

Diese Internationale Norm gilt für RIC-Bootsmotoren, die für den Einbau in kleine Wasserfahrzeuge bis zu einer Rumpflänge von 24 m vorgesehen sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 5725-1, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions*

ISO 5725-2, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*

ISO 8178-1:2006, *Reciprocating internal combustion engines — Exhaust emission measurement — Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions*

ISO 8178-6:2000, *Reciprocating internal combustion engines — Exhaust emission measurement — Part 6: Report of measuring results and test*

ISO 8666, *Small craft — Principal data*

ISO 14396, *Reciprocating internal combustion engines — Determination and method for the measurement of engine power — Additional requirements for exhaust emission tests in accordance with ISO 8178*

ISO 15550:2002, *Internal combustion engines — Determination and method for the measurement of engine power — General requirements*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8666 und die folgenden Begriffe.

3.1

Partikel

Material, das auf einem definierten Filter abgeschieden wird, wenn das Abgas, das mit reiner gefilterter Luft verdünnt und auf eine Temperatur von über 315 K (42 °C) und kleiner oder gleich 325 K (52 °C) gebracht wurde, durch den Filter gesaugt wird; die Temperatur wird an einem Punkt unmittelbar oberhalb des Primärfilters gemessen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Partikel bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff, kondensierten Kohlenwasserstoffen und Sulfaten mit zugehörigem Wasser.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die in dieser Internationalen Norm definierten Partikel unterscheiden sich in der Zusammensetzung und Masse wesentlich von den Partikeln oder dem Staub, der aus dem unverdünnten Abgas mit einem Heißfilterverfahren abgefangen wird. Die in dieser Internationalen Norm beschriebene Partikelmessung ist erwiesenermaßen wirksam für Kraftstoff-Schwefelgehalte bis zu 0,8 %.

[QUELLE: ISO 8178-1:2006, 3.1, ohne Anmerkung 3 zum Begriff]

3.2

Teilstrom-Verdünnungssystem

System, das einen Prozess zum Trennen eines Teils des Rohabgases aus dem Gesamtabgasstrom für das Mischen mit einer angemessenen Menge Verdünnungsluft nutzt, bevor der verdünnte Teilstrom zur Probenahme durch einen Partikelfilter geleitet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 18.2.1, Bilder 10 bis 18.

3.3

Vollstrom-Verdünnungssystem

System, das einen Prozess zum Mischen von Verdünnungsluft mit dem Gesamtabgasstrom nutzt, bevor eine Teilmenge des verdünnten Abgasstroms analysiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: In vielen Vollstrom-Verdünnungssystemen ist es üblich, diese Teilmenge des verdünnten Abgases ein zweites Mal zu verdünnen, um geeignete Proben Temperaturen am Partikelfilter zu erhalten (siehe Bild 19).

3.4

isokinetische Probenahme

Verfahren zur Durchflussregelung der Abgasprobe, indem die mittlere Probengeschwindigkeit an der Sonde gleich der mittleren Abgasstromgeschwindigkeit gehalten wird

[QUELLE: ISO 8178-1:2006, 3.4]

3.5

Mehrfachfilterverfahren

Verfahren, bei dem je ein Filter für jede einzelne Prüfzyklusstufe verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die modalen Wichtungsfaktoren werden nach der Probenahme bei der Datenauswertungsphase der Prüfung berücksichtigt.

[QUELLE: ISO 8178-1:2006, 3.6]

3.6

Einfachfilterverfahren

Verfahren, bei dem ein Filter für alle Prüfzyklusstufen verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die modalen Wichtungsfaktoren müssen während der Partikel-Probenahme Phase des Prüfzyklus durch Abstimmen der Probendurchflussmenge und/oder Probenahmedauer berücksichtigt werden. Diese Verfahren bedingt, dass auf die Probenahmedauer und die Durchflussmengen besonders geachtet werden muss.

[QUELLE: ISO 8178-1:2006, 3.7]

3.7

spezifische Emissionen

massebezogene Emissionen in Gramm je Kilowattstunde

[QUELLE: ISO 8178-1:2006, 3.8 — modifiziert]

3.8

Prüfgas

gereinigtes Gasgemisch zur Kalibrierung von Gasanalysegeräten

Anmerkung 1 zum Begriff: Kalibrier- und Prüfgase sind qualitativ gleich, unterscheiden sich aber in Bezug auf ihre Hauptfunktion. Verschiedene Leistungsüberprüfungen für Gasanalysegeräte und Komponenten der Probenentnahme beziehen sich entweder auf Kalibriergase oder auf Prüfgase.

3.9

Nullgas

Gas, das das Nullsignal bei einem Analysegerät erzeugt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das können gereinigter Stickstoff, gereinigte Luft oder eine Kombination aus gereinigter Luft und gereinigtem Stickstoff sein.

3.10

Kalibrierung

Verfahren, die Reaktionen eines Messsystems, so einzustellen, dass dessen Ausgabewert mit einer Reihe von Referenzmarken übereinstimmt

3.11

Überprüfung

Maßnahme zur Evaluierung, ob die Ausgabewerte eines Messsystems mit einer Reihe angewandter Referenzmarken mit einem oder mehreren vorgegebenen Grenzwerten übereinstimmen

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Allgemeine Symbole

Symbol	Größe	Einheit
A/F_{st}	Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis	–
A_p	Querschnittsfläche der isokinetischen Probenahmesonde	m ²
A_r	Atomare Masse	G
A_x	Querschnittsfläche des Abgasrohrs	m ²
c_c	Hintergrundkorrigierte Konzentration	ppm % (V/V)
c_d	Konzentration in der Verdünnungsluft	ppm % (V/V)
c_x	Konzentration im Abgas (Index gibt die betreffende Abgaskomponente an)	ppm % (V/V)
D	Verdünnungsfaktor	–
E_{CO_2}	CO ₂ -Querempfindlichkeit des NO _x -Analysators	%
E_E	Ethan-Wirkungsgrad	%
E_{H_2O}	Wasser(dampf)-Querempfindlichkeit des NO _x -Analysators	%
E_M	Methan-Wirkungsgrad	%
E_{NO_x}	Wirkungsgrad des NO _x -Konverters	%
e_{PT}	Partikelemission	g/kW·h
e_x	Gasemission (Index gibt Verbindung an)	g/kW·h
λ	Luftüberschussfaktor ($[(\text{kg trockene Luft})/(\text{kg Kraftstoff} \times [A/F_{st}])]$)	–
λ_{Ref}	Luftüberschussfaktor bei Referenzbedingungen	–
f_a	Laboratmosphärenfaktor	–
f_c	Kohlenstofffaktor	–

Symbol	Größe	Einheit
f_{fd}	Kraftstoffspezifischer Faktor für Abgasstrom-Berechnung für trockenen Bezugszustand	–
f_{fh}	Kraftstoffspezifischer Faktor für die Berechnungen der Feuchtkonzentrationen aus den Trockenkonzentrationen	–
f_{fw}	Kraftstoffspezifischer Faktor für Abgasstrom-Berechnung auf für feuchten Bezugszustand	–
H_a	Absolute Feuchte der Ansaugluft (g Wasser/kg trockene Luft)	g/kg
H_d	Absolute Feuchte der Verdünnungsluft (g Wasser/kg trockene Luft)	g/kg
i	Index zur Angabe einer individuellen Prüfstufe	–
k_f	Kraftstoffspezifischer Faktor für Kohlenstoff-Bilanzberechnung	–
k_{hd}	Feuchte-Korrekturfaktor für NO_x für Dieselmotoren	–
k_{hp}	Feuchte-Korrekturfaktor für NO_x für Ottomotoren	–
k_p	Feuchte-Korrekturfaktor für Partikel	–
k_{wa}	Trocken-Feuchte-Korrekturfaktor für die Ansaugluft	–
k_{wd}	Trocken-Feuchte-Korrekturfaktor für die Verdünnungsluft	–
k_{we}	Trocken-Feuchte-Korrekturfaktor für das verdünnte Abgas	–
k_{wr}	Trocken-Feuchte-Korrekturfaktor für das Rohabgas	–
M	Prozentuales Drehmoment in Bezug zum maximalen Drehmoment für die Prüfmotordrehzahl	%
M_r	Molekulare Masse	g
m_d	Masse der Verdünnungsluftprobe, die durch die Probenahme-Partikelfilter strömt	kg
$m_{f,d}$	Partikelprobenmasse der aufgefangenen verdünnten Luft	mg
m_f	Gesammelte Partikelprobenmasse	mg
m_{sep}	Masse der verdünnten Abgasprobe, die durch die Probenahme-Partikelfilter strömt	kg
P_A	Absoluter Ausgangsdruck am Pumpenausgang	kPa
p_a	Sättigungsdampfdruck der Motoransaugluft	kPa
p_b	Gesamtluftdruck	kPa
p_d	Sättigungsdampfdruck der Verdünnungsluft	kPa
p_r	Wasser-Dampfdruck nach dem Kühler	kPa
p_s	atmosphärischer Druck der trockenen Luft	kPa
P	Unkorrigierte Bremsleistung	kW
P_{aux}	Erklärte Gesamtleistung, die von für die Prüfung angebrachten und von ISO 14396 nicht geforderten Hilfseinrichtungen aufgenommen wird	kW
P_m	Gemessene oder erklärte Höchstleistung bei der Prüfmotordrehzahl unter Prüfbedingungen (siehe 13.5)	kW

Symbol	Größe	Einheit
q_{mad}	Ansaugluft-Massendurchsatz für trockenen Bezugszustand	kg/h
q_{maw}	Ansaugluft-Massendurchsatz für feuchten Bezugszustand	kg/h
q_{mdw}	Verdünnungsluft-Massendurchsatz für feuchten Bezugszustand	kg/h
q_{medf}	Äquivalent-Verdünnungsluft-Massendurchfluss für feuchten Bezugszustand	kg/h
q_{mew}	Abgas-Massendurchfluss für feuchten Bezugszustand	kg/h
q_{mf}	Kraftstoff-Massendurchfluss	kg/h
q_{mdew}	Massendurchfluss des verdünnten Abgases für feuchten Bezugszustand	kg/h
q_{mgas}	Emissions-Massendurchfluss des einzelnen Gases	g/h
q_{mPT}	Partikel-Massendurchfluss	g/h
r_d	Verdünnungsverhältnis	–
r_a	Verhältnis der Querschnittsflächen von isokinetischer Probenahmesonde und Abgasrohr	–
R_a	Relative Luftfeuchte der Ansaugluft	%
R_d	Relative Luftfeuchte der Verdünnungsluft	%
r_h	FID-Ansprechfaktor	–
r_m	FID-Ansprechfaktor für Methanol	–
r_x	Verhältnis des statischen Absolutdrucks an der SSV-Einschnürung zu dem am Einlass	–
r_y	Verhältnis von SSV-Einschnürungsdurchmesser d zum Einlassrohr-Innendurchmesser	–
ρ	Dichte	kg/m ³
S	Dynamometereinstellung	kW
T_a	Absoluttemperatur der Ansaugluft	K
T_d	Absolute Taupunkttemperatur	K
T_{ref}	Absolute Referenztemperatur (der Verbrennungsluft: 298 K)	K
T_c	Absoluttemperatur der zwischengekühlten Luft	K
T_{cref}	Absolute Referenztemperatur der zwischengekühlten Luft	K
V_m	Molvolumen	L
W_f	Wichtungsfaktor	–
W_{fe}	Effektiver Wichtungsfaktor	–

4.2 Symbole für die Kraftstoffzusammensetzung

w_{ALF}	H-Gehalt des Kraftstoffs, % Massenanteil
w_{BET}	C-Gehalt des Kraftstoffs, % Massenanteil
w_{GAM}	S-Gehalt des Kraftstoffs, % Massenanteil
w_{DEL}	N-Gehalt des Kraftstoffs, % Massenanteil
w_{EPS}	O-Gehalt des Kraftstoffs, % Massenanteil
α	Molverhältnis (H/C)
β	Molverhältnis (C/C)
γ	Molverhältnis (S/C)
δ	Molverhältnis (N/C)
ε	Molverhältnis (O/C)

ANMERKUNG Die Umrechnung zwischen Massengehalt und Molverhältnis ist in ISO 8178-1:2006, Gleichungen (A.3) bis (A.12), angegeben.

4.3 Symbole und Abkürzungen für die chemischen Bestandteile

ACN	Acetonitril
C1	Kohlenstoff 1-äquivalenter Kohlenwasserstoff
CH ₄	Methan
C ₂ H ₆	Ethan
C ₃ H ₈	Propan
CH ₃ OH	Methanol
CO	Kohlen(stoff)monoxid
CO ₂	Kohlen(stoff)dioxid
DNPH	Dinitrophenylhydrazin
DOP	Diethylphthalat
HC	Kohlenwasserstoffe
HCHO	Formaldehyd
H ₂ O	Wasser
NH ₃	Ammoniak

NMHC	Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxide
N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
O ₂	Sauerstoff
RME	Rapsöl-Methylester
SO ₂	Schwefeldioxid
SO ₃	Schwefeltrioxid

4.4 Abkürzungen

CFV	kritische Düse (Venturi-Süse für kritischen Durchfluss)
CLD	Chemilumineszenzdetektor
CVS	Probe konstanten Volumens/Konstantvolumen-Probenahme
EP	Abgasrohr (en: exhaust pipe)
ECS	elektrochemischer Sensor
FID	Flammenionisationsdetektor
FTIR	Fourier-Transform(ations)-Infrarotanalysator
GC	Gaschromatograph(ie)
HCLD	beheizter Chemilumineszenz-Detektor
HFID	beheizter Flammenionisationsdetektor
HPLC	Hochdruck-Flüssig(keits)chromatograph(ie)
NDIR	nichtdispersiver Infrarotanalysator
NMC	Nichtmethan-Cutter
PDP	Verdrängerpumpe
PMD	paramagnetischer Detektor
PT	Partikel
RH	relative Luftfeuchte
UVD	Ultraviolett-Detektor (UV-Detektor)
ZRDO	Zirkoniumdioxid-Sensor

5 Prüfbedingungen

5.1 Bedingungen für die Prüfung des Motors

5.1.1 Prüfbedingungsparameter

Die absolute Temperatur, T_a , der Ansaugluft am Motoreinlass in Kelvin und der Druck der trockenen Luft, p_s , in Kilopascal sind zu messen, und der Parameter, f_a , ist nach folgenden Vorgaben zu berechnen:

a) Selbstzündungsmotoren (Dieselmotoren)

Saugmotoren und mechanisch aufgeladene Motoren:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,7} \quad (1)$$

Turbo-aufgeladene Motoren mit oder ohne Ladeluftkühlung:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1,5} \quad (2)$$

b) Ottomotoren

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0,6} \quad (3)$$

ANMERKUNG Die Gleichungen (1) bis (3) sind identisch mit denen der Abgas-Emissionsgesetzgebung von ECE, EEC und EPA, unterscheiden sich aber von der Gleichung der ISO-Leistungskorrektur.

5.1.2 Gültigkeit der Prüfung

Für die Gültigkeit der Prüfung muss der Parameter, f_a , folgende Ungleichung erfüllen:

$$0,93 < f_a < 1,07 \quad (4)$$

Die Prüfungen sollten vorzugsweise mit einem Parameter, f_a , zwischen 0,96 und 1,06 durchgeführt werden.

5.2 Motoren mit Ladeluftkühlung

Die Ladelufttemperatur ist aufzuzeichnen und darf bei der Drehzahl der angegebenen Nennleistung und Vollast nicht mehr als ± 5 K von der höchsten vom Hersteller festgelegten Ladelufttemperatur abweichen. Die Temperatur des Kühlmittels muss mindestens 293 K (20 °C) betragen.

Bei Verwendung einer Prüfstandanlage oder eines externen Gebläses muss die Ladelufttemperatur auf ± 5 K der höchsten vom Hersteller festgelegten Ladelufttemperatur bei der Drehzahl der angegebenen Nennleistung und Vollast eingestellt werden. Die Kühlmittel-Temperatur und -Durchflussmenge des Ladeluftkühlers am oben beschriebenen Einstellpunkt darf während des gesamten Prüfzyklus nicht verändert werden.

5.3 Leistung

Die Grundlage für spezifische Emissionsmessungen ist die unkorrigierte, an der Kurbelwelle oder deren Äquivalent gemessene Leistung, wobei der Motor nur mit den Standard-Hilfseinrichtungen versehen sein darf, die für den Motorbetrieb auf dem Prüfstand (Bremsleistung) notwendig sind, wie in ISO 14396 festgelegt. Der

Motor muss mit den für den Motorbetrieb notwendigen Hilfseinrichtungen ausgestattet werden. Wenn es nicht möglich oder unpraktisch ist, die Hilfseinrichtungen auf dem Prüfstand zu installieren, muss die von ihnen aufgenommene Leistung bestimmt und von der gemessenen Motorleistung subtrahiert werden.

Bestimmte Hilfseinrichtungen, die nur für den Betrieb der Maschine erforderlich und möglicherweise am Motor angebracht sind, müssen zur Prüfung entfernt werden. Folgende unvollständige Liste dient als Beispiel:

- Servolenkungskompressor;
- Klimaanlagekompressor;
- Pumpen für hydraulische Systeme.

Zu weiteren Einzelheiten siehe ISO 14396.

Wurden Hilfseinrichtungen nicht entfernt, ist zur Berechnung der Einstellungen des Leistungsprüfstands (Dynamometers) nach 13.5 die von diesen Einrichtungen bei den Prüfdrehzahlen aufgenommene Leistung zu bestimmen; ausgenommen sind Motoren, bei denen derartige Hilfseinrichtungen einen integralen Bestandteil des Motors bilden (z. B. Kühlgebläse bei luftgekühlten Motoren).

5.4 Spezifische Prüfbedingungen

5.4.1 Lufteinlasssystem des Motors

Es ist ein Motor-Lufteinlasssystem oder eine Prüfstandanlage zu verwenden, dessen/deren Lufteinlasswiderstand höchstens ± 300 Pa von dem vom Hersteller für ein sauberes Luftfilter festgelegten Höchstwert des Motors abweicht, wenn dieser mit der Drehzahl der angegebenen Nennleistung und Volllast betrieben wird.

Wenn der Motor mit einem integrierten Lufteinlasssystem ausgestattet ist, muss dieses für die Prüfung verwendet werden.

ANMERKUNG Die Drosselungen sind bei Nenndrehzahl und Volllast einzustellen.

5.4.2 Abgassystem des Motors

Es ist eine Motorabgas- oder Prüfstandanlage zu verwenden, die einen Abgasgegendruck innerhalb von 80 % bis 100 % des vom Hersteller festgelegten Höchstwerts bei der Drehzahl der angegebenen Nennleistung und Volllast ergibt. Das Abgassystem muss den Anforderungen für eine Abgasprobenahme nach 8.5.4, 18.2.1 und 18.2.2 genügen.

Wenn der Motor mit einem integrierten Abgassystem ausgestattet ist, muss dieses für die Prüfung verwendet werden.

Ist der Motor mit einer Abgasnachbehandlungseinrichtung ausgestattet, muss der Durchmesser des Abgasrohrs genauso groß sein wie er in der Praxis an einer Stelle mindestens vier Rohrdurchmesser oberhalb des Einlasses am Beginn des die Nachbehandlungseinrichtung enthaltenden Ausdehnungsabschnitts verwendet wird. Der Abstand von der Auspuffkrümmeranschlussstelle bzw. dem Turboladerauslass bis zur Abgasnachbehandlungseinrichtung muss so groß sein wie in der Fahrzeugkonfiguration oder in den Abstandsangaben des Herstellers angegeben. Abgasgegendruck bzw. -widerstand müssen den vorstehend angeführten Kriterien entsprechen und dürfen mittels eines Ventils eingestellt werden. Für Blindprüfungen und die Motorabbildung darf der Behälter der Nachbehandlungseinrichtung entfernt und durch einen gleichartigen Behälter mit inaktivem Katalysatorträger ersetzt werden.

ANMERKUNG Die Drosselungen sind bei Nenndrehzahl und Volllast einzustellen.

5.4.3 Kühlsystem

Es ist ein Motorkühlsystem zu verwenden, um die vom Hersteller vorgegebenen üblichen Betriebstemperaturen des Motors einzuhalten.

5.4.4 Schmieröl

Die Kenndaten des zur Prüfung verwendeten Schmieröls sind aufzuzeichnen und zusammen mit den Prüfergebnissen vorzulegen.

5.4.5 Einstellbare Vergaser

Einstellbare Vergaser müssen entsprechend den Herstellerempfehlungen eingestellt werden.

5.4.6 Kurbelgehäuseentlüftung

Wenn es erforderlich ist, die Kurbelgehäuseemissionen eines offenen Kurbelgehäusesystems als Teil der Gesamtemissionen des Motors zu messen, müssen sie nach jeglichem Nachbehandlungssystem, sofern vorhanden, und vor dem Probenahmepunkt in die Abgasanlage eingeleitet werden. Es muss ein ausreichender Abstand zugelassen werden, um die Durchmischung der Kurbelgehäuseemissionen mit dem Abgas sicherzustellen.

6 Prüfkraftstoffe

Die Kraftstoffeigenschaften beeinflussen die Abgasemissionen des Motors. Aus diesem Grund müssen die Eigenschaften des für die Prüfung verwendeten Kraftstoffs bestimmt, aufgezeichnet und mit den Prüfergebnissen vorgelegt werden. Für die in ISO 8178-5 genannten Bezugskraftstoffe müssen der Referenzcode und die Kraftstoffanalyse bereitgestellt werden. Es gelten die Bezugskraftstoffe nach ISO 8178-5 oder gleichwertige Kraftstoffe.

Die Kraftstofftemperatur muss den Herstellerempfehlungen entsprechen. Die Kraftstofftemperatur muss am Einlass der Kraftstoff-Einspritzpumpe oder entsprechend den Herstellerfestlegungen gemessen werden und der Messpunkt ist aufzuzeichnen. Die Messung der Kraftstofftemperatur muss bei Verwendung eines Massendurchsatz-Messgeräts wahlfrei sein.

7 Anwendung des Konzepts der Motorenfamilie und Wahl des Stamm-Motors

Der Motorhersteller ist für die Festlegung der Motoren aus seinem Sortiment, die in eine Familie eingeordnet werden, verantwortlich. Für die Einordnung von Motoren in eine Motorenfamilie gilt folgende Liste der grundlegenden Merkmale (jedoch keine Spezifikation), die allen Motoren dieser Familie gemeinsam sein müssen:

- Verbrennungsablauf;
- Kühlmedium;
- Hubraum des einzelnen Zylinders: Streuung innerhalb der Motorenfamilie darf höchstens 15 % betragen;
- Anzahl der Zylinder und Zylinderanordnung (nur bei Ottomotoren anwendbar);
- Art der Ansaugung;
- Art des Kraftstoffs;
- Typ/Beschaffenheit des Brennraums;

- Ventil- und Kanalanordnung (Konfiguration, Größe und Anzahl);
- Art der Kraftstoffanlage;
- sonstige Merkmale wie Abgasrückführung, Lufteinspeisung, Abgasnachbehandlung, Zweistoffbetrieb (Dual-Fuel-) usw.

Aus der Motorfamilie muss ein Stamm-Motor so ausgewählt werden, dass die Emissionseigenschaften für alle Motoren dieser Motorfamilie repräsentativ sind. Der Motor mit denjenigen Merkmalen, die bei Messung im entsprechenden Prüfzyklus erwartungsgemäß zu den höchsten spezifischen Emissionen (angegeben in Gramm je Kilowattstunde) führen, muss als Stamm-Motor der Familie ausgewählt werden.

8 Messgeräte und zu messende Daten

8.1 Allgemeines

Die Emission gasförmiger und partikelförmiger Bestandteile durch den zur Prüfung vorgelegten Motor muss nach den in den Abschnitten 17 und 18 beschriebenen Verfahren gemessen werden. Diese Abschnitte beschreiben die empfohlenen Analysensysteme für gasförmige Emissionen (Abschnitt 17) und die empfohlenen Partikelverdünnungs- und -probenahmesysteme (Abschnitt 18).

Andere Systeme oder Analysengeräte dürfen zugelassen werden, wenn sie gleichwertige Ergebnisse liefern. Die Bestimmung der Systemgleichwertigkeit muss auf Grundlage einer Korrelationsuntersuchung mit sieben (oder mehr) Probenpaaren zwischen dem zu prüfenden System und einem der Bezugssysteme der vorliegenden Internationalen Norm erfolgen. „Ergebnisse“ bezieht sich auf die in einem bestimmten Zyklus ermittelten gewichteten Emissionswerte. Die Korrelationsprüfungen sind im selben Laboratorium, in derselben Prüfzelle und mit demselben Motor durchzuführen. Die Prüfungen müssen gleichzeitig stattfinden. Der angewendete Prüfzyklus muss richtig gewählt werden. Die Gleichwertigkeit der Mittelwerte der Probenpaare ist statistisch durch F -Test und im t -Test zu ermitteln (siehe ISO 8178-1:2006, Anhang D), wobei unter den oben beschriebenen Bedingungen für Laborprüfzelle und Motor erhaltene Ausreißer auszuschließen sind. Die für die Korrelationsuntersuchung vorgesehenen Systeme müssen vor der Prüfung benannt und zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

Für die Aufnahme eines neuen Systems in dieses Dokument muss dessen Gleichwertigkeit auf der Grundlage der Berechnung der Wiederhol- und Vergleichpräzision nach ISO 5725-1 und ISO 5725-2 festgestellt werden.

Für die Emissionsprüfungen von Motoren auf Motor-Leistungsprüfständen muss folgende Ausstattung verwendet werden. Diese Internationale Norm enthält keine Einzelheiten zu den Messgeräten für Durchflussmenge, Druck und Temperatur. An deren Stelle sind in 8.4 lediglich die Genauigkeitsanforderungen an derartige Messgeräte angeführt, die für die Durchführung einer Emissionsprüfung notwendig sind.

8.2 Spezifikation des Leistungsprüfstands (Dynamometers)

Zur Durchführung des entsprechenden Prüfzyklus ist ein Motor-Leistungsprüfstand mit angemessenen Kenndaten zu verwenden.

Die Messgeräte für Drehmoment und Drehzahl müssen die Genauigkeit für die Messung der Wellenleistung innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte ermöglichen. Zusätzliche Berechnungen können erforderlich sein. Die Messgeräte müssen eine solche Genauigkeit aufweisen, dass die maximalen Grenzwertabweichungen der in 8.4 angegebenen Werte nicht überschritten werden.

8.3 Abgasstrom

8.3.1 Allgemeines

Der Abgasdurchsatz ist nach einem der in 8.3.2 bis 8.3.6 genannten Verfahren zu ermitteln.

8.3.2 Direktes Messverfahren

Die direkte Messung des Abgasdurchsatzes darf mit Messsystemen erfolgen, wie z. B.:

- Differenzdruckmessgerät wie Durchflusssdüsen (siehe Normenreihe ISO 5167);
- Ultraschall-Durchflussmessgerät;
- Wirbel- und Drall-Durchflussmessgerät.

Es sind Vorkehrungen gegen Messfehler zu treffen, die zu fehlerhaften Emissionswerten führen. Derartige Vorkehrungen umfassen die sorgfältige Montage der Messeinrichtung im Motorabgassystem nach den Empfehlungen des Herstellers und den Regeln der guten Ingenieurpraxis. Insbesondere darf der Einbau der Messeinrichtung die Leistung und die Emissionen des Motors nicht beeinflussen.

Das Durchflussmessgerät muss die Genauigkeitsfestlegungen nach 8.4 einhalten.

8.3.3 Luft- und Kraftstoff-Messverfahren

Hierbei werden der Luft- und der Kraftstoffdurchsatz gemessen. Die dafür verwendeten Messgeräte müssen mit der in 8.4 angegebenen Genauigkeit arbeiten. Der Abgasdurchsatz wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_{mew} = q_{maw} + q_{mf} \quad (5)$$

8.3.4 Kraftstoffdurchsatz- und Kohlenstoffbilanz-Verfahren

Diese umfasst die Berechnung der Abgasmasse aus Kraftstoffverbrauch, Kraftstoffzusammensetzung und Abgaskonzentrationen mit dem Kohlenstoffbilanz-Verfahren entsprechend der folgenden Gleichung (siehe ISO 8178-1:2006, A.3.2.3.1):

$$q_{mew} = q_{mf} \times \left(\frac{\left(\frac{w_{BET} \times w_{BET} \times 1,4}{f_c} + w_{ALF} \times 0,08936 - 1 \right) \times \frac{1}{1,293} + f_{fd}}{f_c \times f_c} + w_{ALF} \times 0,08936 - 1 \right) \times \left(1 + \frac{H_a}{1\,000} \right) + 1 \quad (6)$$

Dabei ist

f_{fd} nach ISO 8178-1:2006, Gleichungen (A.20) bis (A.23);

H_a der Massenanteil des Wassers in trockener Luft in g/kg;

f_c nach ISO 8178-1:2006, Gleichung (A.64):

$$f_c = (c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2ad}}) \times 0,5441 + \frac{c_{\text{COd}}}{18\,522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17\,355} \quad (7)$$

Dabei ist

- c_{CO2d} die CO_2 -Konzentration im trockenen Bezugszustand im Rohabgas [%];
- c_{CO2ad} die CO_2 -Konzentration im trockenen Bezugszustand in der Umgebungsluft [%];
- c_{COd} die CO_2 -Konzentration im trockenen Bezugszustand im Rohabgas [ppm];
- c_{HCw} die HC-Konzentration im feuchten Bezugszustand im Rohabgas [ppm].

ANMERKUNG Wahlweise kann das Sauerstoffbilanz-Verfahren angewendet werden. Siehe ISO 8178-1:2006, A.3.3.

8.3.5 Tracergas-Messverfahren

Hierbei wird die Konzentration eines Tracergases im Abgas gemessen.

Eine bekannte Menge eines Inertgases (z. B. reines Helium) muss als Tracer in den Abgasstrom eingeleitet werden. Das Inertgas wird mit dem Abgas gemischt und dabei verdünnt, darf aber im Abgasrohr nicht reagieren. Anschließend muss die Konzentration des Inertgases in der Abgasprobe gemessen werden.

Um eine vollständige Durchmischung des Tracergases sicherzustellen, muss die Abgasprobenahmesonde in Strömungsrichtung mindestens 1 m oder, falls größer, das 30-fache des Abgasrohrdurchmessers vom Punkt der Tracergaseinleitung entfernt sein. Die Probenahmesonde darf näher am Einleitungspunkt liegen, wenn die gleichmäßige Verteilung des Tracergases durch Vergleich der Tracergaskonzentration am Probenahmepunkt mit der Bezugskonzentration am Einleitungspunkt überwacht wird.

Der Tracergasstrom ist so einzustellen, dass die Tracergaskonzentration nach der Vermischung kleiner ist als der Skalenendwert des Tracergasanalysators.

Der Abgasdurchsatz wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_{\text{mew}} = \frac{q_{\text{rt}} \times \rho_{\text{ew}}}{60 \times (c_{\text{mix}} - c_{\text{a}})} \quad (8)$$

Dabei ist

- q_{mew} der Abgasmassendurchsatz [kg/s];
- q_{rt} der Tracergasdurchsatz [cm^3/min];
- c_{mix} die Konzentration des Tracergases nach der Vermischung [ppm];
- ρ_{ew} die Dichte des Abgases [kg/m^3];
- c_{a} die Hintergrundkonzentration des Tracergases in der Ansaugluft [ppm].

Die Hintergrundkonzentration des Tracergases (c_{a}) darf durch Mittelwertbildung der unmittelbar vor und nach dem Prüfablauf gemessenen Hintergrundkonzentration bestimmt werden.

Die Hintergrundkonzentration des Tracergases darf vernachlässigt werden, wenn sie bei maximalem Abgasdurchsatz weniger als 1 % der Konzentration des Tracergases nach dem Vermischen (c_{mix}) beträgt.

Das Gesamtsystem muss die Genauigkeitsfestlegungen für den Abgasdurchsatz erfüllen und ist nach 9.6 zu kalibrieren.

8.3.6 Luftdurchsatz- und Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Messverfahren

Hierbei wird die Abgasmasse aus dem Luftdurchsatz und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis errechnet. Der momentane Abgasdurchsatz wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$q_{mew} = q_{maw} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right) \quad (9)$$

Dabei ist

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left(\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 \times \beta + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (10)$$

$$\lambda = \frac{\beta \times \left(100 - \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{2} - c_{HC} \times 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2}}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \times (c_{CO2} + c_{CO} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left(\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2} + c_{CO} \times 10^{-4} + c_{HC} \times 10^{-4})} \quad (11)$$

Dabei ist

A/F_{st} das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis [kg/kg];

λ der Luftüberschussfaktor;

c_{CO2} die CO₂-Konzentration im trockenen Bezugszustand [%];

c_{CO} die CO-Konzentration im trockenen Bezugszustand [ppm];

c_{HC} die HC-Konzentration [ppm].

ANMERKUNG Kraftstoffzusammensetzung mit $C_{\beta}H_{\alpha}S_{\gamma}N_{\delta}O_{\varepsilon}$ mit $\beta = 1$. Für Kraftstoffe ohne Kohlenstoff (z. B. Wasserstoff) können die Gleichungen (10) und (11) nicht angewendet werden.

Das Luftdurchflussmessgerät muss die Genauigkeitsfestlegungen nach 8.4 erfüllen, der CO₂-Analysator muss den Festlegungen in 8.5.3.3 entsprechen, und das Gesamtsystem muss die Genauigkeitsfestlegungen für den Abgasdurchsatz erfüllen.

Wahlweise dürfen zur Messung des Luftüberschussfaktors auch Einrichtungen für die Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses wie Zirkoniumdioxid-Sensoren verwendet werden, wenn sie die Festlegungen von nach 8.5.3.13 erfüllen.

8.3.7 Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases

Bei Verwendung eines Vollstrom-Verdünnungssystems muss der Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases (q_{mdew}) mit einer PDP oder einem CFV (siehe 18.2.2) gemessen werden. Die Genauigkeit muss den Vorgaben von 10.2 entsprechen.

8.4 Genauigkeit

Die Kalibrierung aller Messgeräte muss auf nationale oder internationale Normen rückführbar sein und den Anforderungen in den Tabellen 1 und 2 entsprechen.

ANMERKUNG Die Kalibrieranforderungen sind in 9.5 angegeben.

Die Messgeräte müssen entsprechend den Anforderungen interner Audit-Verfahren vom Messgerätehersteller kalibriert werden. Die Abweichungen in den Tabellen 1 und 2 beziehen sich auf dem letztendlich aufgetragenen Wert, der im Datenerfassungssystem hinterlegt wird.

Tabelle 1 — Zulässige Abweichungen der Messgeräte für Motordaten

Nr.	Messgerät	Zulässige Abweichung
1	Motordrehzahl	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
2	Drehmoment	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
3	Kraftstoffverbrauch ^a	$\pm 2 \%$ des Höchstwertes des Motors
4	Luftverbrauch ^a	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
5	Abgasstrom ^a	$\pm 2,5 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1,5 \%$ des Motor-Höchstwertes
^a Den in dieser Internationalen Norm beschriebenen Berechnungen für die Abgasemissionen sind in einigen Fällen unterschiedliche Mess- und/oder Berechnungsverfahren zugrunde gelegt. Bedingt durch die vorgegebenen Gesamt toleranzen für die Berechnung der Abgasemission müssen die zulässigen Werte für einzelne Parameter, die in die jeweiligen Gleichungen eingesetzt werden, kleiner als die Grenzabweichungen nach ISO 15550:2002, Tabelle 4, sein.		

Tabelle 2 — Zulässige Abweichungen der Messgeräte für andere wichtige Parameter

Nr.	Parameter	Zulässige Abweichung
1	Temperaturen ≤ 600 K	± 2 K absolut
2	Temperaturen > 600 K	$\pm 1\%$ des Ablesewertes
3	Abgasdruck	$\pm 0,2$ kPa absolut
4	Druckabfälle der Ansaugluft	$\pm 0,05$ kPa absolut
5	Luftdruck	$\pm 0,1$ kPa absolut
6	Andere Drücke	$\pm 0,1$ kPa absolut
7	Relative Luftfeuchte	$\pm 3 \%$ absolut
8	Absolute Luftfeuchte	$\pm 5 \%$ des Ablesewertes
9	Verdünnungsluftdurchsatz	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes
10	Durchsatz des verdünnten Abgases	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes

8.5 Bestimmung der gasförmigen Bestandteile

8.5.1 Allgemeine Spezifikationen für Analysegeräte

8.5.1.1 Allgemeine Festlegungen

Die Analysegeräte müssen einen Messbereich haben, der den Anforderungen an die Genauigkeit bei der Messung der Konzentrationen der Abgasbestandteile entspricht (siehe 8.5.1.2). Die Analysegeräte müssen so betrieben werden, dass die gemessene Konzentration zwischen 15 % und 100 % des vollen Skalenendwertes liegt.

Liegt der volle Skalenendwert bei 155 ppm (oder ppmC) oder darunter oder werden Auslesesysteme (Rechner, Datenerfasser) verwendet, die unterhalb von 15 % des vollen Skalenendwertes eine ausreichende Genauigkeit und Auflösung aufweisen, sind auch Konzentrationen unter 15 % des vollen Skalenendwertes zulässig. In diesem Fall müssen zusätzliche Kalibrierungen vorgenommen werden, um die Genauigkeit der Kalibrierkurven sicherzustellen.

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) der Geräte muss so hoch sein, dass zusätzliche Fehler weitgehend ausgeschlossen sind.

8.5.1.2 Genauigkeit

Das Analysegerät darf über den gesamten Messbereich (Null ausgenommen) höchstens um $\pm 2\%$ des Ablesewerts vom Nennwert jedes Kalibrierpunktes oder, falls größer, um höchstens $\pm 0,3\%$ vom Skalenendwert abweichen. Die Genauigkeit muss entsprechend den in 9.5.5 beschriebenen Kalibrieranforderungen bestimmt werden.

ANMERKUNG Für die Zwecke dieser Internationalen Norm wird die Genauigkeit definiert als die Abweichung des Ablesewerts des Analysegeräts von den Nennwerten der Kalibrierpunkte unter Verwendung eines Kalibriergases (= richtiger Wert).

8.5.1.3 Präzision

Die Präzision, definiert als das 2,5-fache der Standardabweichung von zehn wiederholten Ansprechreaktionen auf ein bestimmtes Kalibriergas, darf höchstens $\pm 1\%$ der vollen Skalenendkonzentration für jeden verwendeten Messbereich über 100 ppm (oder ppmC) oder $\pm 2\%$ der vollen Skalenendkonzentration für jeden verwendeten Messbereich unter 100 ppm (oder ppmC) betragen.

8.5.1.4 Rauschen

Der Peak-zu-Peak-Ausschlag des Analysengeräts auf Null- und Prüf- oder Kalibriergase darf 2 % des Skalenendwertes während eines Zeitraums von 10 s bei allen verwendeten Bereichen nicht überschreiten.

8.5.1.5 Drift des Nullsignals

Das Nullsignal wird definiert als mittlerer Ausschlag, einschließlich Rauschen, auf ein Nullgas in einem Zeitabschnitt von 30 s. Die Drift des Nullsignals während eines Zeitraums von 1 h muss weniger als $\pm 2\%$ des vollen Skalenendwertes beim niedrigsten verwendeten Bereich betragen.

8.5.1.6 Drift des Spannsignals

Das Spannsignal wird definiert als mittlerer Ausschlag, einschließlich Rauschen, auf ein Prüfgas in einem Zeitabschnitt von 30 s. Die Drift des Spannsignals während eines Zeitraums von 1 h muss weniger als $\pm 2\%$ des Skalenendwertes beim niedrigsten verwendeten Bereich betragen.

8.5.2 Gastrocknung

Abgase können feucht oder trocken gemessen werden. Das Gastrocknungsgerät, sofern verwendet, darf die Zusammensetzung der gemessenen Gase so gering wie möglich beeinflussen. Die Anwendung chemischer Trockenmittel zum Entfernen von Wasser aus der Probe ist nicht zulässig.

8.5.3 Analysegeräte

8.5.3.1 Allgemeines

Die anzuwendenden Messprinzipien sind in 8.5.3.2 bis 8.5.3.12 definiert. Eine ausführliche Beschreibung der Messsysteme ist in Abschnitt 16 enthalten. Die zu messenden Gase sind mit den nachfolgend aufgeführten Messgeräten zu analysieren. Bei nichtlinearen Analysengeräten ist die Verwendung von Linearisierungsschaltungen zulässig.

8.5.3.2 Kohlenstoffmonoxid-Analyse (CO-Analyse)

Der Kohlenmonoxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

8.5.3.3 Kohlenstoffdioxid-Analyse (CO₂-Analyse)

Der Kohlendioxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

8.5.3.4 Sauerstoff-Analyse (O₂-Analyse)

Sauerstoffanalysatoren müssen paramagnetische Detektoren (PMD), Zirkoniumdioxid-Sensoren (ZRDO) oder elektrochemische Sensoren (ECS) sein.

Wenn die HC- oder CO-Konzentration wie z. B. bei fremdgezündeten Magermotoren hoch ist, dürfen keine Zirkoniumdioxidsensoren verwendet werden.

Bei elektrochemischen Sensoren muss die CO₂- und NO_x-Querempfindlichkeit kompensiert werden.

8.5.3.5 Kohlenwasserstoff-Analyse (HC-Analyse)

Der Kohlenwasserstoffanalysator muss vom Typ beheizter Flammenionisationsdetektor (HFID) mit Detektor, Ventilen, Rohrleitungen usw. sein, der so zu beheizen ist, dass die Gastemperatur auf $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) gehalten wird. Bei methanolbetriebenen Motoren gelten die Temperaturanforderungen von 8.5.3.12.3. Wahlweise darf bei gasbetriebenen Motoren und für das Prüfen der verdünnten Abgase von Fremdzündungsmotoren ein Kohlenwasserstoffanalysator vom Typ des unbeheizten Flammenionisationsdetektor (FID) verwendet werden.

8.5.3.6 Nichtmethan-Kohlenwasserstoff-Analyse (NMHC-Analyse)

8.5.3.6.1 Allgemeines

In Abhängigkeit von der Konzentration an Methan (CH₄) ist dieses Verfahren für gasförmige Kraftstoffe relevanter als für flüssige Kraftstoffe.

8.5.3.6.2 Gaschromatographisches Verfahren (GC-Verfahren)

Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe müssen durch Subtraktion des Methans, das mit einem bei 423 K (150 °C) konditionierten Gaschromatographen (GC) analysiert wurde, von den nach 8.5.3.5 gemessenen Kohlenwasserstoffen bestimmt werden.

8.5.3.6.3 Nichtmethan-Cutter-Verfahren (NMC-Verfahren)

Die Bestimmung der Nichtmethanfraktion muss mittels eines beheizten, mit einem FID in Reihe betriebenen NMC nach 8.5.3.5 erfolgen, indem das Methan von den Kohlenwasserstoffen subtrahiert wird.

8.5.3.7 Stickoxid-Analyse (NO_x-Analyse)

Der Stickoxidanalysator muss ein Chemilumineszenzdetektor (CLD) oder beheizter Chemilumineszenzdetektor (HCLD) mit einem NO₂/NO-Konverter sein, wenn die Messung im trockenen Bezugszustand erfolgt. Bei Messung im feuchten Bezugszustand ist ein auf über 328 K (55 °C) gehaltener HCLD mit Konverter zu verwenden, vorausgesetzt, die Prüfung auf Wasserdampfquerempfindlichkeit (siehe 9.9.3.2) wurde bestanden. Sowohl für den CLD als auch den HCLD muss der Probenweg bis zum Konverter (bei Messung im trockenen Bezugszustand) bzw. bis zum Analysengerät (bei Messung im feuchten Bezugszustand) auf einer Wandtemperatur von über 328 K bis 473 K (55 °C bis 200 °C) gehalten werden.

8.5.3.8 Schwefeldioxid-Analyse (SO₂-Analyse)

Die SO₂-Emission muss aus dem Schwefelgehalt des verwendeten Kraftstoffs berechnet werden, da die Erfahrung zeigt, dass die Anwendung des direkten Messverfahrens für SO₂ keine genaueren Ergebnisse liefert:

$$q_{mSO_2} = q_{mf} \times w_{GAM} \times 20 \quad (12)$$

ANMERKUNG Die Anwendung des Berechnungsverfahren für SO₂ setzt eine 100 %ige Schwefelumsetzung voraus und ist auf Motoren ohne Nachbehandlungsanlage begrenzt. In diesem Fall darf SO₂ entsprechend den Anweisungen des Geräteherstellers gemessen werden. Da die SO₂-Messung eine schwierige Aufgabe darstellt und deren Eignung für Abgasmessungen noch nicht vollständig nachgewiesen wurde, ist eine Vorabsprache zwischen den beteiligten Parteien erforderlich.

8.5.3.9 Ammoniak-Analyse (NH₃-Analyse)

Ammoniak muss mit einem CLD entsprechend den Beschreibungen in 8.5.3.7 unter Verwendung von zwei verschiedenen Konvertern bestimmt werden. Für die Gesamtmenge von NO_x und NH₃ muss ein Hochtemperatur-Konverter mit 973 K (700 °C) verwendet werden.

Für die Bestimmung von ausschließlich NO_x muss ein Niedertemperatur-Konverter mit 573 K (300 °C) verwendet werden. Die Differenz zwischen diesen Messwerten entspricht der Ammoniakkonzentration. Dieses Verfahren hat eine lange Ansprechdauer (etwa 10 min).

Alternativ darf ein Fourier-Transformations-Infrarotanalysator (FTIR-Analysator) oder ein nichtdispersiver Ultraviolettresonanzanalysator (NDUV-ANALYSATOR) entsprechend den Anweisungen des Geräteherstellers verwendet werden. Da die Eignung der Technik für Abgasmessungen noch nicht vollständig nachgewiesen wurde, ist eine Vorabsprache zwischen den beteiligten Parteien erforderlich. Die Ansprechdauer ist bei diesem Verfahren beträchtlich kürzer als beim Verfahren mit zwei Konvertern.

8.5.3.10 Distickstoffdioxid-Analyse (N₂O-Analyse)

Hierfür darf ein FTIR-Analysator oder ein nichtdispersiver Infrarotanalysator (NDIR-Analysator) entsprechend den Anweisungen des Geräteherstellers verwendet werden. Da die Eignung der Technik für Abgasmessungen noch nicht vollständig nachgewiesen wurde, ist eine Vorabsprache zwischen den beteiligten Parteien erforderlich.

8.5.3.11 Formaldehyd-Analyse (HCHO-Analyse)

Formaldehyd muss durch Leiten einer Abgasprobe, vorzugsweise aus dem verdünnten Abgas, durch eine Gas-Waschflasche, die eine Lösung des DNPH-Reagens in Acetonitril (ACN) enthält, oder durch eine mit 2,4-DNPH belegte Silicagelsäule bestimmt werden. Die gesammelte Probe muss durch einen Hochdruck-Flüssigkeitschromatographen (HPLC) mit UV-Detektor bei 365 nm analysiert werden.

Wahlweise darf ein FTIR-Analysator entsprechend den Anweisungen des Gerätelieferanten verwendet werden.

8.5.3.12 Methanol-Analyse (CH₃OH-Analyse)

8.5.3.12.1 Allgemeines

Ein FTIR-Analysegerät darf in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Gerätelieferanten verwendet werden. Da die Eignung der Technik für Abgasmessungen noch nicht vollständig nachgewiesen wurde, ist eine Vorabsprache zwischen den beteiligten Parteien erforderlich.

8.5.3.12.2 Gaschromatographisches Verfahren (GC-Verfahren)

Methanol muss durch Leiten einer Abgasprobe durch eine Gas-Waschflasche, die entionisiertes Wasser enthält, bestimmt werden. Die Probe muss durch GC mit FID analysiert werden.

8.5.3.12.3 HFID-Verfahren

Der an Propan kalibrierte HFID muss bei $385\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($112\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$) betrieben werden. Der Methanol-Ansprechfaktor muss bei mehreren Konzentrationen im Konzentrationsbereich der Probe nach 9.8.5 bestimmt werden.

8.5.3.13 Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses

Das zum Bestimmen des Abgasstroms nach 8.3.6 verwendete Gerät für die Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses muss eine Breitband-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sonde oder eine Zirkon-Lambdasonde sein.

Die Sonde ist unmittelbar am Abgasrohr anzubringen, wo die Abgastemperatur so hoch ist, dass keine Wasserkondensation auftritt.

Die Messgenauigkeit der Sonde mit eingebauter Elektronik muss wie folgt sein:

- $\pm 3\%$ des Ablesewertes $\lambda \leq 2$;
- $\pm 5\%$ des Ablesewertes $2 < \lambda \leq 5$;
- $\pm 10\%$ des Ablesewertes $\lambda > 5$.

Um die vorstehend genannte Messgenauigkeit zu erfüllen, muss die Sonde entsprechend den Angaben des Herstellers kalibriert werden.

8.5.4 Probenahme für gasförmige Emissionen

Die Probenahmesonden für gasförmige Emissionen müssen so angebracht sein, dass sie mindestens 0,5 m oder, falls größer, um das Dreifache des Durchmessers des Abgasrohrs stromaufwärts vom Austritt der Auspuffanlage entfernt sind, sich aber so nahe am Motor befinden, dass eine Abgastemperatur vom mindestens 343 K (70 °C) an der Sonde sichergestellt ist.

Bei einem Mehrzylindermotor mit einem verzweigten Auspuffkrümmer muss der Einlass der Sonde so weit in Strömungsrichtung entfernt sein, dass die Probe für die mittleren Abgasemissionen aus allen Zylindern repräsentativ ist. Bei einem Mehrzylindermotor mit einzelnen Gruppen von Auspuffkrümmern, wie z. B. bei einem V-Motor, sind die Entnahme individueller Proben von jeder Gruppe und die Mittelwertbildung für die Abgasemission zulässig. Es dürfen auch andere Verfahren angewendet werden, die den obigen Verfahren nachweislich entsprechen. Bei der Berechnung der Abgasemissionen ist der gesamte Abgasmassendurchsatz des Motors zugrunde zu legen.

Wenn die Zusammensetzung des Abgases von einer Anlage zur Abgasnachbehandlung beeinflusst wird, muss die Abgasprobe hinter dieser Anlage entnommen werden.

Bei Fremdzündungsmotoren muss die Abgasprobenahmesonde auf der Hochdruckseite des Schalldämpfers, jedoch so weit wie möglich entfernt vom Abgasaustritt befinden. Um sicherzustellen, dass die Abgase des Motors vor der Probenahme vollständig vermischt sind, darf zwischen Schalldämpferausgang und Probenahmesonde wahlweise eine Mischkammer eingefügt werden. Das Innenvolumen der Mischkammer darf nicht kleiner sein als das 10-fache Zylinderarbeitsvolumen des zu prüfenden Motors und muss annähernd gleiche Abmessungen bei Höhe, Breite und Tiefe aufweisen. Die Mischkammer muss so klein wie möglich gehalten und muss so nahe wie möglich am Motor angebracht werden. Die von der Mischkammer oder aus dem Schalldämpfer abgehende Abgasleitung muss mindestens eine Länge von 610 mm ab der Probenahmesonde aufweisen und groß genug sein, um den Abgasgegendruck zu minimieren. Die Temperatur der Innenwände der Mischkammer muss über dem Taupunkt des Abgases gehalten werden, wobei eine Mindesttemperatur von 65 °C empfohlen wird.

Bei Bootsmotoren muss der Einlass der Sonde so angeordnet sein, dass die Aufnahme von Wasser, das zu Zwecken der Kühlung, Feinabstimmung oder Lärmverminderung in das Abgassystem eingespritzt wird, vermieden wird.

Bei Verwendung eines Vollstrom-Verdünnungssystems für die Partikelbestimmung dürfen die gasförmigen Emissionen auch im verdünnten Abgas bestimmt werden. Die Probenahmesonden müssen nahe der Partikel-Probenahmesonde im Verdünnungstunnel angeordnet sein (siehe Bild 19, DT und PSP).

Bei Selbstzündungsmotoren müssen HC und NO_x durch direkte Probenahme aus dem Verdünnungstunnel gemessen werden. CO und CO₂ dürfen wahlweise durch direkte Messung oder Probenahme in einen Beutel und nachfolgende Messung der Konzentration im Probenahmebeutel bestimmt werden.

Bei Fremdzündungsmotoren und gasbetriebenen Motoren dürfen alle Bestandteile wahlweise direkt im Verdünnungstunnel gemessen oder Probenahme in einen Beutel und nachfolgende Messung der Konzentration im Probenahmebeutel bestimmt werden.

8.6 Partikelbestimmung

8.6.1 Allgemeines

Die Bestimmung von Partikeln erfordert ein Verdünnungssystem. Die Verdünnung muss mit einem Teilstrom- oder Vollstrom-Verdünnungssystem erfolgen. Die Durchflussleistung des Verdünnungssystems muss so groß sein, dass keine Wasserkondensation im Verdünnungs- und Probenahmesystem auftritt und dass die Temperatur des verdünnten Abgases unmittelbar oberhalb der Filterhalter auf oder unter 325 K (52 °C) gehalten werden kann. Die Regelung der Luftfeuchte der Verdünnungsluft vor Eintritt in das Verdünnungssystem ist zulässig; eine Entfeuchtung ist insbesondere bei hoher Luftfeuchte der Verdünnungsluft praktisch. Die Temperatur der Verdünnungsluft muss in unmittelbarer Nähe des Verdünnungstunnel-Eingangs höher als 288 K (15 °C) sein.

Bei einem Teilstrom-Verdünnungssystem muss die Partikel-Probenahmesonde nahe der und vor der Gassonde entsprechend den Festlegungen in 8.5.4 und nach 18.2.1, Bilder 10 bis 18, EP und SP, angeordnet werden.

Das Teilstrom-Verdünnungssystem muss so beschaffen sein, dass es eine Rohabgasprobe aus dem Motorabgassystem zieht, Verdünnungsluft in diese Probe leitet und anschließend die Partikel in der verdünnten Probe misst. Demzufolge ist eine sehr genaue Bestimmung des Verdünnungsverhältnisses wesentlich. Es können verschiedene Probenahmeverfahren angewendet werden, wobei die Art der Probenahme (Teilung) wesentlichen Einfluss auf die zu anzuwendenden Probenahmegeräte und -verfahren hat (siehe 18.2.1).

Zur Bestimmung der Partikelmasse werden ein Partikel-Probenahmesystem, Partikel-Probenahmefilter, eine Mikrogramm-Waage und eine Wägekammer mit geregelter Temperatur und Luftfeuchte benötigt. Für die Partikel-Probenahme dürfen die beiden folgenden Verfahren angewendet werden.

Beim Mehrfachfilterverfahren muss für jede einzelne Prüfstufe des Prüfzyklus ein eigenes Filterpaar (siehe 8.6.2.3) verwendet werden. Das Verfahren erlaubt tolerantere Probenahmeverfahren, erfordert aber mehr Filter.

Beim Einfachfilterverfahren wird für alle Prüfstufen des Prüfzyklus ein Filterpaar (siehe 8.6.2.3) verwendet. In der Probenahmephase der Prüfung muss aufmerksam auf die Sammelzeiten und die Durchsätze geachtet werden; für den Prüfzyklus wird jedoch nur ein Filterpaar benötigt.

8.6.2 Partikel-Probenahmefilter

8.6.2.1 Filterspezifikation

Es werden fluorkohlenstoffbeschichtete Glasfaserfilter oder Fluorkohlenstoffmembranfilter benötigt. Bei allen Filtertypen muss der Abscheidegrad von 0,3 µm DOP (Diöctylphthalat) mindestens 95 % bei einer Anströmgeschwindigkeit des Gases von 35 cm/s und mindestens 99 % bei 100 cm/s betragen. Bei der Durchführung von Korrelationsprüfungen zwischen Laboratorien oder zwischen einem Hersteller und einer Regulierungsbehörde müssen Filter identischer Qualität verwendet werden.

8.6.2.2 Filtergröße

Die Partikelfilter müssen einen Mindestdurchmesser von 47 mm (37 mm wirksamer Durchmesser) haben. Filter mit größerem Durchmesser sind zulässig (siehe 8.6.2.5).

8.6.2.3 Haupt- und Nachfilter

Die verdünnten Abgase müssen während der Prüffolge durch einen Filter, wenn der Abscheidegrad > 99 % ist (siehe 8.6.2.1), oder ein hintereinander angeordnetes Filterpaar (ein Hauptfilter und ein Nachfilter), wenn der Abscheidegrad zwischen 95 % und 99 % beträgt, geleitet werden. Der Nachfilter darf nicht weiter als 100 mm hinter dem Hauptfilter liegen und diesen nicht berühren. Die Filter können getrennt oder paarweise mit einander zugekehrten, beaufschlagten Seiten gewogen werden.

8.6.2.4 Filteranströmgeschwindigkeit

Es muss eine Gasanströmgeschwindigkeit durch den Filter von 35 cm/s bis 100 cm/s erreicht werden. Die Steigerung des Druckabfalls zwischen Beginn und Ende der Prüfung darf 25 kPa nicht überschreiten.

8.6.2.5 Filterbeladung

Die Filterbeladung sollte beim Einfachfilterverfahren 0,338 µg/mm² Filterfläche betragen. Als erforderliche Mindestbeladung gilt 0,065 µg/mm² Filterfläche. Die Werte für die gebräuchlichsten Filtergrößen sind in Tabelle 3 enthalten.

Beim Mehrfachfilterverfahren entspricht die Filterbeladung für die Summe aller Filter dem Produkt aus dem entsprechend vorstehenden Ausführungen gewählten Wert und der Quadratwurzel der Gesamtanzahl an Prüfstufen.

Tabelle 3 — Minimale Filterbeladung

Filterdurchmesser mm	Empfohlene Beladung mg	Erforderliche minimale Beladung mg
47	0,6	0,11
70	1,3	0,25
90	2,1	0,41
110	3,2	0,62

8.6.3 Spezifikation der Wägekammer und der Analysenwaage

8.6.3.1 Bedingungen für die Wägekammer

Die Temperatur der Kammer (oder des Raumes), in der (dem) die Partikelfilter konditioniert und gewogen werden, ist während der gesamten Dauer des Konditionierungs- und Wägevorgangs auf $295\text{ K} \pm 3\text{ K}$ ($22\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$) zu halten. Die Luftfeuchte ist auf einem Taupunkt von $282,5\text{ K} \pm 3\text{ K}$ ($9,5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$) und auf einer relativen Feuchte von $45\% \pm 8\%$ zu halten.

8.6.3.2 Vergleichsfilterwägung

Die Umgebungsluft der Wägekammer (oder des Wägeraums) muss frei von jeglichen Luftverunreinigungen (z. B. Staub) sein, die sich während der Stabilisierung der Partikelfilter auf diese absetzen würden. Störungen der in 8.6.3.1 dargelegten Spezifikationen für den Wägeraum sind zulässig, wenn ihre Dauer 30 min nicht überschreitet. Der Wägeraum muss den vorgeschriebenen Spezifikationen entsprechen, bevor das Personal den Wägeraum betritt. Mindestens zwei unbenutzte Vergleichsfilter oder Vergleichsfilterpaare müssen innerhalb von 4 h nach dem Wägen der Probenahmefilter(paare) gewogen werden (vorzugsweise jedoch gleichzeitig). Die Vergleichsfilter müssen dieselbe Größe haben und aus demselben Material bestehen wie die Probenahmefilter.

Wenn sich die mittlere Masse der Vergleichsfilter oder Vergleichsfilterpaare zwischen den Wägungen der Probenahmefilter um mehr als $10\text{ µg} \pm 5\%$ der Partikelbeladung der eigentlichen Prüfung ändert, wobei ein oberer Grenzwert von 40 µg gilt, sind alle Probenahmefilter zu verwerfen und die Abgasemissionsprüfung ist zu wiederholen. Eine Option ist die Wiederholung des Zyklus am selben Filter, um eine höhere Partikelbeladung mit entsprechend höheren Vergleichsfilter-Grenzabweichungen zu erhalten.

Wenn die in 8.6.3.1 angegebenen Stabilitätskriterien für den Wägeraum nicht erfüllt sind, aber bei der Wägung der Vergleichsfilter(paare) die obigen Kriterien eingehalten wurden, kann der Motorenhersteller entweder die ermittelten Massen der Probenahmefilter anerkennen oder die Prüfungen für ungültig erklären, worauf das Regelsystem des Wägeraums zu justieren und die Prüfung zu wiederholen ist.

8.6.3.3 Analysenwaage

Die zur Bestimmung der Massen sämtlicher Filter verwendete Analysenwaage muss eine Präzision (Standardabweichung) von 20 µg und eine Auflösung von 10 µg (1 Stelle = 10 µg) haben. Bei Filtern mit einem Durchmesser von weniger als 70 mm sind eine Präzision von 2 µg und eine Auflösung von 1 µg erforderlich.

8.6.3.4 Beseitigung der Auswirkungen statischer Elektrizität

Zur Beseitigung elektrostatischer Effekte sind die Filter vor dem Wägen zu neutralisieren, z. B. durch einen Poloniumneutralisator oder ein Gerät mit ähnlicher Wirkung.