

	Hubkolben-Verbrennungsmotoren Abgasmessung Teil 1: Messung der gasförmigen Emission und der Partikelemission auf dem Prüfstand (ISO 8178-1 : 1996) Deutsche Fassung EN ISO 8178-1 : 1996	DIN EN ISO 8178-1
--	---	------------------------------------

ICS 13.040.40; 27.020

Deskriptoren: Hubkolben-Verbrennungsmotor, Abgasmessung, gasförmig, Emission, Partikel

Reciprocating internal combustion engines, Exhaust emission measurement –

Part 1: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions

(ISO 8178-1 : 1996); German version EN ISO 8178-1 : 1996

Moteurs alternatifs à combustion interne, Mesurage des émissions de gaz d'échappement –

Partie 1: Mesurage des émissions de gaz et de particules au banc d'essai

(ISO 8178-1 : 1996); Version allemande EN ISO 8178-1 : 1996

Die Europäische Norm EN ISO 8178-1 : 1996 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde im ISO/TC 70/SC 8 "Hubkolben-Verbrennungsmotoren – Abgasmessung" erarbeitet.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung dieser Norm sind vom Arbeitskreis "Abgasmeßverfahren an Verbrennungsmotoren" im Fachbereich Kraftmaschinen des Normenausschusses Maschinenbau im DIN wahrgenommen worden.

Vertreter der Hersteller von Hubkolben-Verbrennungsmotoren, der Betreiber sowie der Behörden waren an der Bearbeitung beteiligt.

Der Text dieser Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheiten ppm, die im Deutschen Normenwerk nicht zugelassen sind. Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Meßwesen nicht zulässig ist.

Fortsetzung 57 Seiten EN

Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

ICS 13.040.00; 27.020

Deskriptoren: Hubkolben-Verbrennungsmotor, Abgasmessung, gasförmig, Emission, Partikel

Deutsche Fassung

Hubkolben-Verbrennungsmotoren Abgasmessung

Teil 1: Messung der gasförmigen Emission und der Partikelemission auf dem Prüfstand
(ISO 8178-1 : 1996)

Reciprocating internal combustion engines,
Exhaust emission measurement – Part 1:
Test-bed measurement of gaseous and parti-
culate exhaust emissions
(ISO 8178-1 : 1996)

Moteurs alternatifs à combustion interne,
Mesurage des émissions de gaz d'échappe-
ment – Partie 1: Mesurage des émissions de
gaz et de particules au banc d'essai
(ISO 8178-1 : 1996)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1996-02-10 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	4	10 Betriebsbedingungen (Prüfzyklen)	18
2 Normative Verweisungen	4	11 Prüflauf	18
3 Definitionen	5	11.1 Vorbereitung der Probenfilter	18
3.1 Partikel	5	11.2 Installation der Meßeinrichtung	18
3.2 Teilstromverdünnungsverfahren	5	11.3 Start des Verdünnungssystems und des Verbrennungsmotors	18
3.3 Vollstromverdünnungsverfahren	5	11.4 Einstellung des Verdünnungsverhältnisses	18
3.4 Isokinetische Probenentnahme	5	11.5 Bestimmung der Prüfstufen	19
3.5 Nicht-isokinetische Probenentnahme	5	11.6 Prüfung der Analysatoren	19
3.6 Mehrfilterverfahren	5	11.7 Prüfzyklen	19
3.7 Einfilterverfahren	5	11.8 Nachprüfung der Analysatoren	19
3.8 Spezifische Emissionen	5	11.9 Prüfbericht	19
3.9 Bremsleistung	5	12 Datenauswertung für gasförmige und partikelförmige Emissionen	20
3.10 Hilfseinrichtungen	5	12.1 Gasförmige Emissionen	20
4 Formelzeichen und Abkürzungen	6	12.2 Partikelförmige Emissionen	20
4.1 Formelzeichen und Indizes	6	13 Berechnung der gasförmigen Emission	20
4.2 Symbole und Abkürzungen für die chemischen Komponenten	8	13.1 Bestimmung des Abgasstromes	20
4.3 Abkürzungen	8	13.2 Trocken-/Feuchtekorrektur	20
5 Prüfbedingungen	8	13.3 Feuchte- und Temperaturkorrektur von NO _x	21
5.1 Allgemeine Anforderungen	8	13.4 Berechnung der Emissionsmassenströme	21
5.2 Prüfbedingungen des Motors	8	13.5 Berechnung der spezifischen Emissionen	22
5.3 Leistung	8	14 Ermittlung der Partikelemission	22
5.4 Motor-Luftansaugsystem	8	14.1 Korrekturfaktoren für die Partikelmessung	22
5.5 Motorabgassystem	8	14.2 Teilstromverdünnungssystem	22
5.6 Kühlsystem	9	14.3 Vollstromverdünnungssystem	24
5.7 Schmieröl	9	14.4 Berechnung des Partikelmassenstroms	24
6 Prüfkraftstoffe	9	14.5 Berechnung der spezifischen Emissionen	24
7 Meßausrüstung und Daten, die gemessen werden	9	14.6 Effektiver Wichtungsfaktor	24
7.1 Spezifikation der Leistungsbremse	9	15 Bestimmung der gasförmigen Emissionen	25
7.2 Abgasmassenstrom	9	15.1 Hauptsächliche Abgasbestandteile CO, CO ₂ , HC, NO _x und O ₂	25
7.3 Genauigkeit	10	15.2 Ammoniak-Analyse (Bild 4)	28
7.4 Bestimmung der gasförmigen Komponenten	10	15.3 Bestimmung von Methan	28
7.5 Partikelbestimmung	13	15.4 Bestimmung von Methanol	30
8 Kalibrierung der Analysengeräte	14	15.5 Bestimmung von Formaldehyd	31
8.1 Allgemeines	14	16 Bestimmung der Partikel	33
8.2 Kalibriergase	14	16.1 Verdünnungssystem	33
8.3 Betrieb der Analysatoren und des Probenentnahmesystems	14	16.2 Partikel-Sammelsystem	41
8.4 Prüfung der Dichtheit	14	Anhang A (normativ) Methoden für die Berechnung des Abgasmassenstroms und/oder für die Berechnung des Massenstroms der Verbrennungsluft	44
8.5 Kalibrierverfahren	15	Anhang B (normativ) Hilfseinrichtungen	51
8.6 Nachprüfung der Kalibrierung	15	Anhang C (normativ) NMHC-Methode, Wirkungsgrad	53
8.7 Wirkungsgradprüfung des NO _x -Konverters	15	Anhang D (normativ) Gleichungen zur Berechnung von u , v , w für 13.2	53
8.8 Justierung des FID-Gerätes	16	Anhang E (informativ) Wärmeübergang im Teilstrom-Übertragungsrohr (transfer tube)	54
8.9 Querempfindlichkeiten der CO-, CO ₂ -, NO _x - und O ₂ -Analysatoren	17	Anhang F (informativ) Literaturhinweise	55
8.10 Kalibrierintervalle	18	Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren ent- sprechenden europäischen Publikationen	57
9 Kalibrierung des Partikelmeßsystems	18		
9.1 Allgemein	18		
9.2 Durchflußmessung	18		
9.3 Prüfung des Verdünnungsverhältnisses	18		
9.4 Prüfung der Teilstrombedingungen	18		
9.5 Kalibrierintervalle	18		

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm ISO 8178-1 : 1996 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 70 "Internal combustion engines" in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 270 "Verbrennungsmotoren" erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 1997, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 1997 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

ISO 8178 "Hubkolben-Verbrennungsmotoren – Abgasmessung" besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Messung der gasförmigen Emission und der Partikelemission auf dem Prüfstand
- Teil 2: Messung der gasförmigen Emission und der Partikelemission am Einsatzort
- Teil 3: Definitionen und Meßverfahren des Abgasrauches unter Stationärbedingungen
- Teil 4: Prüfzyklen für verschiedene Motorverwendungen
- Teil 5: Testkraftstoffe
- Teil 6: Prüfbericht
- Teil 7: Bestimmung der Motorfamilie
- Teil 8: Bestimmung der Motorgruppe
- Teil 9: Prüfstandsverfahren zur Bestimmung des Abgasrauches

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 8178-4:1996 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG: Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind in Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der EN ISO 8178 legt die Meß- und Auswerteverfahren für gasförmige und partikelförmige Abgasemissionen von Hubkolben-Verbrennungsmotoren fest. Die Norm gilt für Messungen unter stationären Bedingungen auf dem Prüfstand und dient dazu, einen leistungsbezogenen Emissionswert jeder Schadstoffkomponente im Abgas zu ermitteln. Verschiedene Kombinationen von Motorbelastung und Drehzahl gelten für verschiedene Motoranwendungen (siehe EN ISO 8178-4).

Dieser Teil der EN ISO 8178 gilt für Verbrennungsmotoren für mobilen, tragbaren und stationären Gebrauch. Ausgeschlossen sind Motoren zum Antrieb von Fahrzeugen, die in erster Linie für den Betrieb auf öffentlichen Straßen bestimmt sind. Dieser Teil der EN ISO 8178 kann unter anderem für Verbrennungsmotoren in Erdbewegungsmaschinen, Stromerzeugungsaggregaten und für andere Anwendungen verwendet werden.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann der Motor auf dem Prüfstand auch nach den Festlegungen in EN ISO 8178-2, dem Verfahren für die Messung am Aufstellungsort, geprüft werden. Dies darf jedoch nur im gegenseitigen Einverständnis der betroffenen Beteiligten geschehen. Dabei ist zu beachten, daß die auf diese Weise ermittelten Daten unter diesen Randbedingungen ggf. nicht vollständig mit den vorher oder nachher nach diesem Teil von EN ISO 8178 ermittelten Daten übereinstimmen. Es wird daher empfohlen, dies nur bei sehr großen Schiffsmotoren oder Stromerzeugungsaggregaten, die in sehr geringen Stückzahlen gebaut werden, anzuwenden.

Für Motoren von Maschinen, für die zusätzliche Anforderungen gelten (z. B. Arbeitsplatzschutzbestimmungen, Bestimmungen für Kraftwerke), sind zusätzliche Prüfbedingungen und Auswerteverfahren in Betracht zu ziehen.

Falls es nicht möglich ist, einen Prüfstand zu benutzen, oder falls Informationen über aktuelle Abgasemissionen eines in Betrieb befindlichen Motors verlangt werden, sind die Test- und Auswerteverfahren am Einsatzort nach EN ISO 8178-2 zu verwenden.

ANMERKUNG 1: Mit diesem Teil von EN ISO 8178 wird ein Meßverfahren für die Ermittlung der gasförmigen und partikelförmigen Emissionen von Verbrennungsmotoren zur Verfügung gestellt, die außerhalb des Hauptantriebes für Straßenfahrzeuge zum Einsatz kommen. Der Zweck besteht darin, eine Reihe von Emissionswerten eines Motors zu ermitteln, mit der unter Benutzung geeigneter Wichtungsfaktoren eine Aussage für die Emissionswerte des Verbrennungsmotors für verschiedene Anwendungen erbracht werden kann. Die Ergebnisse werden in der Einheit Gramm je Kilowattstunde ausgedrückt und ergeben die entsprechende Schadstoffmenge bezogen auf die zugehörige erzeugte Arbeit.

Obwohl dieser Teil der internationalen Norm EN ISO 8178 für Motoren außerhalb der Anwendung als Straßenfahrzeughauptantrieb erarbeitet wurde, sind viele grundsätzliche Festlegungen für die Messung von gasförmigen und partikelförmigen Emissionen identisch mit denen, die seit Jahren für Straßenfahrzeuge gebräuchlich sind. Ein Prüfverfahren, das weitestgehend diesen Grundsätzen entspricht, ist das Verfahren der Vollstromverdünnung, das gegenwärtig für die Zertifizierung von Motoren für schwere Nutzfahrzeuge in den USA für die Zeit ab 1985 festgelegt ist. Ein anderes Prüfverfahren ist das Verfahren für die direkte Messung von gasförmigen Emissionen im unverdünnten Abgas, wie es gegenwärtig für die Zertifizierung von Motoren für schwere Nutzfahrzeuge in Japan und Europa festgelegt ist.

Viele der nachfolgend genannten Verfahren sind detaillierte Beschreibungen von Prüfstandsverfahren. Daraus ergibt sich, daß die Bestimmung eines Emissionswertes die Durchführung eine große Anzahl einzelner Messungen benötigt, um einen einzigen Wert zu erhalten. So sind auch die ermittelten Meßergebnisse von der Durchführung der Messungen wie vom Motor und dem Prüfverfahren abhängig.

Die Ermittlung der Emissionen von Motoren außerhalb der Anwendung als Straßenfahrzeughauptantrieb ist komplizierter als dieselbe Aufgabe für Straßenfahrzeugmotoren. Der Grund dafür liegt in dem breiten Feld der Anwendungsfälle für diese Motoren. So dienen Straßenfahrzeuganwendungen vor allen Dingen dazu, eine Last auf einer befestigten Straße von einer Stelle zu einer anderen zu transportieren. Beschränkung auf befestigte Straßen, die höchstzulässige Straßenbelastung und die zulässigen Qualitäten des Kraftstoffes bestimmen den Anwendungsbereich von Straßenfahrzeugen und die Motorengrößen. Motoren und Fahrzeuge für die Anwendung außerhalb der Straße beinhalten ein weites Band von Motorgrößen einschließlich der Motoren, die zum Antrieb der Ausrüstung dienen. Viele von diesen Motoren sind so groß, daß sie die Verwendung von Prüfausrüstung und Prüfverfahren ausschließen, die für Straßenfahrzeugmotoren anwendbar sind. In Fällen, bei denen die Verwendung von Leistungsbremsen nicht möglich ist, müssen die Prüfungen vor Ort oder unter entsprechend geeigneten Bedingungen durchgeführt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch die Verweisung in diesem Text auch für diesen Teil der EN ISO 8178 gelten. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil der EN ISO 8178 basieren, sind gehalten, nach Möglichkeit die neuesten Ausgaben der nachfolgend aufgeführten Normen anzuwenden. IEC- und ISO-Mitglieder verfügen über Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen internationalen Normen.

ISO 3046-1 : 1995

Reciprocating internal combustion engines – Performance – Part 1: Standard reference conditions and declarations of power, fuel and lubricating oil consumption and test methods

ISO 3046-3 : 1989

Reciprocating internal combustion engines – Performance – Part 3: Test measurement

ISO 5167-1 : 1991

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices – Part 1: Orifice plates, nozzles and venturi tubes inserted in circular cross-section conduits running full

ISO 5725-2 : 1994

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

EN ISO 8178-2 : 1996

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

EN ISO 8178-4 : 1996

Hubkolben-Verbrennungsmotoren, Abgasmessung – Teil 4: Prüfzyklen für verschiedene Motorverwendung (ISO 8178-4 : 1996)

- EN ISO 8178-5 : - ¹⁾
Hubkolben-Verbrennungsmotoren, Abgasmessung –
Teil 5: Testkraftstoffe.
- EN ISO 8178-6 : - ¹⁾
Hubkolben-Verbrennungsmotoren, Abgasmessung –
Teil 6: Prüfbericht.
- ISO 9096 : 1992
Stationary source emissions – Determination of concentration and mass flow rate of particulate matter in gas-carrying ducts – Manual gravimetric method
- SAE J 1151 : 1981
Methane measurement using gas chromatography
- SAE J 1936 : 1989
Chemical methods for the measurement of nonregulated diesel emissions

3 Definitionen

Für diesen Teil der EN ISO 8178 gelten die folgenden Definitionen:

3.1 Partikel

Abgasbestandteile, die auf einem definierten Filter abgeschieden werden, wenn Dieselaabgas, das mit reiner gefilterter Luft verdünnt und auf eine Temperatur von höchstens 325 K (52 °C) gebracht wurde, durch das Filter gesaugt wird. Die Temperatur wird an einem Punkt unmittelbar oberhalb des Primärfilters gemessen. Bei diesen Stoffen handelt es sich vorwiegend um Kohlenstoff, kondensierte Kohlenwasserstoffe, Sulfate und Wasser.

ANMERKUNG 2: Die Partikel im Sinn dieses Teils der EN ISO 8178 unterscheiden sich grundlegend in der Zusammensetzung und dem Gewicht von den direkt vom unverdünnten Abgas mittels der Heißfiltermethode entnommenen Partikeln oder bzw. Staub (siehe ISO 9096). Die Partikelmeßverfahren nach diesem Teil der EN ISO 8178 sind bis zu einem Schwefelgehalt von 0,8 % auf ihre Richtigkeit überprüft worden.

3.2 Teilstromverdünnungsverfahren

Bei diesem Verfahren wird ein Teil des Rohabgases aus dem gesamten Abgasstrom entnommen und vor dem Partikelsammelfilter mit einer entsprechenden Menge von Verdünnungsluft gemischt (siehe 16.1.1 und Bilder 10 bis 18).

3.3 Vollstromverdünnungsverfahren

Bei diesem Verfahren wird der gesamte Abgasstrom mit Verdünnungsluft gemischt. Danach wird ein Teil des verdünnten Abgasstromes für die Auswertung entnommen.

ANMERKUNG 3: Bei vielen Vollstromverdünnungssystemen ist es üblich, diesen Teilstrom des vorverdünnten Abgasstromes ein zweites Mal zu verdünnen, um eine geeignete Proben temperatur am Partikelfilter zu erhalten (siehe 16.1.2 und Bild 19).

3.4 Isokinetische Probenentnahme

Bei diesem Verfahren wird der zur Verdünnung abgezweigte Abgasstrom so geregelt, daß die mittlere Probengeschwindigkeit am Sondereintritt der mittleren Geschwindigkeit des Abgasstromes entspricht.

3.5 Nicht-isokinetische Probenentnahme

Bei diesem Verfahren wird die Geschwindigkeit des zur Verdünnung entnommenen Abgasstromes unabhängig von der Geschwindigkeit des Abgasstromes geregelt.

3.6 Mehrfilterverfahren

Bei diesem Verfahren wird für jede der einzelnen Prüfstufen ein Filterpaar für die Auswertung der Daten benutzt. Die jeweiligen Wichtungsfaktoren der einzelnen Prüfstufen werden nach der Probenentnahme berücksichtigt.

3.7 Einfilterverfahren

Bei diesem Verfahren wird nur ein Filterpaar für alle Prüfstufen eines Prüfzyklus benutzt. Die jeweiligen Wichtungsfaktoren müssen während der Probenentnahmephase der Partikel durch entsprechende Einstellung des Probenmassenstromes oder der Zeit für die Probenentnahme berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 4: Dieses Verfahren verlangt, daß der zeitlichen Dauer der Probenentnahme und den Massenströmen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muß.

3.8 Spezifische Emissionen

Die Emissionen werden auf die Bremsleistung, wie sie in 3.9 definiert ist, bezogen.

Für viele Motorentypen im Geltungsbereich dieses Teils der EN ISO 8178 sind die Hilfseinrichtungen, welche später im Betrieb am Motor angebaut sind, zum Zeitpunkt von Herstellung oder Zertifizierung des Motors nicht bekannt.

ANMERKUNG 5: Wenn es nicht sinnvoll ist, den Motor unter den Bedingungen nach Anhang B zu messen, z.B. wenn Motor und Abtriebseinheit eine integrale Einheit darstellen, kann der Motor nur unter Verwendung entsprechend angebaute Hilfseinrichtungen geprüft werden. In diesem Fall sind die Einstellwerte der Leistungsbremse nach 5.3 und 11.5 zu bestimmen. Die Leistungen der Hilfseinrichtungen sollten den Wert von 5 % der größten gemessenen Leistung nicht überschreiten. Wenn diese Leistungen 5 % überschreiten, muß dies von den Beteiligten vor der Durchführung der Prüfung genehmigt werden.

3.9 Bremsleistung

Die an der Kurbelwelle oder einer vergleichbaren Stelle gemessene Leistung, wobei der Motor nur mit den Hilfseinrichtungen ausgerüstet ist, die für seinen Betrieb auf dem Prüfstand notwendig sind (siehe 5.3 und Anhang B).

3.10 Hilfseinrichtungen

Die zu den Hilfseinrichtungen gehörenden Ausrüstungsteile und Einrichtungen sind in Anhang B aufgelistet.

¹⁾ In Veröffentlichung

4 Formelzeichen und Abkürzungen

4.1 Formelzeichen und Indizes

Formelzeichen		Benennung	Einheit
Nach EEC-Gesetzen	S.1 ¹⁾		
A_P	A_p	Querschnittsfläche am Eintritt der isokinetischen Entnahmesonde	m^2
A_T	A_x	Querschnittsfläche der Abgasleitung	m^2
$conc_c$	c_{corr}	Volumenkonzentration, korrigiert unter Berücksichtigung der Verdünnungsluftkonzentration	ppm % (v/v)
$conc_d$	c_{dil}	Volumenkonzentration der Verdünnungsluft	ppm % (v/v)
$conc_x$	c_x	Volumenkonzentration (mit dem Index für die betreffende Abgaskomponente)	ppm % (v/v)
DF	D	Verdünnungsfaktor	1
EAF	E	Eintrittsluftfaktor (kg trockene Luft pro kg Kraftstoff)	kg/kg
EAF_{Ref}	E_{ref}	Eintrittsluftfaktor (kg trockene Luft pro kg Kraftstoff) unter Normbezugsbedingungen	kg/kg
f_a	f_a	Atmosphärischer Faktor	1
F_{FCB}	F_{cb}	Kraftstoffspezifischer Faktor für die Berechnung der Kohlenstoffbilanz	1
F_{FD}	F_d	Kraftstoffspezifischer Faktor für die Berechnung des Abgasstromes (auf der Basis "trocken")	1
F_{FH}	F_h	Kraftstoffspezifischer Faktor für die Berechnung der Konzentrationen "feucht" aus den Konzentrationen "trocken"	1
F_{FW}	F_w	Kraftstoffspezifischer Faktor für die Berechnung des Abgasstromes (auf der Basis "feucht")	1
G_{AIRD}	q_{mad}	Massenstrom der Ansaugluft auf "trockener" Basis	kg/h
G_{AIRW}	q_{maw}	Massenstrom der Ansaugluft auf "feuchter" Basis	kg/h
G_{DILW}	q_{mdw}	Massenstrom der Verdünnungsluft auf "feuchter" Basis	kg/h
G_{EDFW}	$\dot{q}_{mdx}$	Äquivalenter verdünnter Abgasmassenstrom auf "feuchter" Basis	kg/h

Formelzeichen		Benennung	Einheit
Nach EEC-Gesetzen	S.1 ¹⁾		
G_{EXHW}	q_{mxw}	Abgasmassenstrom auf "feuchter" Basis	kg/h
G_{FUEL}	q_{mf}	Kraftstoffmassenstrom	kg/h
G_{TOTW}	q_{mdx}	Verdünnter Abgasmassenstrom auf der Basis "feucht"	kg/h
GAS_x	e_x	gasförmige Emissionen (mit Komponentenindex)	g/kW · h
H_a	H_a	Absolute Feuchte der Ansaugluft	g/kg
H_d	H_d	Absolute Feuchte der Verdünnungsluft	g/kg
H_{REF}	H_{ref}	Bezugswert für die absolute Feuchte ²⁾	g/kg
HTCRAT	HC	Wasserstoff-Kohlenstoff-Verhältnis	mol/mol
i	i	Index zur Kennzeichnung eines einzelnen Prüfpunktes	–
K_{HDIES}	K_{hd}	Feuchte-Korrekturfaktor für NO_x für Dieselmotoren	1
K_{HPET}	K_{hp}	Feuchte-Korrekturfaktor für NO_x für Otto-Motoren	1
K_p	K_p	Feuchte-Korrekturfaktor für Partikel	1
K_{Wa}	$K_{w,i}$	Trocken- zu Feucht-Korrekturfaktor für die Ansaugluft	1
K_{Wd}	$K_{w,d}$	Trocken- zu Feucht-Korrekturfaktor für die Verdünnungsluft	1
K_{We}	$K_{w,e}$	Trocken- zu Feucht-Korrekturfaktor für das verdünnte Abgas	1
K_{Wr}	$K_{w,r}$	Trocken- zu Feucht-Korrekturfaktor für das Rohabgas	1
L	M	Drehmoment-Prozentwert bezogen auf das höchste mögliche Drehmoment für die entsprechende Prüfdrehzahl	%
mass	q_m	Emissionsmassenstrom	g/h
M_d	m_d	Gesammelte Partikelmasse der verdünnten Luft	mg
¹⁾ und ²⁾ siehe Seite 7 (fortgesetzt)			

(abgeschlossen)

Formelzeichen		Benennung	Einheit
Nach EEC-Gesetzen	S.I. ¹⁾		
M_{DIL}	m_{dil}	Masse der Verdünnungsluftprobe, die durch die Partikel-Probenentnahmefilter strömt	kg
M_f	m_f	Gesammelte Partikelprobenmasse	mg
M_{GASi}	m_{gasi}	Masse der Einzelgas-komponente	kg
M_{SAM}	m_{sam}	Masse der verdünnten Abgasprobe, die durch die Partikel-Probenentnahmefilter strömt	kg
p_a	p_a	Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft ³⁾	kPa
p_B	p_b	Barometrischer Druck ⁴⁾	kPa
p_d	p_d	Wasserdampfsättigungsdruck der Verdünnungsluft	kPa
p_s	p_s	Atmosphärischer Druck auf der Basis "trocken"	kPa
P	P	Leistung als unkorrigierte Bremsleistung	kW
P_{AUX}	P_{aux}	Angegebene Gesamtleistung für die Hilfseinrichtungen, die für die Prüfung am Motor angebaut sind und entsprechend Anhang B nicht als Standardausrüstung gelten	kW
P_m	P_m	Höchste gemessene oder deklarierte Leistung bei der Prüfdrehzahl unter Prüfbedingungen (siehe 11.5)	kW
PT	e_{PT}	Partikelemission	g/kW h
PT_{mass}	q_{mp}	Partikelmassenstrom	kg/h
q	r_{dil}	Verdünnungsverhältnis	—
r	r_a	Verhältnis der Querschnittsflächen von isokinetischer Sonde und Abgasleitung	—
R_a	R_a	Relative Luftfeuchte der Ansaugluft	%
R_d	R_d	Relative Luftfeuchte der Verdünnungsluft	%
R_f	r_f	FID-Responsfaktor	1
R_{fM}	r_m	FID-Responsfaktor für Methanol	1
S	S	Einstellwert für die Leistungsbremse	kW

Formelzeichen		Benennung	Einheit
Nach EEC-Gesetzen	S.I. ¹⁾		
T_a	T_a	Absolute Temperatur der Ansaugluft	K
T_{Dd}	T_d	Taupunkttemperatur	K
T_{ref}	T_{ref}	Bezugstemperatur (der Verbrennungsluft 298 K)	K
T_{SC}	T_c	Lufttemperatur hinter Ladeluftkühler	K
T_{SCRef}	T_{cref}	Bezugstemperatur der Lufttemperatur hinter Ladeluftkühler	K
V_{AIRD}	q_{vad}	Volumenstrom der Ansaugluft auf der Basis "trocken"	m ³ /h
V_{AIRW}	q_{vaw}	Volumenstrom der Ansaugluft auf der Basis "feucht"	m ³ /h
V_{DIL}	V_{dil}	Volumen der Verdünnungsluftprobe, die durch die Partikelprobenentnahmefilter strömt	m ³
V_{DILW}	q_{vdw}	Volumenstrom der Verdünnungsluft auf der Basis "feucht"	m ³ /h
V_{EDFW}	$\dot{q}_{vdx}$	Äquivalenter verdünnter Abgasvolumenstrom auf der Basis "feucht"	m ³ /h
V_{EXHD}	q_{vxd}	Abgasvolumenstrom auf der Basis "trocken"	m ³ /h
V_{EXHW}	q_{vxxw}	Abgasvolumenstrom auf der Basis "feucht"	m ³ /h
V_{SAM}	V_{sam}	Volumen der verdünnten Abgasprobe, das durch die Partikel-Probenentnahmefilter strömt	m ³
V_{TOTW}	q_{vdx}	Verdünnter Abgasvolumenstrom auf der Basis "feucht"	m ³ /h
W_F	W_f	Wichtungsfaktor	1
W_{FE}	W_{fe}	Effektiver Wichtungsfaktor	1

¹⁾ Nach ISO 31
²⁾ 10,71 g/kg; für die Berechnung der Feuchtekorrekturfaktoren für NO_x und Partikel
³⁾ Entspricht p_{sy} oder PSY (Prüfumgebung) nach ISO 3046-1.
⁴⁾ Entspricht p_x oder PX (Umgebungsluftdruck am Aufstellungsort); p_y oder PY (Umgebungsluftdruck bei der Prüfung) nach ISO 3046-1.

4.2 Symbole und Abkürzungen für die chemischen Komponenten

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	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DNPH	Dinitrophenylhydrazin
DOP	Diäthylphthalat
HC	Kohlenwasserstoffe
HCHO	Formaldehyd
H ₂ O	Wasser
NH ₃	Ammoniak
NMHC	methanfreie Kohlenwasserstoffe
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide
N ₂ O	Di-Stickstoffmonoxid
O ₂	Sauerstoff
RME	Rapsöl-Methylester
SO ₂	Schwefeldioxid
SO ₃	Schwefeltrioxid

4.3 Abkürzungen

CFV	Venturi-Düse für kritischen Durchfluß
CLD	Chemilumineszenz-Detektor
CVS	Probenentnahme bei konstantem Volumen
ECS	Elektrochemischer Sensor
FID	Flammenionisationsdetektor
FTIR	Fouriertransformations-Infrarotabsorptions-Analysator
GC	Gaschromatograph
HCLD	Beheizter Chemilumineszenz-Detektor
HFID	Beheizter Flammenionisationsdetektor
HPLC	Hochdruck-Flüssigkeitschromatograph
NDIR	Nichtdispersiver Infrarot-Absorptionsanalysator
NMC	Nicht-Methan-Cutter
PDP	Verdrängerpumpe
PMD	Paramagnetischer Detektor
PT	Partikel
UVD	Ultraviolett-Detektor
ZRDO	Zirkoniumdioxid-Sensor

5 Prüfbedingungen

5.1 Allgemeine Anforderungen

Alle Volumina und Volumenströme müssen auf 273 K (0 °C) und 101,3 kPa bezogen werden.

5.2 Prüfbedingungen des Motors

5.2.1 Parameter für die Prüfbedingungen

Die absolute Temperatur der Ansaugluft T_a , ausgedrückt in Kelvin, und der atmosphärische Druck auf der Basis "trocken" p_s , ausgedrückt in kPa, müssen gemessen und der Parameter f_a nach den folgenden Gleichungen bestimmt werden:

Für nicht aufgeladene und mechanisch aufgeladene Dieselmotoren:

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

Für aufgeladene Dieselmotoren mit und ohne Kühlung der Ansaugluft:

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

Die Gleichungen (1) und (2) sind identisch mit den Abgasgesetzgebungen der EG und ECE.

Für nicht aufgeladene und aufgeladene Fremdzündungsmotoren muß der Parameter α_a nach folgender Gleichung bestimmt werden

$$\alpha_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6} \quad (2a)$$

und muß zwischen 0,93 und 1,07 liegen.

5.2.2 Gültigkeit der Prüfung

Für die Gültigkeit der Prüfung muß der Parameter f_a in folgenden Grenzen liegen:

$$0,98 \leq f_a \leq 1,02 \quad (3)$$

Falls es aus zwingend technischen Gründen nicht möglich ist, diese Grenzen einzuhalten, muß f_a zwischen 0,93 und 1,07 liegen. In diesem Fall muß die Partikelemission nach 14.1.2 korrigiert werden. Für die gasförmigen Emissionen ist eine Korrektur von f_a nicht nötig.

5.2.3 Verbrennungsmotoren mit Ladeluftkühlung

Die Temperatur des Kühlmittels und die Temperatur der Ladeluft müssen protokolliert werden.

Das Kühlsystem muß bei Bezugsdrehzahl und Bezugsbelastung des Verbrennungsmotors eingestellt werden. Die Ladelufttemperatur und der Druckabfall im Kühler dürfen höchstens ± 4 K bzw. ± 2 kPa von den Angaben des Motorherstellers abweichen.

5.3 Leistung

Grundlage für die Messung der spezifischen Emission ist die unkorrigierte Bremsleistung.

Bestimmte Hilfseinrichtungen, die nur für den Betrieb der gesamten Maschinenanlage notwendig und an dem Verbrennungsmotor angebaut sind, sollten für die Prüfung des Verbrennungsmotors abgebaut werden. Die nachfolgende (unvollständige) Liste dient dazu als Beispiel:

- Luftkompressor für das Bremssystem,
- Druckversorgung für die Servolenkung,
- Druckversorgung für die Klimaanlage,
- Pumpen für hydraulische Verstellung.

Bezüglich weiterer Einzelheiten wird auf 3.8 und Anhang B verwiesen.

In Fällen, bei denen die Hilfseinrichtungen nicht abgebaut werden können, muß die Leistungsaufnahme dieser Hilfseinrichtungen bei den Prüfdrehzahlen bestimmt werden, um die Einstellung der Leistungsbremse nach 11.5 berechnen zu können.

5.4 Motor-Luftansaugsystem

Der Motor muß bei der Prüfung mit einem Luftansaugsystem ausgerüstet sein, dessen Ansaugunterdruck am Lufteintritt innerhalb ± 10 % der oberen Grenze liegt, die der Motorhersteller unter definierten Motorbetriebsbedingungen für einen sauberen Luftfilter festgelegt hat. Die Motorbetriebsbedingungen sind für den größten Luftdurchsatz im Hinblick auf die jeweilige Motoranwendung festgelegt.

Für 2-Takt-Fremdzündungsmotoren muß ein System benutzt werden, das dem System des Verbrennungsmotors am Einsatzort entspricht.

5.5 Motorabgassystem

Der Motor muß auf dem Prüfstand mit einem Abgassystem ausgerüstet sein, mit dem ein Abgasgegendruck erreicht wird, der innerhalb ± 10 % der oberen vom Motorhersteller erklärten Grenze für die Motorbetriebsbedingungen ent-

spricht, bei denen die größte erklärte Leistung des Motors nach den Angaben des Motorherstellers für die jeweilige Anwendung erreicht wird.

Für 2-Takt-Fremdzündungsmotoren muß ein System benutzt werden, das dem System des Motors am Aufstellungsort entspricht.

5.6 Kühlsystem

Der Motor ist mit einem Kühlsystem ausreichender Leistung auszurüsten, um den Motor bei üblichen Betriebstemperaturen, wie vom Motorhersteller vorgeschrieben, betreiben zu können.

5.7 Schmieröl

Die Eigenschaften des Schmieröls, das für die Prüfung verwendet wurde, müssen protokolliert und zusammen mit den Prüfergebnissen vorgelegt werden.

6 Prüfkraftstoffe

Die Eigenschaften des Kraftstoffes beeinflussen die Abgasemissionen des Motors. Deshalb müssen die Eigenschaften des Kraftstoffes, der bei der Prüfung verwendet wurde, bestimmt, aufgezeichnet und zusammen mit den Testergebnissen vorgelegt werden. In Fällen, bei denen Kraftstoffe verwendet wurden, die nach EN ISO 8178-5 als Referenz-Kraftstoffe definiert sind, müssen die Referenz-Kurzbezeichnung und die Kraftstoffanalyse mitgeliefert werden. Für alle anderen Kraftstoffe müssen die Eigenschaften protokolliert werden, die in den entsprechenden allgemeinen Datenblättern in EN ISO 8178-5 aufgelistet sind.

Die Kraftstofftemperatur muß einen Wert haben, der den Empfehlungen des Herstellers entspricht. Die Kraftstofftemperatur muß entweder am Eintritt in die Einspritzpumpe oder an einer Stelle, die von dem Hersteller festgelegt wurde, gemessen werden. Der Ort der Meßstelle muß protokolliert werden.

Die Auswahl des für die Prüfung verwendeten Kraftstoffes hängt von dem Zweck der Prüfung ab. Sofern von den Beteiligten nicht anders festgelegt, muß der Kraftstoff nach den Gesichtspunkten Tabelle 1 ausgewählt werden.

7 Meßausrüstung und Daten, die gemessen werden

Die Emission von gasförmigen und partikelförmigen Komponenten des Motors, der für die Untersuchung vorgesehen ist, muß nach den Verfahren, die in den Abschnitten 15 und 16 beschrieben sind, gemessen werden. In diesen Abschnitten sind die empfohlenen Analysesysteme für die gasförmigen Emissionen (siehe Abschnitt 15) und die empfohlenen Verdünnungs- und Probenentnahmesysteme für partikelförmige Emission (siehe Abschnitt 16) beschrieben.

Andere Systeme oder Analysatoren dürfen benutzt werden, wenn sie gleichwertige Ergebnisse liefern. Für die Festlegung der Gleichwertigkeit eines Systems muß eine Korrelation mit 7 (oder mehr Probepaaren) zwischen dem in Betracht kommenden anderen System und einem der Systeme, die in diesem Teil der EN ISO 8178 definiert sind, zugrunde gelegt werden. Die "Ergebnisse" beziehen sich auf die spezifischen Emissionswerte des entsprechenden Prüfzyklus. Die Korrelationsprüfung muß in demselben Prüflabor, in derselben Prü fzelle und am selben Motor durchgeführt werden. Vorzugsweise sollte die Prüfung mit beiden Verfahren parallel erfolgen. Als Prüfzyklus sollte ein geeigneter Zyklus nach EN ISO 8178-4 oder der Zyklus C1 nach EN ISO 8178-4 benutzt werden. Das Kriterium der Gleichwertigkeit ist hier bei einer $\pm 5\%$ igen Übereinstimmung der Mittelwerte entsprechend der o.g. Bedingungen für Prüflabor, Prü fzelle und Labor gegeben, wobei "Ausreißer" gemäß

Tabelle 1: Kraftstoffauswahl

Zweck der Prüfung	interessierte Beteiligte	Kraftstoffauswahl
Typprüfung (Zertifizierung)	1. Institution für die Zertifizierung 2. Hersteller oder Lieferant	Bezugskraftstoff, sofern festgelegt Kommerzieller Kraftstoff, wenn kein Bezugskraftstoff festgelegt ist.
Abnahmeprüfung	1. Hersteller oder Lieferant 2. Käufer oder Beauftragter	Kommerzieller Kraftstoff wie vom Hersteller vorgegeben ¹⁾
Forschung/Entwicklung	Einer oder mehrere von: Hersteller, Forschungsorganisation, Kraftstoff- und Schmieröllieferant usw.	Um den Zweck der Prüfung zu erreichen.
¹⁾ Käufer und Abnahmebeauftragter sollten beachten, daß die Ergebnisse der Emissionsprüfung unter Benutzung von kommerziellen Kraftstoffen nicht notwendigerweise die Emissionsgrenzwerte erreichen, die bei Benutzung von Referenzkraftstoffen festgelegt sind. Falls ein brauchbarer Referenzkraftstoff nicht zur Verfügung steht, darf ein Kraftstoff mit Eigenschaften, die denen des Referenzkraftstoffes sehr ähnlich sind, benutzt werden. Die Eigenschaften dieses Kraftstoffes müssen dann genannt werden.		

ISO 5725-2 nicht berücksichtigt werden. Die Systeme, die für die Prüfung der Korrelation benutzt werden, müssen vor der Prüfung unter den Beteiligten abgestimmt werden.

Für die Übernahme eines neuen Systems ist als Maß der Gleichwertigkeit die Berechnung der Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit nach ISO 5725-1 und ISO 5725-2 zugrunde zu legen.

Die nachfolgend beschriebene Ausrüstung ist für die Emissionsmessung von Verbrennungsmotoren auf Motorprüfständen zu benutzen. Diese Norm enthält keine detaillierten Angaben über die Meßausrüstung für Durchfluß, Druck und Temperatur. Allerdings sind die Genauigkeitsanforderungen für eine solche Ausrüstung, die für die Durchführung von Emissionsmessungen erforderlich sind, in 7.3 beschrieben.

7.1 Spezifikation der Leistungsbremse

Zur Durchführung eines entsprechenden Prüfzyklus nach EN ISO 8178-4 muß für den Verbrennungsmotor eine Leistungsbremse mit geeigneten Eigenschaften verwendet werden.

Die Instrumentierung für die Messung von Drehmoment und Drehzahl muß die Ermittlung der Genauigkeit der Leistung an der Kurbelwelle innerhalb der vorgegebenen Fehlergrenzen ermöglichen. Gegebenenfalls sind zusätzliche Berechnungen notwendig. Die Genauigkeit der Meßeinrichtung muß so hoch sein, daß die Toleranzen nach 7.3 nicht überschritten werden.

7.2 Abgasmassenstrom

Der Abgasmassenstrom ist nach einer der in 7.2.1 bis 7.2.4 beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

7.2.1 Verfahren der direkten Messung

Bei diesem Verfahren wird der Abgasstrom entweder mit einer Meßblende oder einem gleichwertigen Meßsystem ermittelt (Einzelheiten siehe ISO 5167-1).

ANMERKUNG 6: Die direkte Messung des Abgasstromes ist schwierig. Um Meßabweichungen zu vermeiden, die damit zu falschen Emissionswerten führen, sind entsprechende Vorsichtsmaßnahmen zu berücksichtigen.

7.2.2 Meßverfahren für Luft und Kraftstoff

Dieses beinhaltet die Messung des Luftstromes und des Kraftstoffstromes.

Für Luft und Kraftstoff müssen Durchflußmeßgeräte mit den Genauigkeitsanforderungen nach 7.3 benutzt werden. Für die Berechnung des Abgasstromes gilt:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL} \quad (4)$$

(Abgasmassenstrom auf der Basis "feucht")

oder

$$V_{EXHD} = V_{AIRD} + F_{FD} \cdot G_{FUEL} \quad (5)$$

(Abgasvolumenstrom auf der Basis "trocken")

oder

$$V_{EXHW} = V_{AIRW} + F_{FW} \cdot G_{FUEL} \quad (6)$$

(Abgasvolumenstrom auf der Basis "feucht")

Die Werte für F_{FD} und F_{FW} sind von den Eigenschaften des verwendeten Kraftstoffes abhängig (siehe Anhang A und EN ISO 8178-5).

7.2.3 Kohlenstoffbilanz-Verfahren

Bei diesem Verfahren wird die Abgasmasse auf der Grundlage des Kraftstoffverbrauches und der Abgaskonzentrationen unter Benutzung der Kohlenstoff- und Sauerstoffbilanz (siehe Anhang A) ermittelt.

7.2.4 Gesamtabgasstrom

In Fällen, bei denen ein Vollstromverdünnungssystem verwendet wird, muß das gesamte verdünnte Abgas (G_{TOTW} , V_{TOTW}) mit einem PDP oder CFV (siehe 16.1.2) gemessen werden. Die Genauigkeit muß den Anforderungen nach 9.2 entsprechen.

7.3 Genauigkeit

Die Kalibrierung aller Meßinstrumente muß verfolgbar auf nationale oder internationale Normale zurückführbar sein und den Anforderungen nach Tabellen 2 und 3 entsprechen

7.4 Bestimmung der gasförmigen Komponenten

7.4.1 Allgemeine Spezifikationen der Analysatoren

Die Analysatoren sollen einen zur Messung der Konzentration der Abgaskomponenten geeigneten Meßbereich mit der erforderlichen Genauigkeit haben (siehe 7.4.1.1). Es wird empfohlen, die Bereichswahl derart auszuwählen, daß die gemessene Konzentration zwischen 15 % und 100 % des Vollausschlages liegt.

Wenn der Vollausschlag 155 ppm (oder ppmC) oder kleiner ist oder wenn die Anzeigesysteme (Rechner, Datenerfassungsanlagen) ausreichende Genauigkeit und Auflösung bei Werten unter 15 % des Vollausschlages gewährleisten, sind auch Konzentrationsmessungen unter 15 % des Vollausschlages noch akzeptabel. In diesem Fall müssen zusätzliche Kalibrierungen durchgeführt werden, um die Genauigkeit der Kalibrierkurven sicherzustellen (siehe 8.5.6.2).

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) der Ausrüstung muß so sein, daß zusätzliche Fehler auf ein Minimum reduziert werden.

7.4.1.1 Meßabweichung

Die Gesamtmeßabweichung einschließlich der Querempfindlichkeit gegenüber anderen Gasen (siehe 8.9) darf den Wert von $\pm 5 \%$, bezogen auf den Meßwert, oder $\pm 3,5 \%$ des Vollausschlages nicht überschreiten, wobei der jeweils kleinere Wert gilt. Für Konzentrationen unter 100 ppm darf die Meßabweichung den Wert ± 4 ppm nicht überschreiten.

7.4.1.2 Wiederholbarkeit

Die Wiederholbarkeit, definiert als die 2,5fache Standardabweichung zehn aufeinanderfolgender Meßwerte für ein gegebenes Kalibrier- oder Prüfgas, darf nicht größer sein als $\pm 1 \%$ des Vollausschlages jedes Bereiches oberhalb 155 ppm (oder ppmC) oder $\pm 2 \%$ jedes Bereiches unterhalb 155 ppm (oder ppmC).

Tabelle 2: Fehlergrenzen der Meßinstrumente für Motordaten

Nr.	Benennung	Fehlergrenzen		Kalibrierintervalle (Monate)
		(bezogen auf die Höchstwerte des Motors)	(bezogen auf die Höchstwerte des Motors) ¹⁾	
1	Motordrehzahl	$\pm 2 \%$	$\pm 2 \%$	3
2	Drehmoment	$\pm 2 \%$	$\pm 2 \%$	3
3	Leistung	$\pm 2 \%^2)$	$\pm 3 \%$	nicht anwendbar
4	Kraftstoffverbrauch	$\pm 2 \%^2)$	$\pm 3 \%$	6
5	Spezif. Kraftstoffverbrauch	nicht anwendbar	$\pm 3 \%$	nicht anwendbar
6	Luftdurchsatz	$\pm 2 \%^2)$	$\pm 5 \%$	6
7	Abgasstrom	$\pm 4 \%^2)$	nicht anwendbar	6

¹⁾ Nach ISO 3046-3

²⁾ Den in diesem Teil der EN ISO 8178 beschriebenen Berechnungsverfahren für die Abgasemissionen sind in einigen Fällen unterschiedliche Meß- und/oder Berechnungsverfahren zugrunde gelegt. Bedingt durch die vorgegebene Gesamttoleranz für die Berechnung der Abgasemission müssen die Grenzwerte für einzelne Parameter, die in den jeweiligen Gleichungen benutzt werden, kleiner als die Fehlergrenzen nach ISO 3046-3 sein.

Tabelle 3: Fehlergrenzen der Meßinstrumente für wichtige Meßparameter

Nr.	Benennung	Fehlergrenzen		Kalibrierintervall (Monate)
		(absolut)	¹⁾	
1	Kühlmitteltemperatur	$\pm 2 \text{ K}$	2 K	3
2	Schmieröltemperatur	$\pm 2 \text{ K}$	$\pm 2 \text{ K}$	3
3	Abgasgegendruck	$\pm 5 \%$ des Höchstwertes	$\pm 5 \%$	3
4	Druckabfall im Einlaßsystem	$\pm 5 \%$ des Höchstwertes	$\pm 5 \%$	3
5	Abgastemperatur	$\pm 15 \text{ K}$	$\pm 15 \text{ K}$	3
6	Luftteinlaßtemperatur (Verbrennungsluft)	$\pm 2 \text{ K}$	$\pm 2 \text{ K}$	3
7	Umgebungsdruck	$\pm 0,5 \%$ der Ablesung	$\pm 0,5 \%$	3
8	relative Feuchte der Ansaugluft	$\pm 3 \%$	nicht anwendbar	1
9	Kraftstofftemperatur	$\pm 2 \text{ K}$	$\pm 5 \text{ K}$	3
10	Temperaturen des Verdünnungstunnels	$\pm 1,5 \text{ K}$	nicht anwendbar	3
11	Feuchte der Verdünnungsluft	$\pm 3 \%$	nicht anwendbar	1
12	Verdünnter Abgasstrom	$\pm 2 \%$ der Ablesung	nicht anwendbar	24 (Teilstrom) (Vollstrom) ²⁾

¹⁾ Nach ISO 3046-3
²⁾ Vollstromsysteme: Die Verdrängerpumpe oder die Venturi-Düse muß nach der ersten Inbetriebnahme, nach größeren Überholungen oder bei Bedarf, wenn dies bei der Überprüfung des CVS-Systems, wie in 11.4 beschrieben, angezeigt ist, kalibriert werden.

7.4.1.3 Rauschen

Der auf den Vollausschlag bezogene Spitze-Spitze-Wert des Ausgangssignals darf bei Nullsignal, Kalibriersignal oder bei Beaufschlagung mit einem Prüfgas nicht größer als $\pm 2 \%$ sein. Dies gilt für beliebige Meßperioden von 10 s.

7.4.1.4 Nulldrift

Die Nulldrift über 1 h muß für den niedrigsten benutzten Bereich kleiner als 2 % des Vollausschlages sein. Das Nullsignal ist definiert als der Mittelwert des Signals einschließlich Rauschen bei Beaufschlagung mit Nullgas während einer Zeit von 30 s.

7.4.1.5 Drift des Meßbereichs

Die Drift des Anzeigebereichs muß für den niedrigsten benutzten Meßbereich während eines Zeitraumes von 1 h kleiner als 2 % des Vollausschlages sein. Der Anzeigebereich ist definiert als die Differenz zwischen dem Spannungsausgangssignal und dem Nullsignal. Das Spannungssignal ist definiert als das mittlere Ausgangssignal einschließlich Rauschen bei Beaufschlagung mit einem Prüfgas während eines Zeitraumes von 30 s.

7.4.2 Gastrocknung

Die gegebenenfalls vorhandene Einrichtung zur Gastrocknung darf nur einen minimalen Einfluß auf die Konzentration der zu messenden Gase haben. Um Wasser aus der Probe zu entfernen, sind chemische Trockner nicht erlaubt.

7.4.3 Analysatoren

In 7.4.3.1 bis 7.4.3.11 sind die benutzten Meßprinzipien beschrieben. Eine ausführliche Beschreibung der Meßsysteme wird in Abschnitt 15 gegeben. Die zu messenden Gase sollen mit den nachfolgenden Instrumenten analysiert werden. Für nichtlineare Analysatoren sind Linearisierungsschaltungen erlaubt.

7.4.3.1 Kohlenstoffmonoxid-(CO-)Analyse

Für die Analyse von Kohlenmonoxid muß ein Gerät mit dem Meßprinzip der nichtdispersiven Infrarot-Absorption (**Non-Dispersive InfraRed (NDIR)**) verwendet werden.

7.4.3.2 Kohlenstoffdioxid-(CO₂-)Analyse

Für die Analyse von Kohlendioxid muß ein Gerät mit dem Meßprinzip der nichtdispersiven Infrarot-Absorption (**Non-Dispersive InfraRed (NDIR)**) verwendet werden.

7.4.3.3 Sauerstoff-(O₂-)Analyse

Für die Analyse von Sauerstoff muß ein Gerät nach dem paramagnetischen Meßprinzip, ein Zirkoniumdioxid-Gerät oder ein Gerät auf elektrochemischer Basis verwendet werden (**ParaMagnetic Detector (PMD)**, **ZiRconium DiOxide (ZRDO)**, **ElectroChemical Sensor (ECS)**).

ANMERKUNG 7: Wenn die HC- oder CO-Konzentration wie z. B. bei Benzin-Magermotoren hoch ist, ist die Verwendung von Zirkonium-Dioxid-Sensoren nicht zu empfehlen. Elektrochemische Sensoren müssen für die CO₂- und NO_x-Querempfindlichkeit kompensiert werden.

7.4.3.4 Kohlenwasserstoff-(HC-)Analyse

Für die Kohlenwasserstoff-Analyse muß ein beheizter Flammenionisationsdetektor (**Heated Flame Ionization Detector (HFID)**) verwendet werden, bei dem Detektor, Ventile, Leitungssysteme usw., so beheizt werden, daß die Gastemperatur auf $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) gehalten wird. Für Motoren, die mit Methanol betrieben werden, gelten die Temperaturanforderungen nach 7.4.3.11.2.

7.4.3.5 Analyse von methanfreien Kohlenwasserstoffen (NMHC)

In Abhängigkeit von der Methan-(CH₄-)Konzentration ist dieses Verfahren mehr für gasförmige als für flüssige Kraftstoffe von Bedeutung.

7.4.3.5.1 Verfahren mit der Gaschromatographie (GC)

Andere Kohlenwasserstoffe als Methan müssen dadurch bestimmt werden, daß der für Methan ermittelte Wert, der bei Konditionierung auf 423 K (150 °C) gaschromatographisch ermittelt wurde, vom Gesamtwert für die Kohlenwasserstoffe abgezogen wird.

7.4.3.5.2 Nicht-Methan-Cutter-Methode (NMC)

Die Bestimmung der methanfreien Kohlenwasserstoffe muß mit einem beheizten NMC und einem in Serie geschalteten HFID nach 7.4.3.4 durchgeführt werden.

Die Berechnungsgleichungen sind in Anhang C genannt.

7.4.3.6 Analyse von Stickstoffoxiden (NO_x)

Für die Bestimmung der Stickstoffoxide muß ein unbeheizter oder ein beheizter Chemilumineszenzanalysator (ChemiLuminescent Detector (CLD) oder Heated ChemiLuminescent Detector (HCLD)) mit einem NO₂/NO-Konverter verwendet werden, sofern auf trockener Basis gemessen wird. Wenn auf feuchter Basis gemessen wird, muß ein HCLD-Gerät mit einem Konverter benutzt werden, der über 333 K (60 °C) gehalten wird, vorausgesetzt, daß die Prüfung des WasserdampfEinflusses zufriedenstellend ausfällt (siehe 8.9.2.2).

7.4.3.7 Bestimmung des Schwefeldioxides (SO₂)

Die Schwefeldioxid-Konzentration muß aus dem Schwefelgehalt des verwendeten Kraftstoffes berechnet werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die direkte Messung des Schwefeldioxidgehaltes keine genaueren Ergebnisse liefert.

ANMERKUNG 8: Die Anwendung der Berechnungsverfahren für Schwefeldioxid ist auf Motoren ohne Abgasnachbehandlung beschränkt. Dabei ist nach den Anleitungen des Meßinstrumenten-Herstellers zu messen. Da die Messung des Schwefeldioxidgehaltes sehr schwierig ist und für diese Technologie bei Abgasmessungen zur Zeit noch keine umfangreichen Erfahrungen vorliegen, muß vor ihrer Verwendung das Einverständnis der Beteiligten eingeholt werden.

7.4.3.8 Bestimmung des Ammoniaks (NH₃)

Ammoniak muß mit einem Chemilumineszenzanalysator (ChemiLuminescent Detector (CLD)), wie er in 7.3.4.6 beschrieben wurde, unter Verwendung von zwei unterschiedlichen Konvertern ermittelt werden. Für den Gesamtwert von NO_x und NH₃ muß ein Hochtemperaturkonverter mit 973 K (700 °C) benutzt werden.

Für NO_x allein muß ein Niedrigtemperaturkonverter mit 573 K (300 °C) benutzt werden. Die Differenz zwischen diesen Messungen ist die Ammoniak-Konzentration. Dieses Verfahren hat eine lange Ansprechzeit (ungefähr 10 min.).

Alternativ darf ein Fouriertransformations-Infrarot-Absorptionsanalysator mit FTIR (Fourier Transform InfraRed) unter Beachtung der Anweisungen des Instrumentenherstellers verwendet werden. Da für diese Technologie bei Abgasmessungen zur Zeit noch keine umfangreichen Erfahrungen vorliegen, muß vor ihrer Verwendung das Einverständnis der Beteiligten eingeholt werden. Die Ansprechzeit dieses Verfahrens ist beträchtlich kürzer als die des Doppelkonverter-Verfahrens.

7.4.3.9 Bestimmung des Di-Stickstoffmonoxides (N₂O)

Für die Bestimmung des N₂O darf ein Fouriertransformations-Infrarot-Absorptionsanalysator mit FTIR (Fourier Transform InfraRed) unter Beachtung der Anweisungen des Geräteherstellers verwendet werden. Da für diese Technologie bei Abgasmessungen zur Zeit noch keine umfangreichen Erfahrungen vorliegen, muß vor ihrer Verwendung das Einverständnis der Beteiligten eingeholt werden.

7.4.3.10 Bestimmung von Formaldehyd (HCHO)

Formaldehyd muß mit einer Methode bestimmt werden, bei der die Abgasprobe entweder durch eine Waschflasche mit einer DNPH- in ACN-Lösung gesaugt wird, oder durch eine Silicagelsäule geleitet wird, die mit 2,4-DNPH belegt ist. Die gesammelte Probe muß mit einem Hochdruckflüssigchromatographen im UV-Bereich bei 365 nm Wellenlänge analysiert werden.

7.4.3.11 Bestimmung des Methanol-Gehaltes (CH₃OH)

Ein Fouriertransformations-Infrarot-Absorptionsanalysator mit FTIR (Fourier Transform InfraRed) darf unter Beachtung der Anweisungen des Geräteherstellers verwendet werden. Da für diese Technologie bei Abgasmessungen zur Zeit noch keine umfangreichen Erfahrungen vorliegen, muß vor ihrer Verwendung das Einverständnis der Beteiligten eingeholt werden.

7.4.3.11.1 Gaschromatographie (GC)

Methanol muß bestimmt werden, indem eine Abgasprobe durch eine Waschflasche geleitet wird, die deionisiertes Wasser enthält. Die Probe muß mit einem GasChromatographen (GC) mit FID analysiert werden.

7.4.3.11.2 HFID-Verfahren

Das mit Propan kalibrierte HFID-Gerät muß bei 385 K ± 10 K (112 °C ± 10 °C) betrieben werden. Der Methanol-Responsefaktor muß bei verschiedenen Konzentrationen über den Bereich der Konzentrationen in der Abgasprobe nach 8.8.4 bestimmt werden.

7.4.4 Probenentnahmen für gasförmige Emissionen

Die Probenentnahme für gasförmige Emissionen muß in einer Entfernung von mindestens 0,5 m oder im Abstand des 3fachen Durchmessers des Abgasrohres – der größere Wert ist maßgebend – vor dem Austritt des Abgassystems angeordnet werden (soweit dies möglich ist) und genügend nahe zum Motor liegen, um eine Abgastemperatur von mindestens 343 K (70 °C) an der Entnahmestelle sicherzustellen.

Bei Mehrzylindermotoren mit einem verzweigten Abgasleitungssystem muß die Stelle für die Probenentnahme genügend weit stromabwärts angeordnet sein, um sicherzustellen, daß die Probe für den Mittelwert der Abgasemission aller Zylinder repräsentativ ist. Bei Mehrzylindermotoren mit getrennten Gruppen von Abgasrohren, wie z.B. bei V-Motoren, ist es zulässig, die Probe von jeder Gruppe einzeln zu nehmen und einen Mittelwert der Abgasemission zu berechnen. Andere Verfahren, für die der Nachweis erbracht ist, daß sie mit den oben erwähnten Verfahren korrelieren, dürfen benutzt werden. Für die Berechnung der Abgasemission muß der gesamte Abgasmassenstrom benutzt werden.

Wenn die Zusammensetzung des Abgases durch irgendwelche Abgasnachbehandlungssysteme beeinflusst wird, muß die Probenentnahme hinter dieser Ausrüstung durchgeführt werden.

Bei Fremdzündungsmotoren muß die Probenentnahme des Abgases auf der Hochdruckseite des Schalldämpfers, aber soweit wie möglich entfernt vom Abgasaustritt erfolgen. Um eine vollständige Vermischung des Abgases vor Probenentnahme zu gewährleisten, kann eine Mischkammer zwischen Schalldämpfer und Probenentnahme eingefügt werden. Das Volumen der Mischkammer darf nicht kleiner sein als das 10-fache Zylinderarbeitsvolumen und sollte annähernd gleiche Dimensionen in Höhe, Breite und Tiefe aufweisen. Die Größe der Mischkammer sollte entsprechend der Praktikabilität so klein wie möglich gehalten werden und so nah wie möglich am Motor angebracht werden. Die aus der Mischkammer austretende Abgasleitung sollte nach der Probenentnahmestelle mindestens eine Länge von 610 mm aufweisen und groß genug sein um den Abgasgegendruck zu minimieren.

Die Temperatur der Innenwände der Mischkammer muß über dem Taupunkt des Abgases gehalten werden. Es wird eine minimale Temperatur von 65 °C empfohlen.

Bei Schiffsmotoren muß die Probenentnahmestelle so angeordnet sein, daß das Eindringen von Wasser, welches in das Abgassystem zur Kühlung, zum Tuning oder zur Geräuschminderung eingespritzt wird, vermieden wird.

In Fällen, bei denen ein Vollstromverdünnungssystem für die Bestimmung der Partikel benutzt wird, dürfen die gasförmigen Emissionen auch im verdünnten Abgas bestimmt werden. Die Gasentnahmesonden im Verdünnungstunnel müssen in der Nähe der Sonden für Partikel liegen (siehe 16.1.2, Bild 19, DT, PSP). CO und CO₂ dürfen wahlweise auch durch Sammeln der Probe in einem Beutel und anschließende Messung der Konzentration im Beutel bestimmt werden.

7.5 Partikelbestimmung

Für die Bestimmung der Partikel ist ein Verdünnungssystem erforderlich. Die Verdünnung kann mit einem Teilstromverdünnungssystem oder mit einem Vollstromverdünnungssystem erfolgen. Die Durchflußkapazität des Verdünnungssystems muß groß genug sein, um Kondensation von Wasser im Verdünnungs- und Partikelsammelsystem vollständig auszuschließen und die Temperatur des verdünnten Abgases unmittelbar vor dem Filterhalter nicht über 325 K (52 °C) steigen zu lassen. Entfeuchten der Verdünnungsluft vor Eintritt in das Verdünnungssystem ist erlaubt und besonders nützlich, wenn Motoren mit Methanolkraftstoff geprüft werden oder die Feuchte der Verdünnungsluft sehr hoch ist. Vorheizen der Verdünnungsluft über die Temperaturgrenze von 303 K (30 °C) wird empfohlen, wenn die Umgebungstemperatur unter 293 K (20 °C) liegt. Jedoch darf die Verdünnungslufttemperatur 325 K (52 °C) vor Einleitung des Abgases in den Verdünnungstunnel nicht überschreiten.

Für ein Teilstromverdünnungssystem muß die Entnahmesonde für die Partikel nahe bei und vor der Entnahmesonde für gasförmige Emissionen angeordnet sein, wie dies in 7.4.4 unter Beachtung der Festlegungen in 16.1.1, Bilder 10 bis 18, Abgasleitung und Probenentnahme (EP und SP) beschrieben ist.

Das Teilstromverdünnungssystem muß so ausgelegt werden, daß der Abgasstrom in zwei Teilströme aufgeteilt wird, deren kleinerer Teil mit Luft verdünnt und nachfolgend für die Messung der Partikel verwendet wird. Dafür ist es wichtig, daß das Verdünnungsverhältnis sehr genau bestimmt wird. Für die Aufteilung des Abgasstromes können unterschiedliche Verfahren verwendet werden, wobei das verwendete Verfahren die Probenentnahmeeinrichtungen und die Verfahren wesentlich bestimmt (siehe 16.1.1).

Zur Bestimmung der Partikelmasse sind ein Partikelsammelsystem, Partikelfilter, eine Mikrowaage und eine temperatur- und feuchtigkeitsgeregelte Wägezelle erforderlich.

Für die Partikelsammlung können zwei Verfahren angewendet werden. Bei dem Mehrfilterverfahren wird für jede einzelne Stufe des Prüfzyklus ein Filterpaar (siehe 7.5.1.3) verwendet. Dieses Verfahren erlaubt eine weniger genaue Probenentnahme, benötigt jedoch mehr Filter.

Beim Einfilterverfahren wird für alle Prüfstufen des jeweiligen Prüfzyklus gemeinsam ein Filterpaar (siehe 7.5.1.3) benutzt. Bei der Prüfung muß den Probenentnahmezeiten und den Volumenströmen während der Probenentnahmephase entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt werden. Allerdings wird auch nur ein Filterpaar für den Prüfzyklus benötigt.

7.5.1 Partikelfilter

7.5.1.1 Filterspezifikationen

Für Zertifizierungsprüfungen sind fluorkohlenwasserstoffbeschichtete Glasfaserfilter oder Membranfilter auf Fluorkohlenwasserstoffbasis erforderlich. Für besondere Anwendungen dürfen andere Filtermaterialien verwendet werden. Alle Filtertypen müssen bei einer Gasgeschwindigkeit zwischen 35 und 80 cm/s ein minimales Rückhaltevermögen von 95 % für DOP-Partikel (Dioctylphthalat) der Größe 0,3 µm. Für Korrelationsprüfungen zwischen einzelnen Prüflabors oder zwischen Hersteller und amtlichen Prüfstellen müssen Filter mit identischen Eigenschaften verwendet werden.

7.5.1.2 Filtergröße

Partikelfilter müssen einen Durchmesser von mindestens 47 mm haben (37 mm wirksamen Durchmesser). Filter mit größeren Durchmessern sind zulässig (siehe 7.5.1.5).

7.5.1.3 Primärfilter und Zweitfilter

Der verdünnte Abgasstrom muß bei der Prüfung durch ein Filterpaar von zwei hintereinander liegenden Filtern geleitet werden (ein Primärfilter und ein Zweitfilter). Der Zweitfilter muß in einem Abstand von weniger als 100 mm hinter dem Primärfilter liegen und mit dem Primärfilter nicht in Berührung stehen. Die Filter können entweder getrennt gewogen werden oder als Paar so angeordnet, daß die beaufschlagten Oberflächen aufeinanderliegen.

7.5.1.4 Gasgeschwindigkeit

Die Gasgeschwindigkeit durch das Filter muß zwischen 35 und 80 cm/s betragen. Der Anstieg des Druckverlustes zwischen Anfang und Ende der Prüfung darf nicht mehr als 25 kPa betragen.

7.5.1.5 Filterbeladung

Für das Einfilterverfahren ist eine Filterbeladung von mindestens 465 µg/mm² (0,5 mg/1075 mm²) wirksamer Fläche empfohlen. Für die üblichen Filtergrößen ergeben sich die in Tabelle 4 empfohlenen Werte:

Bei der Verwendung des Mehrfilterverfahrens ist die minimale Filterbeladung der Summe aller Filter das Produkt aus dem entsprechend in Tabelle 4 angegebenen Wert und der Quadratwurzel aus der Gesamtanzahl der Prüfpunkte.

Tabelle 4: Empfohlene Werte für die minimale Filterbeladung

Filterdurchmesser mm	empfohlener wirksamer Durchmesser mm	empfohlene minimale Filterbeladung mg
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

7.5.2 Festlegung für Wägezelle und Analysenwaage

7.5.2.1 Wägeraumbedingungen

Die Temperatur der Wägezelle (oder des Wägeraumes), in dem die Partikelfilter konditioniert und gewogen werden, muß während der gesamten Phase der Konditionierung und Wägung bei 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C) gehalten werden. Die Feuchte muß bei einer Taupunkttemperatur von 282,5 K ± 3 K (9,5 °C ± 3 °C) entsprechend einer relativen Luftfeuchte von 45 % ± 8 % gehalten werden.

7.5.2.2 Referenzfilterwägung

Die Wägezelle oder der Raum muß frei sein von irgendwelchen Umgebungsverschmutzungen (wie Staub), die sich während der Konditionierung auf den Partikelfiltern ablagern könnten. Störungen der Wägeraumbedingungen, wie in 7.5.2.1 ausgeführt, sind erlaubt, wenn die Dauer der Störungen 30 min nicht überschreitet. Der Wägeraum sollte die geforderten Anforderungen erfüllen, bevor das Laborpersonal den Wägeraum betritt. Mindestens zwei ungebrauchte Referenzfilter oder Referenzfilterpaare müssen innerhalb eines Zeitraumes von 4 h, jedoch vorzugsweise zur selben Zeit wie der Probenfilter (bzw. das Probenfilterpaar) gewogen werden. Sie müssen die gleiche Größe haben und aus dem gleichen Material wie die Probenfilter bestehen.

Wenn das Durchschnittsgewicht der Referenzfilter (der Referenzfilterpaare) während der Probenfilterwägungen um mehr als $\pm 5\%$ (bzw. $\pm 7,5\%$ für das Filterpaar) von der empfohlenen Mindestfilterbelastung (siehe 7.5.1.5) abweicht, müssen alle Probenfilter als unbrauchbar angesehen werden, und die Emissionsprüfung muß wiederholt werden.

Wenn die Stabilitätskriterien, wie in 7.5.2.1 für den Wägeraum festgelegt, nicht erfüllt werden, die Wägungen des Referenzfilters bzw. des Referenzfilterpaares jedoch die oben erwähnten Kriterien erfüllen, hat der Motorhersteller die Wahl, die Probenfilterwägungen zu akzeptieren oder die Prüfung für ungültig zu erklären, das Regelungssystem für den Wägeraum zu reparieren und die Prüfung erneut durchzuführen.

7.5.2.3 Analysenwaage

Die Analysenwaage zur Bestimmung aller Filtergewichte muß eine Fehlergrenze (Standardabweichung) von $20\text{ }\mu\text{g}$ und eine Auflösung von $10\text{ }\mu\text{g}$ (1 digit = $10\text{ }\mu\text{g}$) besitzen. Für Filter mit einem Durchmesser kleiner als 70 mm muß die Fehlergrenze und Auflösung $2\text{ }\mu\text{g}$ bzw. $1\text{ }\mu\text{g}$ betragen.

7.5.2.4 Vermeidung von elektrostatischen Einflüssen

Um die Einflüsse statischer Aufladungen zu vermeiden, müssen die Filter vor der Wägung entladen werden, z. B. durch einen Polonium-Strahler oder durch eine Anordnung mit ähnlicher Wirkung.

7.5.3 Zusätzliche Anforderung für die Partikelmessung

Alle Teile des Verdünnungssystems und des Probenentnahmesystems von der Abgasleitung bis zum Filterhalter, die in Verbindung mit dem Rohabgas und dem verdünnten Abgas stehen, müssen so gebaut sein, daß Ablagerungen oder Veränderungen der Partikel weitestgehend ausgeschlossen sind. Alle Bauteile müssen aus elektrisch leitendem Material bestehen, das nicht mit den Komponenten des Abgases chemisch reagiert, und müssen zudem geerdet sein, um elektrostatische Einflüsse zu vermeiden.

8 Kalibrierung der Analysengeräte

8.1 Allgemeines

Um die Genauigkeitsanforderung dieses Teils der EN ISO 8178 zu erfüllen, muß jedes Analysengerät so oft wie notwendig kalibriert werden. In diesem Abschnitt ist das Kalibrierverfahren für die in 7.4.3 beschriebenen Analysatoren festgelegt.

8.2 Kalibriergase

Die Lagerungsdauer von Kalibriergasen muß beachtet werden.

Das Verfallsdatum der Kalibriergase gemäß Herstellerangaben muß protokolliert werden.

8.2.1 Reingase

Die geforderte Reinheit der Gase ist durch die Verunreinigungsgrenze bestimmt, die nachfolgend angegeben ist. Folgende Gase müssen für den Betrieb verfügbar sein:

Reinstickstoff:

(Verunreinigung $\leq 1\text{ ppm C}$, $\leq 1\text{ ppm CO}$,
 $\leq 400\text{ ppm CO}_2$, $\leq 0,1\text{ ppm NO}$)

Reinsauerstoff:

(Reinheitsgrad $> 99,5\%$ Volumenkonzentration O_2)

Wasserstoff-Heliummischung:

($40 \pm 2\%$ Wasserstoff), (Verunreinigung $\leq 1\text{ ppm C}$,
 $\leq 400\text{ ppm CO}$)

Gereinigte synthetische Luft:

(Verunreinigung $\leq 1\text{ ppm C}$, $\leq 1\text{ ppm CO}$,
 $\leq 400\text{ ppm CO}_2$, $\leq 0,1\text{ ppm NO}$)
(Sauerstoff zwischen 18 und 21 % Volumenkonzentration)

8.2.2 Kalibrier- und Prüfgase

Gasmischungen mit der folgenden chemischen Zusammensetzung müssen verfügbar sein:

C_3H_8 und gereinigte synthetische Luft (siehe 8.2.1);

CO und Reinstickstoff;

NO_x und Reinstickstoff (der Volumen- und Massenanteil von NO_2 in diesem Kalibriergas darf den Wert von 5 % des NO -Gehaltes nicht überschreiten);

O_2 und Reinstickstoff;

CO_2 und Reinstickstoff;

CH_4 und gereinigte synthetische Luft;

C_2H_6 und gereinigte synthetische Luft.

ANMERKUNG 9: Andere Gaszusammensetzungen sind erlaubt, vorausgesetzt, die Gase reagieren nicht miteinander.

Der wirkliche Wert für die Konzentration des Kalibrier- und Prüfgases muß innerhalb $\pm 2\%$ vom Nennwert liegen. Konzentrationen von Kalibriergasen müssen auf volumetrische Basis (Volumenanteil oder Volumenkonzentration) bezogen werden.

Gase, die zur Kalibrierung und Bereichseinstellung dienen, können auch mit Hilfe von Gasteilern durch Verdünnung aus Gasen mit gereinigtem Stickstoff oder gereinigter synthetischer Luft hergestellt werden. Die Genauigkeit der Mischeinrichtung muß so beschaffen sein, daß die Konzentrationen der verdünnten Kalibriergase innerhalb von $\pm 2\%$ liegen.

8.3 Betrieb der Analysatoren und des Probenentnahmesystems

Die Benutzung der Analysatoren muß den Vorschriften entsprechen, wie sie der Instrumentenhersteller für die Inbetriebnahme und den Betrieb gibt. Die Mindestanforderungen nach 8.4 bis 8.9 müssen beachtet werden. Für Laborinstrumente wie z. B. GC und HPLC gilt lediglich 8.5.4.

8.4 Prüfung der Dichtheit

Eine Dichtheitsprüfung des Systems muß durchgeführt werden. Die Sonde ist von dem Abgassystem zu trennen und das Ende zu verschließen. Die Pumpe des Analysators ist anzuschalten. Nach einer anfänglichen Stabilisierungsperiode müssen alle Durchflußmeßgeräte den Wert 0 anzeigen. Ist dies nicht der Fall, sind die Leitungen des Probenentnahmesystems zu prüfen und die Fehler zu beseitigen.

Die zulässige Leckagerate auf der Vakuumseite darf 0,5 % der Durchflußrate des zu untersuchenden Teilsystems nicht überschreiten. Der Analysator- und Bypassdurchfluß kann zur Abschätzung der Durchflußrate genutzt werden.

Ein anderes Verfahren besteht in der Beaufschlagung mit Gasen unterschiedlicher Konzentration am Eingang des Sondensystems durch Umschaltung von Nullgas auf Prüfgas. Wenn nach einer entsprechenden Zeit die Ablesung eine im Vergleich zu der eingeführten Konzentration geringeren Konzentrationswert anzeigt, deutet dies auf Kalibrier- oder Dichtheitsprobleme hin.

8.5 Kalibrierverfahren

8.5.1 Meßsystem

Das Meßsystem ist zu kalibrieren, und die Kalibrierkurven sind mit Prüfgasen zu vergleichen. Die Durchflußmengen müssen bei der Abgasmessung und beim Kalibrieren gleich sein.

8.5.2 Aufheizzeit

Für die Aufheizzeit gelten die Empfehlungen des Herstellers. Sofern nichts anderes festgelegt, gilt für die Aufheizzeit der Analysatoren eine Mindestzeit von 2 h.

8.5.3 NDIR- und HFID-Analysatoren

Der NDIR-Analysator ist, soweit erforderlich, einzuregeln und die Flamme des HFID zu optimieren (siehe 8.8.1).

8.5.4 GC und HPLC

Beide Geräte sind entsprechend den Normen für gute Laborpraxis und den Empfehlungen des Geräteherstellers zu kalibrieren.

8.5.5 Kalibrierung

Jeder üblicherweise benutzte Meßbereich ist zu kalibrieren.

Durch Beaufschlagung mit gereinigter synthetischer Luft (oder Stickstoff) sind die Analysatoren für CO, CO₂, NO_x, HC und O₂ auf Null zu justieren.

Die Analysatoren sind mit den entsprechenden Kalibriergasen zu beaufschlagen, die Werte zu protokollieren und die Kalibrierkurve entsprechend 8.5.6 zu erstellen.

Die Null-Einstellung ist erneut zu prüfen und, sofern notwendig, das Kalibrierverfahren zu wiederholen.

8.5.6 Erstellung der Kalibrierkurve

8.5.6.1 Allgemeines

Die Kalibrierkurve des Analysators muß aus mindestens 5 Kalibrierpunkten (zusätzlich zum Null-Punkt) mit möglichst gleichen Abständen erstellt werden. Der höchste Wert der nominalen Konzentration muß mindestens 90 % des Vollausschlages betragen.

Die Kalibrierkurve wird nach dem Verfahren der kleinsten Quadrate berechnet. Wenn der Grad des sich ergebenden Polynoms größer als 3 ist, muß die Anzahl der Kalibrierpunkte (einschließlich des Nullpunktes) mindestens gleich dem Wert des Grades des Polynoms plus zwei sein.

Die Kalibrierkurve darf nicht mehr als $\pm 2\%$ vom Nennwert eines jeden Kalibrierpunktes abweichen und nicht mehr als $\pm 1\%$ des Vollausschlages bei Null.

Aus der Kalibrierkurve und den Kalibrierpunkten kann festgestellt werden, ob die Kalibrierung ordnungsgemäß durchgeführt wurde. Die charakteristischen Daten des Analysators müssen protokolliert werden. Insbesondere:

- der Meßbereich
- die Empfindlichkeit
- das Datum der Kalibrierung

8.5.6.2 Kalibrierung für einen Bereich unterhalb 15 % des Vollausschlages

Die Kalibrierkurve für den Analysator muß aus mindestens 10 Kalibrierpunkten (der Nullpunkt ist ausgenommen) erstellt werden, wobei die Abstände so zu wählen sind, daß 50 %

der Kalibrierpunkte unterhalb von 10 % des Vollausschlages des Gerätes liegen.

Die Kalibrierkurve wird nach dem Verfahren der kleinsten Quadrate berechnet.

Die Kalibrierkurve darf bei keinem Kalibrierpunkt um mehr als $\pm 4\%$ von dem jeweiligen Nennwert und nicht mehr als $\pm 1\%$ des Vollausschlages bei Null abweichen.

8.5.6.3 Alternative Verfahren

Wenn nachgewiesen wird, daß ein anderes technisches Verfahren (z.B. Rechner, elektronische Bereichsumschaltung usw.) zu Ergebnissen mit gleicher Genauigkeit führen, dürfen diese Verfahren angewendet werden.

8.6 Nachprüfung der Kalibrierung

Jeder in Frage kommende Meßbereich muß vor jeder Analyse nach dem nachfolgend genannten Verfahren geprüft werden.

Die Kalibrierung ist unter Benutzung eines Nullgases und eines Prüfgases zu prüfen, dessen Nennwert mehr als 80 % des Meßbereichsendwertes beträgt.

Wenn der Wert, der für die zwei betrachteten Punkte ermittelt wurde, um nicht mehr als $\pm 4\%$ des Vollausschlages von dem genannten Referenzwert abweicht, dürfen Einstellparameter justiert werden. Sollte dies nicht der Fall sein, muß eine neue Kalibrierkurve nach 8.5.6 erstellt werden.

8.7 Wirkungsgradprüfung des NO_x-Konverters

Der Wirkungsgrad des Konverters, der für die Umsetzung von NO₂ in NO benutzt wird, ist nach 8.7.1 bis 8.7.8 (siehe Bild 1) zu prüfen.

8.7.1 Prüfanordnung

Unter Benutzung der Prüfanordnung nach Bild 1 (siehe auch 7.4.3.6) kann der Wirkungsgrad des Konverters mit einem Ozongenerator durch das nachfolgend beschriebene Verfahren geprüft werden.

8.7.2 Kalibrierung

Die CLD- und HCLD-Analysatoren müssen nach Angaben des Herstellers in dem am häufigsten vorkommenden Meßbereich kalibriert werden. Es müssen Null- und Prüfgas benutzt werden, wobei der NO-Gehalt des Prüfgases bei 80 % des Meßbereiches und die NO₂-Konzentration der Gasmischung weniger als 5 % der NO-Konzentration betragen soll. Der NO_x-Analysator muß in Stellung "NO" stehen, damit kein Prüfgas durch den Konverter strömt. Der angezeigte Wert der Konzentration muß protokolliert werden.

8.7.3 Berechnung des Wirkungsgrades

Der Wirkungsgrad des NO_x-Konverters ist wie folgt zu berechnen:

$$\text{Wirkungsgrad (\%)} = \left(1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

Dabei ist:

- a NO_x-Konzentration nach 8.7.6
- b NO_x-Konzentration nach 8.7.7
- c NO-Konzentration nach 8.7.4
- d NO-Konzentration nach 8.7.5

8.7.4 Zugabe von Sauerstoff

Über ein T-Stück wird kontinuierlich Sauerstoff oder Nullgas in den Gasstrom gegeben, bis die Konzentration einen Wert erreicht hat, der ungefähr 20 % unter der angezeigten Kalibrierkonzentration nach 8.7.2 liegt. (Der Analysator ist in der Stellung "NO".)

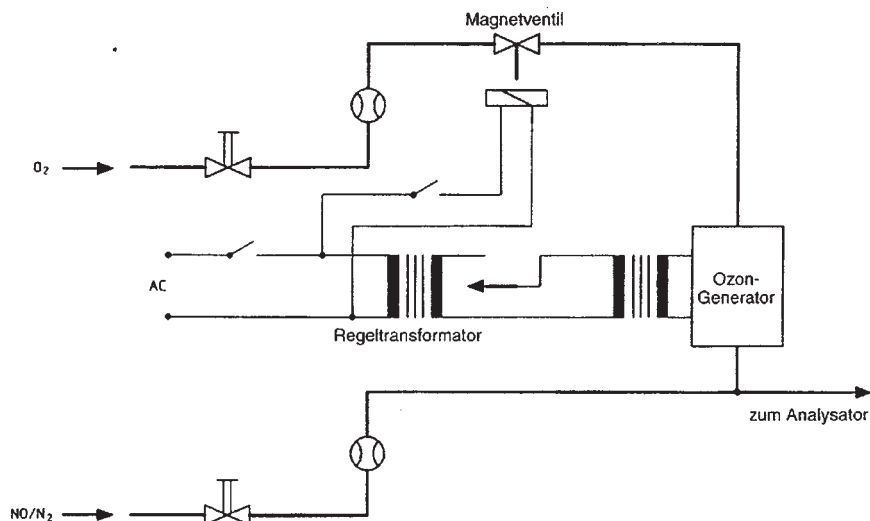


Bild 1: Schematischer Aufbau der Prüfanordnung für den NO₂-Konverter

Der angezeigte Konzentrationswert c muß protokolliert werden.

Der Ozongenerator ist während dieses Ablaufes außer Betrieb.

8.7.5 Aktivierung des Ozongenerators

Der Ozongenerator wird nun in Betrieb gesetzt, um genügend Ozon zu erzeugen und die NO-Konzentration auf etwa 20 % (Mindestwert 10 %) der Kalibrierkonzentration nach 8.7.2 herabzusetzen. Der angezeigte Konzentrationswert d muß protokolliert werden. (Der Analysator ist in der Stellung "NO".)

8.7.6 Stellung "NO_x"

Der NO-Analysator wird danach in die Stellung "NO_x" geschaltet, so daß die Gas Mischung (bestehend aus NO, NO₂, O₂ und N₂) nun durch den Konverter strömt. Der angezeigte Konzentrationswert a muß protokolliert werden. (Der Analysator ist in der Stellung "NO_x".)

8.7.7 Abschaltung des Ozongenerators

Der Ozongenerator wird nun außer Betrieb gesetzt. Die Gas Mischung, wie in 8.7.6 beschrieben, strömt durch den Konverter in das Anzeigegerät. Der angezeigte Konzentrationswert b muß protokolliert werden. (Der Analysator ist in der Stellung "NO_x".)

8.7.8 Stellung "NO"

Wenn der Analysator in die Stellung "NO" geschaltet wird, wobei der Ozongenerator außer Betrieb ist, wird auch der Zustrom von Sauerstoff oder synthetischer Luft abgeschaltet. Die Ablesung von NO_x am Analysator darf nicht mehr als $\pm 5\%$ von dem Wert abweichen, der nach dem in 8.7.2 gegebenen Verfahren gemessen wurde. (Der Analysator ist in der Stellung "NO".)

8.7.9 Prüfintervall

Der Wirkungsgrad des Konverters muß vor jeder Kalibrierung des NO_x-Analysators geprüft werden.

8.7.10 Erforderlicher Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad des Konverters darf nicht kleiner als 90 % sein, jedoch wird ein Wirkungsgrad von über 95 % dringend empfohlen.

Wenn der NO_x-Konverter beim Betrieb des Analysators in dem am häufigsten benutzten Bereich eine Reduktion von 80 % auf 20 % nach 8.7.2 nicht erreicht, muß der größte Bereich benutzt werden, mit dem diese Reduktion zu erreichen ist.

8.8 Justierung des FID-Gerätes

8.8.1 Optimierung der Detektor-Empfindlichkeit

Der FID muß nach den Angaben des Instrumentenherstellers justiert werden. Um die Empfindlichkeit für den am häufigsten vorkommenden Betriebsbereich zu optimieren, sollte ein Propan-Luft-Gemisch benutzt werden.

Nach Einstellung der Brenngase und Luftströme entsprechend den Empfehlungen des Herstellers wird, abhängig vom Meßbereich, zum Beispiel ein (350 ± 75) ppmC Prüfgas in den Analysator eingeleitet. Die Empfindlichkeit für einen gegebenen Brenngasstrom ist aus der Differenz zwischen dem Ausgangssignal des Prüfgases und des Nullgases zu ermitteln. Der Brenngasstrom muß stufenweise auf Werte oberhalb und unterhalb der Angaben des Herstellers eingestellt werden. Das Prüfsignal und das Nullsignal bei diesen Brenngasströmen müssen protokolliert werden. Die Differenz zwischen dem Prüf- und Nullsignal muß aufgezeichnet und der Brenngasstrom auf Werte oberhalb der Kurve ("fetter Bereich") eingestellt werden.

8.8.2 Kohlenwasserstoff-Responsfaktor

Der Analysator muß nach 8.5 mit einem Propan-Luft-Gemisch und gereinigter synthetischer Luft kalibriert werden.

Die Responsfaktoren müssen bei Inbetriebnahme oder nach größeren Wartungsarbeiten oder Reparaturen des Analysators ermittelt werden. Die Responsfaktoren (R_f) für eine bestimmte Kohlenwasserstoffart sind das Verhältnis der FID-C1-Anzeige zu der nominellen Gaskonzentration, ausgedrückt in ppm C1.

Die Konzentration des Prüfgases muß so hoch liegen, daß sich ein Ausgangssignal von ungefähr 80 % des Vollausschlages ergibt. Die Konzentration des Prüfgases muß mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ Volumen, bezogen auf ein gravimetrisches Normal, bekannt sein. Zusätzlich muß das Prüfgas vorher für 24 Stunden bei einer Temperatur von $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$) konditioniert werden.

Die folgenden Prüfgase müssen benutzt werden, wobei die Einhaltung der aufgeführten Responsfaktorbereiche empfohlen wird:

- Methan und gereinigte synthetische Luft $1,00 \leq R_f \leq 1,15$
- Propylen und gereinigte synthetische Luft $0,90 \leq R_f \leq 1,1$
- Toluol und gereinigte synthetische Luft $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Diese Werte sind relativ bezogen auf den Responsfaktor (R_f) von 1 für Propan in gereinigter synthetischer Luft.