

**RICHTLINIE 2002/88/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES**

**vom 9. Dezember 2002**

**zur Änderung der Richtlinie 97/68/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte**

DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT  
DER EUROPÄISCHEN UNION —

gestützt auf den Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, insbesondere auf Artikel 95,

auf Vorschlag der Kommission <sup>(1)</sup>,

nach Stellungnahme des Wirtschafts- und Sozialausschusses <sup>(2)</sup>,

nach Anhörung des Ausschusses der Regionen,

gemäß dem Verfahren des Artikels 251 des Vertrags <sup>(3)</sup>,

in Erwägung nachstehender Gründe:

- (1) Bei dem Auto-Öl-Programm II handelte es sich um ein Programm zur Ermittlung kostenwirksamer Strategien für die Einhaltung der Luftqualitätsziele der Gemeinschaft. In ihrer Mitteilung „Bericht über das Programm Auto-Öl-II“ kam die Kommission zu dem Schluss, dass insbesondere in Bezug auf Ozon und Partikelemissionen weitere Maßnahmen erforderlich sind. Die jüngsten Arbeiten zur Festlegung nationaler Emissionshöchstwerte haben deutlich gemacht, dass auch zur Einhaltung der in den Rechtsvorschriften der Gemeinschaft festgelegten Luftqualitätsziele weitere Maßnahmen erforderlich sind.
- (2) Für die Emissionen von Straßenfahrzeugen wurden schrittweise strenge Vorschriften eingeführt. Eine weitere Verschärfung dieser Vorschriften ist bereits beschlossen. Daher kommt dem relativen Beitrag der Schadstoffe mobiler Maschinen an den Gesamtemissionen in der Zukunft eine größere Bedeutung zu.
- (3) In der Richtlinie 97/68/EG <sup>(4)</sup> wurden Emissionsgrenzwerte für gas- und partikelförmige Schadstoffe von Verbrennungsmotoren, die in mobilen Maschinen eingesetzt werden, festgelegt.

(4) Der Anwendungsbereich der Richtlinie 97/68/EG wurde zwar zunächst auf bestimmte Kompressionszündungsmotoren beschränkt, in Erwägungsgrund 5 jener Richtlinie ist jedoch eine spätere Erweiterung des Anwendungsbereichs insbesondere auf Benzinmotoren vorgesehen.

(5) Die Emissionen kleinerer Fremdzündungsmotoren (Benzinmotoren) in verschiedenen Maschinentypen tragen erheblich zu den derzeitigen und künftigen Luftqualitätsproblemen, insbesondere zur Ozonbildung, bei.

(6) In den USA unterliegen die Emissionen von Fremdzündungsmotoren bereits strengen Umweltvorschriften. Es hat sich somit gezeigt, dass es möglich ist, diese Emissionen erheblich zu vermindern.

(7) Ohne gemeinschaftliche Rechtsvorschriften in diesem Bereich ist nicht nur das Inverkehrbringen von umwelttechnisch veralteten Motoren möglich, was sich nachteilig auf die Einhaltung der Luftqualitätsziele in der Gemeinschaft auswirken würde, sondern auch die Anwendung entsprechender einzelstaatlicher Vorschriften, was zu Handelshemmnissen führen könnte.

(8) Die Richtlinie 97/68/EG lehnt sich eng an die entsprechenden US-Rechtsvorschriften an, und eine weitere Angleichung ist sowohl für die Industrie als auch für die Umwelt von Vorteil.

(9) Die europäische Industrie, insbesondere Hersteller, die ihre Erzeugnisse noch nicht auf dem Weltmarkt anbieten, brauchen eine zusätzliche Vorlaufzeit, um die Emissionsvorschriften einhalten zu können.

(10) Sowohl in der Richtlinie 97/68/EG für Kompressionszündungsmotoren als auch in den US-Vorschriften für Fremdzündungsmotoren ist ein zweistufiger Ansatz vorgesehen. Ein einstufiger Ansatz wäre für die Rechtsvorschriften der Gemeinschaft zwar denkbar gewesen, hätte jedoch eine Verzögerung der Reglementierung dieses Bereichs um weitere vier bis fünf Jahre zur Folge gehabt.

(11) Im Interesse der erforderlichen Flexibilität für eine weltweite Angleichung wurde die Möglichkeit einer nach dem Ausschussverfahren vorzunehmenden Ausnahmeregelung aufgenommen.

<sup>(1)</sup> ABl. C 180 E vom 26.6.2001, S. 31.

<sup>(2)</sup> ABl. C 260 vom 17.9.2001, S. 1.

<sup>(3)</sup> Stellungnahme des Europäischen Parlaments vom 2. Oktober 2001 (AbI. C 87 E vom 11.4.2002, S. 18), Gemeinsamer Standpunkt des Rates vom 25. März 2002 (AbI. C 145 E vom 18.6.2002, S. 17) und Beschluss des Europäischen Parlaments vom 2. Juli 2002 (noch nicht im Amtsblatt veröffentlicht).

<sup>(4)</sup> ABl. L 59 vom 27.2.1998, S. 1. Geändert durch die Richtlinie 2001/63/EG der Kommission (AbI. L 227 vom 23.8.2001, S. 41).

(12) Die zur Durchführung dieser Richtlinie erforderlichen Maßnahmen sollten gemäß dem Beschluss 1999/468/EG des Rates vom 28. Juni 1999 zur Festlegung der Modalitäten für die Ausübung der der Kommission übertragenen Durchführungsbefugnisse <sup>(1)</sup> erlassen werden.

(13) Die Richtlinie 97/68/EG sollte entsprechend geändert werden —

HABEN FOLGENDE RICHTLINIE ERLASSEN:

### Artikel 1

Die Richtlinie 97/68/EG wird wie folgt geändert:

1) Artikel 2 wird wie folgt geändert:

a) Der achte Gedankenstrich erhält folgende Fassung:

„— ‚Inverkehrbringen‘ die entgeltliche oder unentgeltliche erstmalige Bereitstellung eines Motors auf dem Markt zur Lieferung und/oder Benutzung in der Gemeinschaft;“

b) Die folgenden Gedankenstriche werden hinzugefügt:

„— ‚Austauschmotor‘ einen neu gebauten Motor, der zum Austausch eines Motors in einer Maschine bestimmt ist und nur für diesen Zweck geliefert wurde;

— ‚handgehaltener Motor‘ einen Motor, der mindestens eine der folgenden Anforderungen erfüllt:

a) Der Motor muss in einem Gerät verwendet werden, das vom Bediener während der gesamten Ausübung der Funktion(en), für die es bestimmt ist, getragen wird;

b) der Motor muss in einem Gerät verwendet werden, das zur Ausübung der Funktion(en), für die es bestimmt ist, in verschiedenen Stellungen arbeitet, z. B. nach oben, nach unten oder nach der Seite;

c) der Motor muss in einem Gerät verwendet werden, bei dem das Trockengewicht von Motor und Gerät zusammen genommen weniger als 20 Kilogramm beträgt und das außerdem mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist:

i) Der Bediener muss das Gerät während der Ausübung der Funktion(en), für die es bestimmt ist, entweder halten oder tragen;

ii) der Bediener muss das Gerät während der Ausübung der Funktion(en), für die es bestimmt ist, halten oder führen;

iii) der Motor muss in einem Generator oder in einer Pumpe verwendet werden;

— ‚nicht handgehaltener Motor‘ einen Motor, der nicht unter die Definition eines handgehaltenen Motors fällt;

— ‚zum gewerblichen Einsatz in verschiedenen Stellungen verwendbarer handgehaltener Motor‘ einen handgehaltenen Motor, der die Anforderungen der Buchstaben a) und b) der Definition handgehaltenen Motor erfüllt und für den der Motorenhersteller der Genehmigungsbehörde gegenüber nachgewiesen hat, dass für den Motor eine Dauerhaltbarkeitsperiode der Kategorie 3 (nach Anhang IV Anlage 4 Abschnitt 2.1) gilt;

— ‚Dauerhaltbarkeitsperiode‘ die Zahl der Stunden, die in Anhang IV Anlage 4 für die Ermittlung der Verschlechterungsfaktoren angegeben ist;

— ‚kleine Serie einer Motorenfamilie‘ eine Fremdzündungsmotoren-Familie, bei der das gesamte Jahresproduktionsvolumen weniger als 5 000 Einheiten beträgt;

— ‚Hersteller kleiner Serien von Fremdzündungsmotoren‘ einen Hersteller, dessen gesamtes Jahresproduktionsvolumen weniger als 25 000 Einheiten beträgt.“

2) Artikel 4 wird wie folgt geändert:

a) Absatz 2 wird wie folgt geändert:

i) In Satz 1 wird „Anhang VI“ ersetzt durch „Anhang VII“;

ii) in Satz 2 wird „Anhang VII“ ersetzt durch „Anhang VIII“.

b) Absatz 4 wird wie folgt geändert:

i) unter Buchstabe a) wird „Anhang VIII“ ersetzt durch „Anhang IX“;

ii) unter Buchstabe b) wird „Anhang IX“ ersetzt durch „Anhang X“.

c) In Absatz 5 wird „Anhang X“ ersetzt durch „Anhang XI“.

3) Artikel 7 Absatz 2 erhält folgende Fassung:

„(2) Die Mitgliedstaaten erkennen die in Anhang XII aufgeführten Typpergenehmigungen und gegebenenfalls die entsprechenden Genehmigungszeichen als mit dieser Richtlinie übereinstimmend an.“

4) Artikel 9 wird wie folgt geändert:

a) Die Überschrift „Zeitplan“ wird ersetzt durch die Überschrift „Zeitplan-Kompressionszündungsmotoren“.

<sup>(1)</sup> ABL L 184 vom 17.7.1999, S. 23.

- b) Unter Nummer 1 wird „Anhang VI“ ersetzt durch „Anhang VII“.
- c) Nummer 2 wird wie folgt geändert:
- i) „Anhang VI“ wird ersetzt durch „Anhang VII“.
- ii) „Anhang I Abschnitt 4.2.1“ wird ersetzt durch „Anhang I Abschnitt 4.1.2.1“.
- d) Nummer 3 wird wie folgt geändert:
- i) „Anhang VI“ wird ersetzt durch „Anhang VII“.
- ii) „Anhang I Nummer 4.2.3“ wird ersetzt durch „Anhang I Abschnitt 4.1.2.3“.
- e) Unter Nummer 4 erster Absatz werden die Worte „das Inverkehrbringen neuer Motoren“ ersetzt durch „das Inverkehrbringen von Motoren“.
- 5) Folgender Artikel wird eingefügt:

„Artikel 9a

#### **Zeitplan — Fremdzündungsmotoren**

##### 1. UNTERTEILUNG IN KLASSEN

Für die Zwecke dieser Richtlinie werden Fremdzündungsmotoren in die folgenden Klassen unterteilt:

Hauptklasse S: Kleinere Motoren mit einer Nutzleistung von  $\leq 19$  kW

Die Hauptklasse S wird in zwei Kategorien unterteilt:

H: Motoren für handgehaltene Maschinen

N: Motoren für nicht handgehaltene Maschinen

Klasse/Kategorie	Hubraum (Kubikzentimeter)
Handgehaltene Motoren Klasse SH:1	< 20
Klasse SH:2	$\geq 20$ < 50
Klasse SH:3	$\geq 50$
Nicht handgehaltene Motoren Klasse SN:1	< 66
Klasse SN:2	$\geq 66$ < 100
Klasse SN:3	$\geq 100$ < 225
Klasse SN:4	$\geq 225$

##### 2. ERTEILUNG VON TYPGENEHMIGUNGEN

Ab dem 11. August 2004 dürfen die Mitgliedstaaten weder die Typgenehmigung für einen Fremdzündungs-Motortyp oder eine Motorenfamilie oder die Ausstellung des Dokuments gemäß Anhang VII verweigern noch im Zusammenhang mit der Typgenehmigung weitere der Bekämpfung der luftverunreinigenden Emissionen dienende Anforderungen an mobile Maschinen und Geräte, in die ein Motor eingebaut ist, vorschreiben, wenn der Motor die Anforderungen dieser Richtlinie in Bezug auf die Abgasemissionen erfüllt.

##### 3. TYPGENEHMIGUNGEN STUFE I

Ab dem 11. August 2004 verweigern die Mitgliedstaaten die Erteilung der Typgenehmigung für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie und die Ausstellung des Dokuments gemäß Anhang VII sowie die Erteilung anderer Typgenehmigungen für mobile Maschinen und Geräte, in die ein Motor eingebaut ist, wenn der Motor die Anforderungen dieser Richtlinie nicht erfüllt und seine Abgasemissionen die Grenzwerte der Tabelle in Anhang I Abschnitt 4.2.2.1 nicht einhalten.

##### 4. TYPGENEHMIGUNGEN STUFE II

Die Mitgliedstaaten verweigern

ab dem 1. August 2004 für die Motorklassen SN:1 und SN:2

ab dem 1. August 2006 für die Motorklasse SN:4

ab dem 1. August 2007 für die Motorklassen SH:1, SH:2 und SN:3

ab dem 1. August 2008 für die Motorklasse SH:3

die Erteilung der Typgenehmigung für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie und die Ausstellung des Dokuments gemäß Anhang VII sowie die Erteilung anderer Typgenehmigungen für mobile Maschinen und Geräte, in die ein Motor eingebaut ist, wenn der Motor die Anforderungen dieser Richtlinie nicht erfüllt und seine Abgasemissionen die Grenzwerte der Tabelle in Anhang I Abschnitt 4.2.2.2 nicht einhalten.

##### 5. INVERKEHRBRINGEN: MOTORHERSTELLUNGSDATUM

Mit Ausnahme von Maschinen und Motoren, die für die Ausfuhr in Drittländer bestimmt sind, erlauben die Mitgliedstaaten sechs Monate nach den in den Absätzen 3 und 4 für die jeweilige Motorkategorie festgelegten Terminen das Inverkehrbringen von in die Maschinen bereits eingebauten oder nicht eingebauten Motoren nur, wenn sie die Anforderungen dieser Richtlinie erfüllen.

#### 6. KENNZEICHNUNG BEI VORZEITIGER ERFÜLLUNG DER ANFORDERUNGEN VON STUFE II

Die Mitgliedstaaten gestatten für Motortypen oder Motorfamilien, die den Grenzwerten der Tabelle in Anhang I Abschnitt 4.2.2.2 schon vor den in Absatz 4 aufgeführten Terminen entsprechen, eine besondere Kennzeichnung, aus der hervorgeht, dass die betreffenden Maschinen und Geräte den vorgeschriebenen Grenzwerten bereits vor den festgelegten Terminen entsprechen.

#### 7. AUSNAHMEN

Folgende Maschinen und Geräte sind von der Einhaltung der Termine bezüglich der Emissionsgrenzwertanforderungen der Stufe II für einen Zeitraum von drei Jahren nach Inkrafttreten der genannten Emissionsgrenzwertanforderungen ausgenommen; für diese drei Jahre gelten weiterhin die Emissionsgrenzwertanforderungen der Stufe I:

- handgehaltene Kettensäge: ein handgehaltenes Gerät zum Schneiden von Holz mit einer Sägekette, das mit zwei Händen geführt wird und einen Hubraum von mehr als 45 cm<sup>3</sup> besitzt, in Übereinstimmung mit der Norm EN ISO 11681-1;
- Maschine mit oben angebrachtem Griff (d. h. handgehaltene Bohrer und Kettensägen zur Baumbeschneidung): ein handgehaltenes Gerät mit oben angebrachtem Griff zum Bohren von Löchern oder zum Schneiden von Holz mit einer Sägekette, in Übereinstimmung mit der Norm ISO 11681-2;
- handgehaltener Freischneider mit Verbrennungsmotor: ein handgehaltenes Gerät mit einer rotierenden Klinge aus Metall oder Kunststoff zum Schneiden von Unkraut, Gebüsch, kleinen Bäumen und ähnlichen Pflanzen; es muss sich entsprechend der Norm EN ISO 11806 in mehreren Positionen betreiben lassen, wie beispielsweise horizontal oder nach unten gekehrt, und einen Hubraum von mehr als 40 cm<sup>3</sup> besitzen;
- handgehaltener Heckenschneider: ein handgehaltenes Gerät zum Beschneiden von Hecken und Büschen mit einem Schneidmesser oder mehreren hin- und hergehenden Schneidmessern, in Übereinstimmung mit der Norm EN 774;
- handgehaltene Schneidmaschine mit Verbrennungsmotor: ein handgehaltenes Gerät zum Schneiden von hartem Material wie Stein, Asphalt, Beton oder Stahl mit einem rotierenden Metallschneideblatt und einem Hubraum von mehr als 50 cm<sup>3</sup>, in Übereinstimmung mit der Norm EN 1454;
- nicht handgehaltene Motoren der Klasse SN:3 mit horizontaler Welle: nur solche nicht handgehaltenen Motoren der Klasse SN:3 mit horizontaler Welle und einer Leistung von bis zu 2,5 kW, die hauptsächlich für ausgewählte industrielle Zwecke eingesetzt werden, einschließlich Fräsen, Rollenschneidmaschinen, Rasenbelüfter und Generatoren.

#### 8. FRIST FÜR DIE FAKULTATIVE ERFÜLLUNG

Bei Motoren, deren Herstellungsdatum vor den in den Absätzen 3, 4 und 5 aufgeführten Terminen liegt, können die Mitgliedstaaten jedoch bei jeder Kategorie den Zeitpunkt für die Erfüllung der vorgenannten Anforderungen um zwei Jahre verschieben.“

#### 6) Artikel 10 wird wie folgt geändert:

##### a) Absatz 1 erhält folgende Fassung:

„(1) Die Anforderungen von Artikel 8 Absätze 1 und 2, Artikel 9 Absatz 4 und Artikel 9a Absatz 5 gelten nicht

— für Motoren, die von den Streitkräften benutzt werden sollen,

— nach den Absätzen 1a und 2 ausgenommene Motoren.“

##### b) Der folgende Absatz wird angefügt:

„(1a) Ein Austauschmotor muss den Grenzwerten entsprechen, die von dem zu ersetzenden Motor beim ersten Inverkehrbringen einzuhalten waren. Die Bezeichnung ‚AUSTAUSCHMOTOR‘ wird auf einem an dem Motor angebrachten Schild oder als Hinweis in das Benutzerhandbuch aufgenommen.“

##### c) Die folgenden Absätze werden angefügt:

„(3) Die Erfüllung der Anforderungen von Artikel 9a Absätze 4 und 5 wird für Motorenhersteller kleiner Serien um drei Jahre verschoben.

(4) Die Anforderungen von Artikel 9a Absätze 4 und 5 werden für Motorenfamilien kleiner Serien bis maximal 25 000 Einheiten durch die entsprechenden Anforderungen der Stufe I ersetzt, vorausgesetzt, dass die einzelnen Motorenfamilien alle unterschiedliche Hubräume haben.“

#### 7) Artikel 14 und 15 werden durch folgende Artikel ersetzt:

„Artikel 14

#### **Anpassung an den technischen Fortschritt**

Alle Änderungen zur Anpassung der Anhänge dieser Richtlinie an den technischen Fortschritt, mit Ausnahme der Anforderungen in Anhang I Abschnitt 1, Abschnitte 2.1 bis 2.8 und Abschnitt 4, werden von der Kommission nach dem Verfahren des Artikels 15 Absatz 2 erlassen.

Artikel 14a

#### **Ausnahmeregelungen**

Die Kommission prüft, ob etwaige technische Probleme auftreten, die die Einhaltung der Anforderungen der Stufe

II bei bestimmten Einsatzgebieten der Motoren, insbesondere bei mobilen Maschinen und Geräten, in die Motoren der Klassen SH:2 und SH:3 eingebaut sind, erschweren. Stellt die Kommission bei der Prüfung fest, dass aus technischen Gründen bestimmte mobile Maschinen und Geräte, insbesondere die zum gewerblichen Einsatz in verschiedenen Stellungen verwendbaren handgehaltenen Motoren, diese Termine nicht einhalten können, legt sie nach dem Verfahren des Artikels 15 Absatz 2 bis zum 31. Dezember 2003 einen Bericht zusammen mit geeigneten Vorschlägen für Verlängerungen des in Artikel 9a Absatz 7 genannten Zeitraums und/oder für weitere Ausnahmeregelungen vor, die für solche Maschinen und Geräte, außer in Ausnahmefällen, maximal fünf Jahre gelten dürfen.

#### Artikel 15

#### Ausschuss

(1) Die Kommission wird von dem Ausschuss für die Anpassung der Richtlinien über die Beseitigung der technischen Handelshemmnisse bei Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt (nachstehend „Ausschuss“ genannt) unterstützt.

(2) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gelten die Artikel 5 und 7 des Beschlusses 1999/468/EG (\*) unter Beachtung von dessen Artikel 8.

Der Zeitraum nach Artikel 5 Absatz 6 des Beschlusses 1999/468/EG wird auf drei Monate festgesetzt.

(3) Der Ausschuss gibt sich eine Geschäftsordnung.

(\*) ABl. L 184 vom 17.7.1999, S. 23.“

8) Vor den Anhängen wird folgendes Verzeichnis der Anhänge eingefügt:

„Verzeichnis der Anhänge

ANHANG I	Anwendungsbereich, Begriffsbestimmungen, Symbole und Abkürzungen, Kennzeichnung der Motoren, Vorschriften und Prüfungen, Vorschriften zur Bewertung der Übereinstimmung der Produktion, Kenndaten für die Festlegung der Motorenfamilie, Auswahl des Stammmotors
ANHANG II	Beschreibungsbogen
Anlage 1	Wesentliche Merkmale des (Stamm-)Motors
Anlage 2	Wesentliche Merkmale der Motorfamilie
Anlage 3	Wesentliche Merkmale der Motortypen in der Motorfamilie

ANHANG III	Prüfverfahren für Kompressionszündungsmotoren
Anlage 1	Mess- und Probenahmeverfahren
Anlage 2	Kalibrierung der Analysegeräte
Anlage 3	Auswertung der Messwerte und Berechnungen
ANHANG IV	Prüfverfahren für Fremdzündungsmotoren
Anlage 1	Mess- und Probenahmeverfahren
Anlage 2	Kalibrierung der Analysegeräte
Anlage 3	Auswertung der Messwerte und Berechnungen
Anlage 4	Verschlechterungsfaktoren
ANHANG V	Technische Daten des Bezugskraftstoffs für die Genehmigungsprüfungen und die Überprüfung der Übereinstimmung der Produktion Bezugskraftstoff für Kompressionszündungsmotoren mobiler Maschinen und Geräte
ANHANG VI	Analyse- und Probenahmesystem
ANHANG VII	Typgenehmigungsbogen
Anlage 1	Prüfergebnisse für Kompressionszündungsmotoren
Anlage 2	Prüfergebnisse für Fremdzündungsmotoren
Anlage 3	Ausrüstungen und Hilfseinrichtungen, die bei der Prüfung zur Bestimmung der Motorleistung zu installieren sind
ANHANG VIII	Nummerierungsschema für Genehmigungsbögen
ANHANG IX	Aufstellung erteilter Typgenehmigungen für den Motor/die Motorenfamilie
ANHANG X	Aufstellung der hergestellten Motoren
ANHANG XI	Datenblatt für Motoren mit Typgenehmigung
ANHANG XII	Anerkennung alternativer Typgenehmigungen“
9)	Die Anhänge werden entsprechend dem Anhang dieser Richtlinie geändert.

*Artikel 2*

(1) Die Mitgliedstaaten setzen die Rechts- und Verwaltungsvorschriften in Kraft, die erforderlich sind, um dieser Richtlinie bis zum 11. August 2004 nachzukommen. Sie setzen die Kommission unverzüglich davon in Kenntnis.

Wenn die Mitgliedstaaten derartige Vorschriften erlassen, nehmen sie in den Vorschriften selbst oder durch einen Hinweis bei der amtlichen Veröffentlichung auf diese Richtlinie Bezug. Die Mitgliedstaaten regeln die Einzelheiten der Bezugnahme.

(2) Die Mitgliedstaaten teilen der Kommission den Wortlaut der wichtigsten innerstaatlichen Rechtsvorschriften mit, die sie auf dem unter diese Richtlinie fallenden Gebiet erlassen.

*Artikel 3*

Spätestens am 11. August 2004 legt die Kommission dem Europäischen Parlament und dem Rat einen Bericht und gegebenenfalls einen Vorschlag in Bezug auf die potenziellen Kosten und den potenziellen Nutzen sowie die Machbarkeit der folgenden Maßnahmen vor:

- a) Verringerung der Partikelemissionen von kleinen Fremdzündungsmotoren unter besonderer Berücksichtigung von Zweitaktmotoren. In dem Bericht wird insbesondere Folgendes berücksichtigt:
  - i) Abschätzung des Beitrags dieser Motoren zu den Partikelemissionen und möglicher Beitrag der vorgeschlagenen Emissionsminderungsmaßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität und zur Verringerung gesundheitlicher Auswirkungen;
  - ii) Prüfungen und Messverfahren sowie entsprechende Ausrüstungen, die zur Ermittlung der Partikelemissionen von kleinen Fremdzündungsmotoren im Typgenehmigungsverfahren verwendet werden könnten;

- iii) Arbeiten innerhalb des Partikelmessprogramms und entsprechende Schlussfolgerungen;
- iv) Weiterentwicklungen bei Prüfverfahren, Motorentechnologie und Abgasreinigung sowie verschärfte Normen für Kraftstoffe und Motoröl;
- v) Kosten der Senkung der Partikelemissionen von kleinen Fremdzündungsmotoren und Kostenwirksamkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen;
- b) Verminderung der Emissionen von Freizeitfahrzeugen, einschließlich Motorschlitten und Go-Carts, die derzeit nicht erfasst werden;
- c) Verminderung der Abgas- und Partikelemissionen von kleinen Kompressionszündungsmotoren unter 18 kW;
- d) Verminderung der Abgas- und Partikelemissionen von Kompressionszündungsmotoren in Lokomotiven. Für die Messung dieser Emissionen sollte ein Prüfzyklus entwickelt werden.

*Artikel 4*

Diese Richtlinie tritt am Tag ihrer Veröffentlichung im *Amtsblatt der Europäischen Union* in Kraft.

*Artikel 5*

Diese Richtlinie ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

Geschehen zu Brüssel am 9. Dezember 2002.

*Im Namen des Europäischen  
Parlaments  
Der Präsident  
P. COX*

*Im Namen des Rates  
Der Präsident  
H. C. SCHMIDT*

## ANHANG

## 1. Anhang I wird wie folgt geändert:

## a) Abschnitt 1 „ANWENDUNGSBEREICH“ Satz 1 erhält folgende Fassung:

„Diese Richtlinie gilt für Motoren zum Einbau in mobile Maschinen und Geräte und für Hilfsmotoren, die in Fahrzeuge eingebaut sind, die für die Beförderung von Personen oder Gütern auf der Straße bestimmt sind.“

## b) Abschnitt 1 Buchstaben A, B, C, D und E erhalten folgende Fassung:

„A. Die Maschinen und Geräte müssen dafür bestimmt und geeignet sein, sich auf oder abseits einer Straße fortzubewegen oder fortbewegt zu werden und entweder

- i) mit einem Kompressionszündungsmotor ausgestattet sein, dessen Nutzleistung gemäß Abschnitt 2.4 über 18 kW, jedoch nicht mehr als 560 kW beträgt (\*) und der nicht mit einer einzigen konstanten Drehzahl, sondern mit unterschiedlichen Drehzahlen betrieben wird;

Maschinen und Geräte .....

(bleibt unverändert bis:

— Mobilkrane;

oder

- ii) mit einem Kompressionszündungsmotor ausgestattet sein, dessen Nutzleistung gemäß Abschnitt 2.4 über 18 kW, jedoch nicht mehr als 560 kW beträgt und der mit konstanter Drehzahl betrieben wird; die Grenzwerte gelten erst ab dem 31. Dezember 2006;

zu den Maschinen, deren Motoren unter diese Begriffsbestimmung fallen, gehören unter anderem:

— Gasverdichter,

— Stromaggregate mit veränderlicher Last, einschließlich Kühlaggregate und Schweißaggregate,

— Wasserpumpen,

— Geräte zur Rasenpflege, Häcksler, Schneeräumgeräte, Kehrmaschinen;

oder

- iii) mit einem benzinbetriebenen Fremdzündungsmotor mit einer Nutzleistung gemäß Abschnitt 2.4 von bis zu 19 kW ausgestattet sein;

zu den Maschinen, deren Motoren unter diese Begriffsbestimmung fallen, gehören unter anderem:

— Rasenmäher,

— Motorkettensägen,

— Generatoren,

— Wasserpumpen,

— Freischneider.

Die Richtlinie gilt nicht für die folgenden Anwendungsbereiche:

B. Schiffe;

C. Lokomotiven;

D. Luftfahrzeuge;

E. Freizeitfahrzeuge, u. a.

— Motorschlitten;

— Geländemotorräder;

— Geländefahrzeuge.“

- c) Abschnitt 2 wird wie folgt geändert:
- Die Fußnote 2 zu Abschnitt 2.4 wird wie folgt ergänzt:  
  
„...; dies gilt jedoch nicht für direkt auf die Kurbelwelle montierte Kühlgebläse von luftgekühlten Motoren (siehe Anhang VII Anlage 3).“
  - Dem Abschnitt 2.8 wird folgender neuer Gedankenstrich angefügt:  
  
„— Bei Motoren, die nach dem Zyklus G1 zu prüfen sind, entspricht die Zwischendrehzahl 85 % der maximalen Nenndrehzahl (siehe Anhang IV Abschnitt 3.5.1.2).“
  - Die folgenden neuen Abschnitte werden angefügt:
    - „2.9. ‚Einstellbarer Parameter‘ einstellbare Einrichtungen, Systeme oder Konstruktionsteile, die die Emission oder die Motorleistung während der Emissionsprüfung oder des normalen Betriebs beeinträchtigen können;
    - 2.10. ‚Nachbehandlung‘ den Durchfluss von Abgasen durch eine Einrichtung oder ein System, die bzw. das dazu dient, die Gase vor der Freisetzung in die Atmosphäre chemisch oder physikalisch zu verändern;
    - 2.11. ‚Fremdzündungsmotor‘ einen nach dem Fremdzündungsprinzip funktionierenden Motor;
    - 2.12. ‚Hilfs-Emissionsminderungseinrichtung‘ eine Einrichtung, die die Betriebsparameter des Motors erfasst, um den Betrieb aller Teile des Emissionsminderungssystems entsprechend zu steuern;
    - 2.13. ‚Emissionsminderungseinrichtung‘ eine Einrichtung, ein System oder ein Konstruktionsteil zur Überwachung oder Verminderung der Emissionen;
    - 2.14. ‚Kraftstoffanlage‘ alle an der Dosierung und Mischung des Kraftstoffs beteiligten Bauteile;
    - 2.15. ‚Hilfsmotor‘ einen in bzw. an einem Kraftfahrzeug ein- bzw. angebauten Motor, der nicht zum Antrieb des Fahrzeugs dient;
    - 2.16. ‚Dauer der Prüfphase‘ die Zeit zwischen dem Verlassen der Drehzahl und/oder des Drehmoments der vorherigen Prüfphase oder der Vorkonditionierungsphase und dem Beginn der folgenden Prüfphase. Eingeschlossen ist die Zeit, in der Drehzahl und/oder Drehmoment verändert werden, sowie die Stabilisierung zu Beginn jeder Prüfphase.“
  - Abschnitt 2.9 wird Abschnitt 2.17 und die bisherigen Abschnitte 2.9.1 bis 2.9.3 werden die Abschnitte 2.17.1 bis 2.17.3.
- d) Abschnitt 3 wird wie folgt geändert:
- Abschnitt 3.1 erhält folgende Fassung:  
  
„3.1. Gemäß dieser Richtlinie genehmigte Kompressionszündungsmotoren müssen folgende Angaben tragen:“
  - Abschnitt 3.1.3 wird wie folgt geändert:  
  
„Anhang VII“ wird ersetzt durch „Anhang VIII“.
  - Ein Abschnitt mit folgendem Wortlaut wird eingefügt:  
  
„3.2. Gemäß dieser Richtlinie genehmigte Fremdzündungsmotoren müssen folgende Angaben tragen:
    - 3.2.1. Handelsmarke oder Handelsname des Herstellers des Motors;
    - 3.2.2. die Nummer der EG-Typgenehmigung nach Anhang VIII.“
  - Die Abschnitte 3.2 bis 3.6 werden die Abschnitte 3.3 bis 3.7.
  - Abschnitt 3.7 wird wie folgt geändert: „Anhang VI“ wird ersetzt durch „Anhang VII“.



- e) Abschnitt 4 wird wie folgt geändert:
- Die folgende Überschrift wird eingefügt: „4.1 Kompressionszündungsmotoren“.
  - Abschnitt 4.1 wird Abschnitt 4.1.1 und die Bezugnahme auf die Abschnitte 4.2.1 und 4.2.3 wird ersetzt durch die Bezugnahme auf die Abschnitte 4.1.2.1 und 4.1.2.3.
  - Abschnitt 4.2 wird Abschnitt 4.1.2 und wird wie folgt geändert: „Anhang V“ wird ersetzt durch „Anhang VI“.
  - Abschnitt 4.2.1 wird Abschnitt 4.1.2.1; Abschnitt 4.2.2 wird Abschnitt 4.1.2.2 und die Bezugnahme auf Abschnitt 4.2.1 wird ersetzt durch die Bezugnahme auf Abschnitt 4.1.2.1; die Abschnitte 4.2.3 und 4.2.4 werden die Abschnitte 4.1.2.3 und 4.1.2.4.
- f) Der folgende Abschnitt wird eingefügt:

„4.2. **Fremdzündungsmotoren**

4.2.1. *Allgemeines*

Die Bauteile, die einen Einfluss auf die Emission gasförmiger Schadstoffe haben können, müssen so entworfen, gebaut und angebracht sein, dass der Motor unter normalen Betriebsbedingungen trotz der Schwingungen, denen er ausgesetzt ist, den Vorschriften dieser Richtlinie genügt.

Der Hersteller muss technische Vorkehrungen treffen, um die wirksame Begrenzung der genannten Emissionen gemäß dieser Richtlinie während der üblichen Nutzlebensdauer des Motors und unter normalen Betriebsbedingungen gemäß Anhang IV Anlage 4 zu gewährleisten.

4.2.2. *Vorschriften hinsichtlich der Schadstoffemissionen*

Die Emission gasförmiger Schadstoffe aus dem zur Prüfung vorgeführten Motor muss nach dem in Anhang VI beschriebenen Verfahren (unter Einbeziehung eventueller Nachbehandlungseinrichtungen) gemessen werden.

Andere Systeme oder Analysatoren können zugelassen werden, wenn mit ihnen gegenüber den folgenden Bezugssystemen gleichwertige Ergebnisse erzielt werden:

- bei Messung gasförmiger Emissionen im Rohabgas das in Anhang VI Abbildung 2 dargestellte System;
- bei Messung gasförmiger Emissionen im verdünnten Abgas des Vollstrom-Verdünnungsverfahrens das in Anhang VI Abbildung 3 dargestellte System.

- 4.2.2.1. Die für Stufe I ermittelten Emissionen von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen, Stickstoffoxiden sowie die Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide dürfen die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Werte nicht übersteigen:

Stufe I

Klasse	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Kohlenwasserstoffe (HC) (g/kWh)	Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> ) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide (g/kWh)
				HC + NO <sub>x</sub>
SH:1	805	295	5,36	
SH:2	805	241	5,36	
SH:3	603	161	5,36	
SN:1	519			50
SN:2	519			40
SN:3	519			16,1
SN:4	519			13,4

- 4.2.2.2. Die für Stufe II ermittelten Emissionen von Kohlenmonoxid und die Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide dürfen die in nachstehender Tabelle angegebenen Werte nicht übersteigen:

Stufe II (\*)

Klasse	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide (g/kWh)
		HC + NO <sub>x</sub>
SH:1	805	50
SH:2	805	50
SH:3	603	72
SN:1	610	50,0
SN:2	610	40,0
SN:3	610	16,1
SN:4	610	12,1

Die NO<sub>x</sub>-Emissionen dürfen bei allen Motorklassen 10 g/kWh nicht übersteigen.

- 4.2.2.3. Ungeachtet der Definition für ‚handgehaltener Motor‘ in Artikel 2 dieser Richtlinie müssen Zweitaktmotoren zum Antrieb von Schneeschleudern lediglich die Grenzwerte für SH:1, SH:2 oder SH:3 einhalten.

(\*) Siehe Anhang 4 Anlage 4; unter Berücksichtigung von Verschlechterungsfaktoren.“

- g) Die Abschnitte 6.3 bis 6.9 werden durch folgende Abschnitte ersetzt:

„6.3. Hubraum des einzelnen Zylinders, zwischen 85 % und 100 % des größten Hubraums innerhalb der Motorenfamilie.

6.4. Art der Luftansaugung

6.5. Kraftstofftyp

— Diesel

— Benzin

6.6. Typ/Beschaffenheit des Brennraums

6.7. Ventile und Kanäle — Anordnung, Größe und Anzahl

6.8. Kraftstoffanlage

für Diesel

— Pump-line-Einspritzung

— Reiheneinspritzpumpe

— Verteilereinspritzpumpe

— Einzeleinspritzung

— Pumpe-Düse-System

für Benzin

— Vergaser

— Indirekte Einspritzung

— Direkteinspritzung

6.9. Sonstige Merkmale

- Abgasrückführung
- Wassereinspritzung/Emulsion
- Lufteinblasung
- Ladeluftkühlung
- Art der Zündung (Selbstzündung, Fremdzündung)

6.10. Abgasnachbehandlung

- Oxidationskatalysator
- Reduktionskatalysator
- Dreivegekatalysator
- Thermoreaktor
- Partikelfilter“

2. Anhang II wird wie folgt geändert:

a) In Anlage 2 wird der Text in der Tabelle wie folgt geändert:

„Fördermenge je Hub (mm<sup>3</sup>)“ in den Zeilen 3 und 6 wird ersetzt durch: „Fördermenge je Hub (mm<sup>3</sup>) für Dieselmotoren, Kraftstoffdurchfluss (g/h) für Benzinmotoren.“

b) Anlage 3 wird wie folgt geändert:

— Die Überschrift des Abschnitts 3 erhält folgende Fassung: „KRAFTSTOFFSYSTEM FÜR DIESELMOTOREN“

— Die folgenden Abschnitte werden eingefügt:

„4. KRAFTSTOFFSYSTEM FÜR BENZINMOTOREN

4.1. Vergaser .....

4.1.1. Marke(n): .....

4.1.2. Typ(en): .....

4.2. Indirekte Einspritzung: Einpunkt oder Mehrpunkt .....

4.2.1. Marke(n): .....

4.2.2. Typ(en): .....

4.3. Direkteinspritzung .....

4.3.1. Marke(n): .....

4.3.2. Typ(en): .....

4.4. Kraftstoffdurchfluss [g/h] und Luft/Kraftstoff-Verhältnis bei Nenndrehzahl und weit geöffneter Drosselklappe“

— Abschnitt 4 wird Abschnitt 5 und wird wie folgt geändert:

„5.3. Variable Ventileinstellung (sofern anwendbar und an welcher Stelle: Einlass und/oder Auslass)

5.3.1. Typ: kontinuierlich oder ein/aus

5.3.2. Nockenverstellwinkel“

— Folgender Abschnitt wird hinzugefügt:

„6. SCHLITZANORDNUNG

6.1. Lage, Größe und Anzahl“

— Folgender Abschnitt wird hinzugefügt:

- „7. ZÜNDANLAGE
  - 7.1. Zündspule
    - 7.1.1. Marke(n): .....
    - 7.1.2. Typ(en): .....
    - 7.1.3. Anzahl: .....
  - 7.2. Zündkerze(n)
    - 7.2.1. Marke(n): .....
    - 7.2.2. Typ(en): .....
  - 7.3. Magnetzündung
    - 7.3.1. Marke(n): .....
    - 7.3.2. Typ(en): .....
  - 7.4. ZündEinstellung
    - 7.4.1. Zündzeitpunkt vor OT [°KW] .....
    - 7.4.2. Zündverstellkurve, sofern vorhanden: .....

3. Anhang III wird wie folgt geändert:

a) Die Überschrift erhält folgende Fassung:

„PRÜFVERFAHREN FÜR KOMPRESSIONSZÜNDUNGSMOTOREN“

b) Abschnitt 2.7 wird wie folgt geändert:

„Anhang VI“ wird ersetzt durch „Anhang VII“, und „Anhang IV“ wird ersetzt durch „Anhang V“.

c) Abschnitt 3.6 wird wie folgt geändert:

— Die Abschnitte 3.6.1 und 3.6.1.1 werden wie folgt geändert:

„3.6.1. Vorschriften für Maschinen und Geräte nach Anhang I Abschnitt 1 A:

3.6.1.1. Vorschrift A: Bei Motoren gemäß Anhang I Abschnitt 1 A Ziffer i) ist die Prüfung des Prüfmotors auf dem Leistungsprüfstand nach dem folgenden Acht-Phasen-Zyklus (\*) durchzuführen: (Tabelle unverändert)

(\*) Identisch mit dem Zyklus C1 des Entwurfs der ISO-Norm 8178-4.“

— Der folgende Abschnitt wird eingefügt:

„3.6.1.2. Vorschrift B: Bei Motoren gemäß Anhang I Abschnitt 1 A Ziffer ii) ist die Prüfung des Prüfmotors auf dem Leistungsprüfstand nach dem folgenden Fünf-Phasen-Zyklus (1) durchzuführen:

Prüfphasen	Motordrehzahl	Teillastverhältnis	Wichtungsfaktor
1	Nenndrehzahl	100	0,05
2	Nenndrehzahl	75	0,25
3	Nenndrehzahl	50	0,3
4	Nenndrehzahl	25	0,3
5	Nenndrehzahl	10	0,1

Die Lastzahlen sind Prozentwerte des Drehmoments entsprechend der Grundleistungsangabe, die definiert wird als während einer Folge mit variabler Leistung verfügbare maximale Leistung, die für eine unbegrenzte Anzahl von Stunden pro Jahr erbracht werden kann, und zwar zwischen angegebenen Wartungsintervallen und unter den angegebenen Umgebungsbedingungen, wenn die Wartung wie vom Hersteller vorgeschrieben durchgeführt wird <sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> Identisch mit dem Zyklus D2 der ISO-Norm 8178-4.

<sup>(2)</sup> Zur Veranschaulichung der Definition der Grundleistung siehe Abbildung 2 der ISO-Norm 8528-1: 1993(E).“

— Abschnitt 3.6.3 erhält folgende Fassung:

„3.6.3. Prüffolge

Die Prüffolge ist zu beginnen. Die Prüfung ist in aufsteigender Reihenfolge der oben angegebenen Prüfphasen der Prüfzyklen durchzuführen.

Nach der einleitenden Übergangsperiode muss bei jeder Phase des jeweiligen Prüfzyklus ...“  
(Rest unverändert)

d) Anlage 1 Abschnitt 1 wird wie folgt geändert:

In den Abschnitten 1 und 1.4.3 wird „Anhang V“ ersetzt durch „Anhang VI“.

4. Der folgende Anhang wird angefügt:

„ANHANG IV

**PRÜFVERFAHREN FÜR FREMDZÜNDUNGSMOTOREN**

1. EINLEITUNG

1.1. In diesem Anhang wird das Verfahren zur Bestimmung der Emission gasförmiger Schadstoffe aus den zu prüfenden Motoren beschrieben.

1.2. Die Prüfung ist an einem Motor vorzunehmen, der auf dem Prüfstand mit einem Dynamometer verbunden ist.

2. PRÜFBEDINGUNGEN

2.1. **Bedingungen für die Prüfung des Motors**

Die absolute Temperatur  $T_a$  (Kelvin) der Verbrennungsluft am Einlass des Motors und der trockene atmosphärische Druck  $p_s$  (in kPa) sind zu messen, und die Kennzahl  $f_a$  ist nach folgender Formel zu berechnen:

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

2.1.1. *Gültigkeit der Prüfung*

Eine Prüfung ist dann als gültig anzusehen, wenn die Kennzahl  $f_a$ :

$$0,93 \leq f_a \leq 1,07$$

2.1.2. *Motoren mit Ladeluftkühlung*

Die Temperatur des Kühlmittels und die Temperatur der Ladeluft sind zu protokollieren.

2.2. **Ansaugsystem des Motors**

Der zu prüfende Motor muss mit einem Ansaugsystem versehen sein, dessen Lufteinlasswiderstand innerhalb von 10 % der vom Hersteller angegebenen Obergrenze für einen sauberen Luftfilter bei dem Betriebszustand des Motors liegt, bei dem sich nach Angaben des Herstellers der größte Luftdurchsatz bei der jeweiligen Motoranwendung ergibt.

Für kleine Fremdzündungsmotoren (Hubraum < 1 000 cm<sup>3</sup>) ist ein System zu verwenden, das für den installierten Motor repräsentativ ist.

### 2.3. **Motorauspuffanlage**

Der zu prüfende Motor muss mit einer Auspuffanlage versehen sein, deren Abgasgegendruck innerhalb von 10 % der vom Hersteller angegebenen Obergrenze bei den Motorbetriebsbedingungen liegt, die zur angegebenen Höchstleistung bei der jeweiligen Motoranwendung führen.

Für kleine Fremdzündungsmotoren (Hubraum < 1 000 cm<sup>3</sup>) ist ein System zu verwenden, das für den installierten Motor repräsentativ ist.

### 2.4. **Kühlsystem**

Es ist ein Motorkühlsystem mit einer Leistungsfähigkeit zu verwenden, die es ermöglicht, die vom Hersteller vorgegebenen üblichen Betriebstemperaturen des Motors aufrechtzuerhalten. Diese Bestimmung gilt für Einheiten, die zur Messung der Leistung abgebaut werden müssen, z. B. für ein Gebläse, bei dem der Lüfter demontiert werden muss, damit die Kurbelwelle zugänglich ist.

### 2.5. **Schmieröl**

Es ist das Schmieröl zu verwenden, das den Angaben des Herstellers für einen bestimmten Motor und für den Einsatzzweck entspricht. Die Hersteller müssen Motorschmiermittel verwenden, die für handelsübliche Motorschmiermittel repräsentativ sind.

Die Kenndaten des zur Prüfung verwendeten Schmieröls sind in Anhang VII Anlage 2 (Fremdzündungsmotoren) Abschnitt 1.2 zu protokollieren und zusammen mit den Prüfergebnissen vorzulegen.

### 2.6. **Verstellbare Vergaser**

Für Motoren mit begrenzt verstellbaren Vergasern ist die Motorprüfung bei beiden Extremeinstellungen vorzunehmen.

### 2.7. **Prüfkraftstoff**

Als Kraftstoff ist der in Anhang V spezifizierte Bezugskraftstoff zu verwenden. Die Oktanzahl und die Dichte des für die Prüfung verwendeten Bezugskraftstoffs sind in Anhang VII Anlage 2 (Fremdzündungsmotoren) Abschnitt 1.1.1 zu protokollieren. Bei Zweitaktmotoren muss das Mischungsverhältnis von Kraftstoff und Öl der Empfehlung des Herstellers entsprechen. Der Ölanteil im den Zweitaktmotoren zugeführten Kraftstoff-Schmiermittel-Gemisch und die sich daraus ergebende Kraftstoffdichte sind in Anhang VII Anlage 2 (Fremdzündungsmotoren) Abschnitt 1.1.4 zu protokollieren.

### 2.8. **Bestimmung der Einstellungen des Leistungsprüfstands**

Grundlage der Emissionsmessung ist die nichtkorrigierte Bremsleistung. Bestimmte Hilfseinrichtungen, die nur für den Betrieb der Maschine erforderlich und möglicherweise am Motor angebracht sind, sind zur Prüfung zu entfernen. Wurden Hilfseinrichtungen nicht entfernt, ist zur Berechnung der Einstellungen des Leistungsprüfstands die von diesen Einrichtungen aufgenommene Leistung zu bestimmen; ausgenommen sind Motoren, bei denen derartige Hilfseinrichtungen einen integralen Bestandteil des Motors bilden (z. B. Kühlgebläse bei luftgekühlten Motoren).

Der Lufterlasswiderstand und der Abgasgegendruck sind bei Motoren, bei denen eine Einstellung möglich ist, entsprechend den Abschnitten 2.2 und 2.3 auf die vom Hersteller angegebenen Obergrenzen einzustellen. Die maximalen Drehmomentwerte sind bei den vorgegebenen Prüfdrehzahlen durch Messung zu ermitteln, um die Drehmomentwerte für die vorgeschriebenen Prüfphasen berechnen zu können. Bei Motoren, die nicht für den Betrieb über einen bestimmten Drehzahlbereich auf der Vollast-Drehmomentkurve ausgelegt sind, ist das maximale Drehmoment bei den jeweiligen Prüfdrehzahlen vom Hersteller anzugeben. Die Motoreinstellung für jede Prüfphase ist nach folgender Formel zu berechnen:

$$S = \left( (P_M + P_{AE}) \times \frac{L}{100} \right) - P_{AE}$$

Darin bedeuten:

S Einstellwert des Leistungsprüfstands [kW]

P<sub>M</sub> beobachtete oder angegebene Höchstleistung bei Prüfdrehzahl unter den Prüfbedingungen (siehe Anlage 2 des Anhangs VII) [kW]

P<sub>AE</sub> angegebene Gesamtleistung, die von einer für die Prüfung angebrachten und nicht in Anhang VII Anlage 3 vorgeschriebenen Hilfseinrichtung aufgenommen wurde [kW]

L für die Prüfphase vorgegebenes Teildrehmoment.

Bei einem Verhältnis von

$$\frac{P_{AE}}{P_M} \geq 0,03$$

kann der Wert von  $P_{AE}$  durch die technische Behörde überprüft werden, die die Typgenehmigung erteilt.

### 3. DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNG

#### 3.1. Anbringung der Messgeräte

Die Geräte und die Probenahmesonden sind wie vorgeschrieben anzubringen. Wird zur Verdünnung der Auspuffgase ein Vollstrom-Verdünnungssystem verwendet, so ist das Abgasrohr an das System anzuschließen.

#### 3.2. Inbetriebnahme des Verdünnungssystems und des Motors

Das Verdünnungssystem ist zu starten und der Motor anzulassen und warmzufahren, bis alle Temperaturen und Drücke bei Vollast und Nenndrehzahl stabil sind (Abschnitt 3.5.2).

#### 3.3. Einstellung des Verdünnungsverhältnisses

Das Gesamtverdünnungsverhältnis darf nicht weniger als vier betragen.

Bei  $CO_2$ - oder  $NO_x$ -konzentrationsgeregelten Systemen ist der  $CO_2$ - bzw.  $NO_x$ -Gehalt der Verdünnungsluft zu Beginn und Ende jeder Prüfung zu messen. Die vor der Prüfung gemessene  $CO_2$ - bzw.  $NO_x$ -Hintergrundkonzentration der Verdünnungsluft darf von der nach der Prüfung gemessenen Konzentration um höchstens 100 ppm bzw. 5 ppm abweichen.

Bei Verwendung eines mit verdünntem Abgas arbeitenden Analysesystems sind die jeweiligen Hintergrundkonzentrationen zu bestimmen, indem über die gesamte Prüffolge hinweg Verdünnungsluftproben in einen Probenahmebeutel geleitet werden.

Die fortlaufende Hintergrundkonzentration (ohne Beutel) kann an mindestens drei Punkten (zu Beginn, am Ende und nahe der Zyklusmitte) bestimmt und der Durchschnitt der Werte ermittelt werden. Auf Antrag des Herstellers kann auf Hintergrundmessungen verzichtet werden.

#### 3.4. Überprüfung der Analysegeräte

Die Geräte für die Emissionsanalyse sind auf Null zu stellen und der Messbereich ist zu kalibrieren.

#### 3.5. Prüfzyklus

##### 3.5.1. Vorschrift c für Maschinen und Geräte nach Anhang I Abschnitt 1 a) iii).

Die Prüfung des Motors auf dem Leistungsprüfstand ist nach folgenden Zyklen je nach Art der Maschinen und Geräte durchzuführen:

Zyklus D <sup>(1)</sup>: Motoren mit konstanter Drehzahl und veränderlicher Last, z. B. Stromaggregate;

Zyklus G1: nicht handgehaltene Geräte für Zwischendrehzahlanwendungen;

Zyklus G2: nicht handgehaltene Geräte für Nenndrehzahlanwendungen;

Zyklus G3: handgehaltene Geräte.

<sup>(1)</sup> Identisch mit dem Zyklus D2 der Norm ISO 8168-4: 1996(E).

## 3.5.1.1. Prüfphasen und Wichtungsfaktoren

Zyklus D											
Prüfphase	1	2	3	4	5						
Motor-drehzahl	Nenndrehzahl					Zwischendrehzahl					Untere Leerlaufdrehzahl
Last <sup>(1)</sup> %	100	75	50	25	10						
Wichtungsfaktor	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1						

Zyklus G1											
Prüfphase						1	2	3	4	5	6
Motor-drehzahl	Nenndrehzahl					Zwischendrehzahl					Untere Leerlaufdrehzahl
Last %						100	75	50	25	10	0
Wichtungsfaktor						0,09	0,2	0,29	0,3	0,07	0,05

Zyklus G2											
Prüfphase	1	2	3	4	5						6
Motor-drehzahl	Nenndrehzahl					Zwischendrehzahl					Untere Leerlaufdrehzahl
Last %	100	75	50	25	10						0
Wichtungsfaktor	0,09	0,2	0,29	0,3	0,07						0,05

Zyklus G3											
Prüfphase	1										2
Motor-drehzahl	Nenndrehzahl					Zwischendrehzahl					Untere Leerlaufdrehzahl
Last %	100										0
Wichtungsfaktor	0,85 (*)										0,15 (*)

<sup>(1)</sup> Die Lastzahlen sind Prozentwerte des Drehmoments entsprechend der Grundleistungsangabe, die definiert wird als während einer Folge mit variabler Leistung verfügbare maximale Leistung, die für eine unbegrenzte Anzahl von Stunden pro Jahr erbracht werden kann, und zwar zwischen angegebenen Wartungsintervallen und unter den angegebenen Umgebungsbedingungen, wenn die Wartung wie vom Hersteller vorgeschrieben durchgeführt wird. Eine bessere Veranschaulichung der Grundleistung vermittelt Bild 2 der Norm ISO 8528-1: 1993(E).

(\*) Für Stufe I ist die Anwendung von 0,90 und 0,10 anstelle von 0,85 bzw. 0,15 zulässig.

## 3.5.1.2. Auswahl eines geeigneten Prüfzyklus

Ist der Hauptverwendungszweck eines Motormodells bekannt, kann der Prüfzyklus anhand der Beispiele in Abschnitt 3.5.1.3 gewählt werden. Ist der Hauptverwendungszweck ungewiss, sollte der geeignete Prüfzyklus ausgehend von der Motorspezifikation ausgewählt werden.

## 3.5.1.3. Beispiele (Aufzählung nicht erschöpfend)

Typische Beispiele



für Zyklus D:

Stromaggregate mit veränderlicher Last, einschließlich Stromaggregate auf Schiffen und in Zügen (nicht für den Antrieb), Kühlaggregate, Schweißaggregate;

Gasverdichter.

für Zyklus G1:

Aufsitzmäher mit Front- oder Heckmotor;

Golfwagen;

Rasenkehrmaschinen;

handgeführte Rasenmäher (Sichelmäher oder Spindelmäher);

Schneeräumgeräte;

Abfallzerkleinerer.

für Zyklus G2:

Tragbare Generatoren, Pumpen, Schweißgeräte und Luftverdichter; auch Rasen- und Gartengeräte, die bei Motornendrehzahl betrieben werden.

für Zyklus G3:

Gebälse;

Kettensägen;

Heckenschneider;

tragbare Sägemaschinen;

Motorhacken;

Farbspritzgeräte;

Rasentrimmer;

Sauggeräte.

### 3.5.2. *Konditionierung des Motors*

Den Motor und das System bei Höchstdrehzahl und maximalem Drehmoment warmlaufen lassen, um die Motorkennwerte entsprechend den Empfehlungen des Herstellers zu stabilisieren.

*Anmerkung:* Mit dieser Konditionierungszeit soll zudem der Einfluss von Ablagerungen in der Auspuffanlage, die aus einer früheren Prüfung stammen, verhindert werden. Ferner ist zwischen den Prüfphasen eine Stabilisierungsperiode vorgeschrieben, die der weitestgehenden Ausschaltung einer gegenseitigen Beeinflussung bei den einzelnen Prüfphasen dient.

### 3.5.3. *Prüffolge*

Die Prüfzyklen G1, G2 oder G3 sind in aufsteigender Reihenfolge der Prüfphasennummer des betreffenden Zyklus durchzuführen. Die Probenahmezeit in jeder Prüfphase beträgt mindestens 180 s. Die Konzentrationswerte der Abgasemissionen sind für die letzten 120 s der jeweiligen Probenahmezeit zu messen und zu protokollieren. Für jeden Messpunkt muss die Dauer der Prüfphase lang genug sein, damit die Wärmestabilität des Motors vor Beginn der Probenahme erreicht wird. Die Dauer der Prüfphasen ist zu protokollieren und anzugeben.

- a) Für Motoren, die mit der Prüfanordnung Dynamometer-Drehzahlregelung geprüft werden: Nach der einleitenden Übergangsperiode muss bei jeder Phase des Prüfzyklus die vorgeschriebene Drehzahl innerhalb des höheren Wertes von entweder  $\pm 1\%$  der Nenndrehzahl oder  $\pm 3 \text{ min}^{-1}$  gehalten werden; dies gilt nicht für die untere Leerlaufdrehzahl, bei der die vom Hersteller angegebenen Toleranzen einzuhalten sind. Das angegebene Drehmoment ist so zu halten, dass der Durchschnitt für den Zeitraum der Messungen mit einer Toleranz von  $\pm 2\%$  dem maximalen Drehmoment bei der Prüfdrehzahl entspricht.
- b) Für Motoren, die mit der Prüfanordnung Dynamometer-Lastregelung geprüft werden: Nach der einleitenden Übergangsperiode muss bei jeder Phase des Prüfzyklus die vorgeschriebene Drehzahl innerhalb des höheren Wertes von entweder  $\pm 2\%$  der Nenndrehzahl oder  $\pm 3 \text{ min}^{-1}$ , auf jeden Fall aber innerhalb von  $\pm 5\%$  gehalten werden; dies gilt nicht für die untere Leerlaufdrehzahl, bei der die vom Hersteller angegebenen Toleranzen einzuhalten sind.

Bei Phasen des Prüfzyklus, in denen das vorgeschriebene Drehmoment 50 % oder mehr des maximalen Drehmoments bei der Prüfdrehzahl beträgt, muss das angegebene mittlere Drehmoment im Datenerfassungszeitraum innerhalb von  $\pm 5\%$  des vorgeschriebenen Drehmoments gehalten werden. Bei Phasen des Prüfzyklus, in denen das vorgeschriebene Drehmoment weniger als 50 % des maximalen Drehmoments bei der Prüfdrehzahl beträgt, muss das angegebene durchschnittliche Drehmoment im Datenerfassungszeitraum innerhalb des höheren Wertes von entweder  $\pm 10\%$  des vorgeschriebenen Drehmoments oder  $\pm 0,5 \text{ Nm}$  gehalten werden.

#### 3.5.4. *Ansprechverhalten der Analysegeräte*

Das Ausgangssignal der Analysatoren ist auf einem Bandschreiber aufzuzeichnen oder mit einem gleichwertigen Datenerfassungssystem zu messen, wobei das Abgas mindestens während der letzten 180 s jeder Prüfphase durch die Analysatoren strömen muss. Wird für die Messung des verdünnten CO und CO<sub>2</sub> ein Probenahmebeutel verwendet (siehe Anlage 1 Abschnitt 1.4.4), so ist die Probe während der letzten 180 s jeder Prüfphase in den Beutel zu leiten, und die Beutelprobe ist zu analysieren und zu protokollieren.

#### 3.5.5. *Motorbedingungen*

Motordrehzahl und Last, Ansauglufttemperatur und Kraftstoffdurchsatz sind bei jeder Prüfphase nach der Stabilisierung des Motors zu messen. Alle zusätzlich für die Berechnung erforderlichen Daten sind aufzuzeichnen (siehe Anlage 3 Abschnitte 1.1 und 1.2).

### 3.6. **Erneute Überprüfung der Analysegeräte**

Nach der Emissionsprüfung werden ein Nullgas und dasselbe Kalibriergas zur erneuten Überprüfung verwendet. Die Prüfung ist als gültig anzusehen, wenn die Differenz zwischen den beiden Messergebnissen weniger als 2 % beträgt.

---

#### Anlage 1

### 1. MESS- UND PROBENAHMEVERFAHREN

Die gasförmigen Bestandteile der Emissionen des zur Prüfung vorgeführten Motors sind mit den in Anhang VI beschriebenen Methoden zu messen. Die Beschreibung dieser Methoden in Anhang VI umfasst auch eine Darstellung der empfohlenen analytischen Systeme für die gasförmigen Emissionen (Abschnitt 1.1).

#### 1.1. **Leistungsprüfstand**

Es ist ein Motorprüfstand zu verwenden, der entsprechende Eigenschaften aufweist, um die in Anhang IV Abschnitt 3.5.1 beschriebenen Prüfzyklen durchzuführen. Die Messgeräte für Drehmoment und Drehzahl müssen die Messung der Nettoleistung innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte ermöglichen. Es können zusätzliche Berechnungen erforderlich sein.

Die Messgeräte müssen eine solche Messgenauigkeit aufweisen, dass die Höchsttoleranzen der in Abschnitt 1.3 angegebenen Werte nicht überschritten werden.

## 1.2. Kraftstoffdurchsatz und Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases

Zur Messung des Kraftstoffdurchsatzes, der zur Berechnung der Emissionen herangezogen wird (Anlage 3), sind Geräte mit der in Abschnitt 1.3 vorgeschriebenen Genauigkeit zu verwenden. Bei Verwendung eines Vollstrom-Verdünnungssystems muss der Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases ( $G_{TOTW}$ ) mit einer PDP oder einem CFV gemessen werden (Anhang VI Abschnitt 1.2.1.2). Die Messgenauigkeit muss den Bestimmungen von Anhang III Anlage 2 Abschnitt 2.2 entsprechen.

## 1.3. Genauigkeit

Die Kalibrierung aller Messgeräte muss auf nationale (internationale) Normen rückführbar sein und den Vorschriften in den Tabellen 2 und 3 entsprechen.

Tabelle 2 — Zulässige Fehlergrenzen der Messinstrumente für Motordaten

Nr.	Benennung	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 <sup>(a)</sup>	$\pm 2\%$ des Höchstwertes des Motors
4	Luftverbrauch <sup>(a)</sup>	$\pm 2\%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1\%$ des Höchstwertes des Motors

<sup>(a)</sup> Den in dieser Richtlinie 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 — Zulässige Fehlergrenzen der Messinstrumente für andere wichtige Messparameter

Nr.	Benennung	Zulässige Abweichung
1	Temperatur $\leq 600$ K	$\pm 2$ K absolut
2	Temperatur $\geq 600$ K	$\pm 1\%$ des Ablesewertes
3	Abgasgegendruck	$\pm 0,2$ kPa absolut
4	Druckabfall im Ansaugluftverteiler	$\pm 0,05$ kPa absolut
5	Luftdruck	$\pm 0,1$ kPa absolut
6	Andere Drücke	$\pm 0,1$ kPa absolut
7	Relative Luftfeuchtigkeit	$\pm 3\%$ absolut
8	Absolute Luftfeuchtigkeit	$\pm 5\%$ des Ablesewertes
9	Verdünnungsluftdurchsatz	$\pm 2\%$ des Ablesewertes
10	Durchsatz des verdünnten Abgases	$\pm 2\%$ des Ablesewertes

## 1.4. Bestimmung der gasförmigen Bestandteile

### 1.4.1. Allgemeine Vorschriften für Analysegeräte

Die Analysegeräte müssen einen Messbereich haben, der den Anforderungen an die Genauigkeit bei der Messung der Konzentrationen der Abgasbestandteile entspricht (Abschnitt 1.4.1.1). Es wird empfohlen, die Analysegeräte so zu bedienen, dass die gemessene Konzentration zwischen 15 % und 100 % des vollen Skalenendwertes liegt.

Liegt der volle Skalenendwert bei 155 ppm (oder ppm C) oder darunter oder werden Ablessysteme (Computer, 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 zu gewährleisten (Anlage 2 Abschnitt 1.5.5.2 dieses Anhangs).

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) der Geräte muss auf einem Niveau sein, das zusätzliche Fehler weitestgehend verhindert.

#### 1.4.1.1. Genauigkeit

Das Analysegerät darf vom Nennwert des Kalibrierpunktes um höchstens  $\pm 2\%$  des Ablesewertes über den gesamten Messbereich außer Null sowie vom vollen Skalenendwert bei Null um  $\pm 0,3\%$  abweichen. Die Genauigkeit ist anhand der in Abschnitt 1.3. aufgeführten Kalibriervorschriften zu bestimmen.

#### 1.4.1.2. Wiederholbarkeit

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

#### 1.4.1.3. Rauschen

Das Peak-to-Peak-Ansprechen der Analysatoren auf Null- und Kalibriergase darf während eines Zeitraums von zehn Sekunden 2 % des vollen Skalenendwertes bei allen verwendeten Bereichen nicht überschreiten.

#### 1.4.1.4. Nullpunktdrift

Der Nullpunkt wird definiert als mittleres Ansprechen (einschließlich Rauschen) auf ein Nullgas in einem Zeitabschnitt von 30 Sekunden. Die Nullpunktdrift während eines Zeitraums von einer Stunde muss weniger als 2 % des vollen Skalenendwertes beim niedrigsten verwendeten Bereich betragen.

#### 1.4.1.5. Messbereichsdrift

Der Messbereichskalibrierungsausschlag wird definiert als mittlerer Ausschlag (einschließlich Rauschen) auf ein Messbereichskalibriergas in einem Zeitabschnitt von 30 Sekunden. Die Messbereichsdrift während eines Zeitraums von einer Stunde muss weniger als 2 % des vollen Skalenendwertes beim niedrigsten verwendeten Bereich betragen.

#### 1.4.2. Gastrocknung

Abgase können im feuchten oder trockenen Zustand gemessen werden. Eine gegebenenfalls benutzte Einrichtung zur Gastrocknung darf nur einen minimalen Einfluss auf die Konzentration der zu messenden Gase haben. Die Anwendung chemischer Trockner zur Entfernung von Wasser aus der Probe ist nicht zulässig.

#### 1.4.3. Analysegeräte

Die bei der Messung anzuwendenden Grundsätze werden in den Abschnitten 1.4.3.1 bis 1.4.3.5 dieser Anlage beschrieben. Eine ausführliche Darstellung der Messsysteme ist in Anhang VI enthalten.

Die zu messenden Gase sind mit den nachfolgend aufgeführten Geräten zu analysieren. Bei nichtlinearen Analysatoren ist die Verwendung von Linearisierungsschaltkreisen zulässig.

##### 1.4.3.1. Kohlenmonoxid-(CO-)Analyse

Der Kohlenmonoxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

##### 1.4.3.2. Kohlendioxid-(CO<sub>2</sub>-)Analyse

Der Kohlendioxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

#### 1.4.3.3. Sauerstoff-(O<sub>2</sub>-)Analyse

Für die Analyse von Sauerstoff muss ein Gerät nach dem paramagnetischen Messprinzip (PMD), ein Zirkoniumdioxidsensor (ZRDO) oder ein elektrochemischer Sensor (ECS) verwendet werden.

*Anmerkung:* Wenn die HC- oder CO-Konzentration wie z. B. bei Benzin-Magermotoren hoch ist, ist die Verwendung von Zirkoniumdioxidsensoren nicht zu empfehlen. Bei elektrochemischen Sensoren muss die CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Querempfindlichkeit kompensiert werden.

#### 1.4.3.4. Kohlenwasserstoff-(HC-)Analyse

Im Fall der Entnahme von unverdünnten Gasproben muss zur Kohlenwasserstoffanalyse ein beheizter Flammenionisationsdetektor (HFID) mit Detektor, Ventilen, Rohrleitungen usw. verwendet werden, der so zu beheizen ist, dass die Gastemperatur auf 463 K ± 10 K (190 °C ± 10 °C) gehalten wird.

Im Fall der Entnahme von verdünnten Gasproben muss zur Kohlenwasserstoffanalyse ein beheizter Flammenionisationsdetektor (HFID) oder ein Flammenionisationsdetektor (FID) verwendet werden.

#### 1.4.3.5. Stickoxid-(NO<sub>x</sub>-)Analyse

Der Stickoxidanalysator muss ein Chemilumineszenzanalysator (CLD) oder beheizter Chemilumineszenzanalysator (HCLD) mit einem NO<sub>2</sub>/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, sofern die Prüfung auf Wasserdampfquerempfindlichkeit (Anhang III Anlage 2 Abschnitt 1.9.2.2) erfüllt ist. Sowohl für CLD als auch für HCLD muss der Probenweg bis zum Konverter bei Trockenmessung und bis zum Analysator bei Feuchtmessung auf einer Wandtemperatur von 328 K bis 473 K (55 °C bis 200 °C) gehalten werden.

#### 1.4.4. *Probenahme von Emissionen gasförmiger Schadstoffe*

Wird die Zusammensetzung des Abgases durch eine Anlage zur Abgasnachbehandlung beeinflusst, so muss die Abgasprobe hinter dieser Anlage entnommen werden.

Die Abgasprobenahmesonde muss sich 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, kann zwischen Schalldämpfer und Sonde wahlweise eine Mischkammer eingefügt werden. Das Volumen der Mischkammer darf nicht kleiner sein als das 10fache Zylinderarbeitsvolumen des Prüfmotors und sollte ähnlich einem Würfel annähernd gleiche Abmessungen bei Höhe, Breite und Tiefe aufweisen. Die Mischkammer sollte so klein wie möglich gehalten und so nahe wie möglich am Motor angebracht werden. Die von der Mischkammer oder aus dem Schalldämpfer abgehende Abgasleitung sollte mindestens eine Länge von 610 mm ab der Probenahmesonde aufweisen und groß genug sein, um den Abgasgedruck zu minimieren. Die Temperatur der Innenwände der Mischkammer muss über dem Taupunkt des Abgases gehalten werden, wobei eine Mindesttemperatur von 338 K (65 °C) empfohlen wird.

Alle Bestandteile können wahlweise direkt im Verdünnungstunnel oder durch Probenahme in einen Beutel und nachfolgende Messung der Konzentration im Probenahmebeutel bestimmt werden.

---

### Anlage 2

#### 1. KALIBRIERUNG DER ANALYSEGERÄTE

##### 1.1. **Einleitung**

Jedes Analysegerät ist so oft wie nötig zu kalibrieren, damit es den in diesem Standard festgelegten Anforderungen an die Genauigkeit entspricht. Das bei den Analysegeräten nach Anlage 1 Abschnitt 1.4.3 anzuwendende Kalibrierverfahren ist in diesem Abschnitt beschrieben.

##### 1.2. **Kalibriergase**

Die Haltbarkeitsdauer aller Kalibriergase ist zu beachten.

Das vom Hersteller angegebene Verfallsdatum der Kalibriergase ist zu protokollieren.

1.2.1 *Reine Gase*

Die erforderliche Reinheit der Gase ergibt sich aus den untenstehenden Grenzwerten der Verschmutzung. Folgende Gase müssen verfügbar sein:

- gereinigter Stickstoff (Verschmutzung  $\leq 1$  ppm C,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)
- gereinigter Sauerstoff (Reinheitsgrad  $> 99,5$  Vol.-% O<sub>2</sub>)
- Wasserstoff-Helium-Gemisch ( $40 \pm 2$  % Wasserstoff, Rest Helium) Verschmutzung  $\leq 1$  ppm C,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>
- gereinigte synthetische Luft (Verschmutzung  $\leq 1$  ppm C,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO (Sauerstoffgehalt 18-21 Vol.-%).

1.2.2 *Kalibriergase*

Gasgemische mit folgender chemischer Zusammensetzung müssen verfügbar sein:

- C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> und gereinigte synthetische Luft (siehe Abschnitt 1.2.1)
- CO und gereinigter Stickstoff
- NO<sub>x</sub> und gereinigter Stickstoff (die in diesem Kalibriergas enthaltene NO<sub>2</sub>-Menge darf 5 % des NO-Gehalts nicht übersteigen)
- CO<sub>2</sub> und gereinigter Stickstoff
- CH<sub>4</sub> und gereinigte synthetische Luft
- C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> und gereinigte synthetische Luft

*Anmerkung:* Andere Gaskombinationen sind zulässig, sofern die Gase nicht miteinander reagieren.

Die tatsächliche Konzentration eines Kalibriergases muss innerhalb von  $\pm 2$  % des Nennwertes liegen. Alle Kalibriergaskonzentrationen sind als Volumenanteil auszudrücken (Volumenprozent oder ppm als Volumenanteil).

Die zur Kalibrierung verwendeten Gase können auch mit Hilfe von Präzisionsmischvorrichtungen (Gas-teiler) durch Zusatz von gereinigtem N<sub>2</sub> oder gereinigter synthetischer Luft gewonnen werden. Die Mischvorrichtung muss so genau sein, dass die Konzentrationen der verdünnten Kalibriergase mit einer Genauigkeit von  $\pm 1,5$  % bestimmt werden können. Dabei müssen die zur Mischung verwendeten Primärgase auf  $\pm 1$  % genau bekannt sein und sich auf nationale oder internationale Gasnormen zurückführen lassen. Die Überprüfung ist bei jeder mit Hilfe einer Mischvorrichtung vorgenommenen Kalibrierung bei 15 bis 50 % des vollen Skalenendwertes durchzuführen.

Wahlweise kann die Mischvorrichtung mit einem Instrument überprüft werden, das dem Wesen nach linear ist, z. B. unter Verwendung von NO-Gas mit einem CLD. Der Kalibrierwert des Instruments ist mit direkt an das Instrument angeschlossenem Kalibriergas einzustellen. Die Mischvorrichtung ist bei den verwendeten Einstellungen zu überprüfen, und der Nennwert ist mit der gemessenen Konzentration des Instruments zu vergleichen. Die Differenz muss in jedem Punkt innerhalb von  $\pm 0,5$  % des Nennwertes liegen.

1.2.3 *Überprüfung der Sauerstoffquersensitivität*

Prüfgase für die Sauerstoffquersensitivität müssen Propan mit 350 ppm C  $\pm$  75 ppm C Kohlenwasserstoff enthalten. Der Konzentrationswert ist unter Berücksichtigung der Kalibriergastoleranzen durch chromatographische Analyse der gesamten Kohlenwasserstoffe mit Unreinheiten oder durch dynamisches Mischen zu bestimmen. Für die Prüfung von Benzinmotoren ist folgende Mischung erforderlich:

O <sub>2</sub> -Quersensitivitäts-Konzentration	Rest
10 (9 bis 11)	Stickstoff
5 (4 bis 6)	Stickstoff
0 (0 bis 1)	Stickstoff

### 1.3. Einsatz der Analysegeräte und des Probenahmesystems

Beim Einsatz der Analysegeräte sind die Anweisungen der Gerätehersteller für die Inbetriebnahme und den Betrieb zu beachten. Die in den Abschnitten 1.4 bis 1.9 enthaltenen Mindestanforderungen sind einzuhalten. Für Laborinstrumente wie GC-Geräte und HPLC-Geräte (Hochleistungsflüssigchromatographie) gilt nur Abschnitt 1.5.4.

### 1.4. Dichtheitsprüfung

Das System ist einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen. Die Sonde ist aus der Abgasanlage zu entfernen, und deren Ende ist zu verschließen. Die Analysatorpumpe ist einzuschalten. Nach einer anfänglichen Stabilisierungsphase müssen alle Durchflussmesser Null anzeigen. Ist dies nicht der Fall, so sind die Entnahmeleitungen zu überprüfen, und der Fehler ist zu beheben.

Die höchstzulässige Leckrate auf der Unterdruckseite beträgt 0,5 % des tatsächlichen Durchsatzes für den geprüften Teil des Systems. Die Analysatoren- und Bypass-Durchsätze können zur Schätzung der tatsächlichen Durchsätze verwendet werden.

Als Alternative kann das System auf einen Druck von mindestens 20 kPa Vakuum (80 kPa absolut) entleert werden. Nach einer anfänglichen Stabilisierungsphase darf die Druckzunahme  $\delta p$  (kPa/min) im System folgenden Wert nicht übersteigen:

$$\delta p = p/V_{\text{sys}} \times 0,005 \times fr$$

Hierbei bedeuten:

$V_{\text{sys}}$  = Systemvolumen [l]

$fr$  = Systemdurchsatz [l/min]

Eine weitere Methode ist die Schrittänderung der Konzentration am Anfang der Probenahmeleitung durch Umstellung von Null- auf Kalibriergas. Zeigt der Ablesewert nach einem ausreichend langen Zeitraum eine im Vergleich zur eingeführten Konzentration geringere Konzentration an, so deutet dies auf Probleme mit der Kalibrierung oder Dichtheit hin.

### 1.5. Kalibrierverfahren

#### 1.5.1 Messsystem

Das Messsystem ist zu kalibrieren, und die Kalibrierkurven sind mit Hilfe von Kalibriergasen zu überprüfen. Es sind die gleichen Gasmengenwerte wie bei der Abgasprobenahme zugrunde zu legen.

#### 1.5.2 Aufheizzeit

Die Aufheizzeit richtet sich nach den Empfehlungen des Herstellers. Sind dazu keine Angaben vorhanden, so wird für das Beheizen der Analysegeräte eine Mindestzeit von zwei Stunden empfohlen.

#### 1.5.3 NDIR- und HFID-Analysatoren

Der NDIR-Analysator muss, falls erforderlich, abgestimmt und die Flamme des HFID-Analysators optimiert werden (Abschnitt 1.9.1).

#### 1.5.4 GC und HPCL

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

#### 1.5.5 Erstellung der Kalibrierkurven

##### 1.5.5.1 Allgemeine Hinweise

- a) Jeder bei normalem Betrieb verwendete Messbereich ist zu kalibrieren.
- b) Die CO-, CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- und HC-Analysatoren sind unter Verwendung von gereinigter synthetischer Luft (oder Stickstoff) auf Null einzustellen.

- c) Die entsprechenden Kalibriergase sind in die Analysatoren einzuleiten und die Werte aufzuzeichnen, und die Kalibrierkurven sind zu ermitteln.
- d) Für alle Instrumentenbereiche mit Ausnahme des untersten Bereichs muss die Kalibrierkurve aus mindestens 10 Kalibrierpunkten (Nullpunkt ausgenommen) mit gleichen Abständen erstellt werden. Für den untersten Instrumentenbereich muss die Kalibrierkurve aus mindestens 10 Kalibrierpunkten (Nullpunkt ausgenommen) erstellt werden, die so angeordnet sind, dass die Hälfte der Kalibrierpunkte unterhalb von 15 % des vollen Skalenendwertes des Analysators und der Rest über 15 % des vollen Skalenendwertes liegt. Für alle Bereiche muss der Nennwert der höchsten Konzentration mindestens 90 % des vollen Skalenendwertes betragen.
- e) Die Kalibrierkurve wird nach der Methode der Fehlerquadrate berechnet. Es kann eine lineare oder nichtlineare Gleichung mit bester Übereinstimmung verwendet werden.
- f) Die Kalibrierpunkte dürfen von der Linie der besten Übereinstimmung der Fehlerquadrate um höchstens  $\pm 2\%$  des Ablesewertes oder  $\pm 0,3\%$  des vollen Skalenendwertes abweichen, je nachdem, welcher Wert höher ist.
- g) Die Nulleinstellung ist nochmals zu überprüfen und das Kalibrierverfahren erforderlichenfalls zu wiederholen.

#### 1.5.5.2. Andere Methoden

Wenn nachgewiesen werden kann, dass sich mit anderen Methoden (z. B. Computer, elektronisch gesteuerter Messbereichsschalter) die gleiche Genauigkeit erreichen lässt, dürfen auch diese angewendet werden.

#### 1.6. Überprüfung der Kalibrierung

Jeder bei normalem Betrieb verwendete Messbereich ist vor jeder Analyse wie folgt zu überprüfen:

Die Kalibrierung wird unter Verwendung eines Nullgases und eines Messbereichskalibriergases überprüft, dessen Nennwert mehr als 80 % des vollen Skalenendwertes des Messbereichs beträgt.

Weicht bei den beiden untersuchten Punkten der ermittelte Wert um höchstens  $\pm 4\%$  des vollen Skalenendwertes vom angegebenen Bezugswert ab, so können die Einstellparameter geändert werden. Sollte dies nicht der Fall sein, so ist eine neue Kalibrierkurve nach Abschnitt 1.5.5.1 zu ermitteln.

#### 1.7. Kalibrierung des Tracergas-Analysators für die Messung des Abgasdurchsatzes

Der Analysator für die Messung der Tracergaskonzentration ist unter Verwendung des Kalibriergases zu kalibrieren.

Die Kalibrierkurve muss aus mindestens 10 Kalibrierpunkten (Nullpunkt ausgenommen) erstellt werden, die so angeordnet sind, dass die Hälfte der Kalibrierpunkte zwischen 4 und 20 % des vollen Skalenendwertes des Analysators und der Rest zwischen 20 und 100 % des vollen Skalenendwertes liegt. Die Kalibrierkurve wird nach der Methode der Fehlerquadrate berechnet.

Die Kalibrierkurve darf im Bereich von 20 % bis 100 % des vollen Skalenendwertes höchstens um  $\pm 1\%$  des vollen Skalenendwertes vom Nennwert jedes Kalibrierpunktes abweichen. Im Bereich von 4 % bis 20 % des vollen Skalenendwertes darf sie zudem höchstens  $\pm 2\%$  des Ablesewertes vom Nennwert abweichen. Vor dem Prüflauf ist der Analysator auf Null einzustellen und zu kalibrieren; dazu ist ein Nullgas und ein Kalibriergas zu verwenden, dessen Nennwert mehr als 80 % des vollen Skalenendwertes des Analysators beträgt.

#### 1.8. Prüfung des Wirkungsgrades des NO<sub>x</sub>-Konverters

Der Wirkungsgrad des Konverters, der zur Umwandlung von NO<sub>2</sub> in NO verwendet wird, wird wie in den Abschnitten 1.8.1 bis 1.8.8 (Anhang III Anlage 2 Abbildung 1) angegeben bestimmt.

##### 1.8.1. Prüfanordnung

Diese Überprüfung kann mit einem Ozonator entsprechend der in Anhang III Abbildung 1 dargestellten Prüfanordnung und nach dem nachstehend beschriebenen Verfahren durchgeführt werden.



### 1.8.2. Kalibrierung

Der CLD und der HCLD sind in dem am meisten verwendeten Messbereich nach den Angaben des Herstellers unter Verwendung von Null- und Kalibriergas (dessen NO-Gehalt ungefähr 80 % des vollen Skalenendwerts entsprechen muss; die NO<sub>2</sub>-Konzentration des Gasgemischs muss weniger als 5 % der NO-Konzentration betragen) zu kalibrieren. Der NO<sub>x</sub>-Analytator muss auf NO-Betrieb eingestellt werden, so dass das Kalibriergas nicht in den Konverter gelangt. Die angezeigte Konzentration ist zu protokollieren.

### 1.8.3. Berechnung

Der Wirkungsgrad des NO<sub>x</sub>-Konverters wird wie folgt berechnet:

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

Hierbei bedeuten:

a = NO<sub>x</sub>-Konzentration nach Abschnitt 1.8.6

b = NO<sub>x</sub>-Konzentration nach Abschnitt 1.8.7

c = NO-Konzentration nach Abschnitt 1.8.4

d = NO-Konzentration nach Abschnitt 1.8.5

### 1.8.4. Zusatz von Sauerstoff

Über ein T-Verbindungsstück wird dem durchströmenden Gas kontinuierlich Sauerstoff oder Nullluft zugesetzt, bis die angezeigte Konzentration ungefähr 20 % niedriger als die angezeigte Kalibrierkonzentration nach Abschnitt 1.8.2 ist. (Der Analytator befindet sich im NO-Betriebszustand.)

Die angezeigte Konzentration (c) ist aufzuzeichnen. Während des gesamten Vorgangs muss der Ozongenerator ausgeschaltet sein.

### 1.8.5. Einschalten des Ozongenerators

Anschließend wird der Ozongenerator eingeschaltet, um so viel Ozon zu erzeugen, dass die NO-Konzentration auf 20 % (Mindestwert 10 %) der Kalibrierkonzentration nach Abschnitt 1.8.2 zurückgeht. Die angezeigte Konzentration (d) ist aufzuzeichnen. (Der Analytator befindet sich im NO-Betriebszustand.)

### 1.8.6. NO<sub>x</sub>-Betriebszustand

Der NO-Analytator wird dann auf den NO<sub>x</sub>-Betriebszustand umgeschaltet, wodurch das Gasgemisch (bestehend aus NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>) nun durch den Konverter strömt. Die angezeigte Konzentration (a) ist aufzuzeichnen. (Der Analytator befindet sich im NO<sub>x</sub>-Betriebszustand.)

### 1.8.7. Ausschalten des Ozongenerators

Danach wird der Ozongenerator ausgeschaltet. Das Gasgemisch nach Abschnitt 1.8.6 strömt durch den Konverter in den Messteil. Die angezeigte Konzentration (b) ist aufzuzeichnen. (Der Analytator befindet sich im NO<sub>x</sub>-Betriebszustand.)

### 1.8.8. NO-Betriebszustand

Wird bei abgeschaltetem Ozongenerator auf den NO-Betriebszustand umgeschaltet, so wird auch der Zustrom von Sauerstoff oder synthetischer Luft abgesperrt. Der am Analysegerät angezeigte NO<sub>x</sub>-Wert darf dann von dem nach Abschnitt 1.8.2 gemessenen Wert um höchstens ± 5 % abweichen. (Der Analytator befindet sich im NO-Betriebszustand.)

### 1.8.9. Prüfabstände

Der Wirkungsgrad des Konverters muss monatlich überprüft werden.

#### 1.8.10. *Vorgeschriebener Wirkungsgrad*

Der Wirkungsgrad des Konverters darf nicht geringer sein als 90 %, doch wird ein höherer Wirkungsgrad von 95 % ausdrücklich empfohlen.

*Anmerkung:* Kann der Ozongenerator bei Einstellung des Analysators auf den am meisten verwendeten Messbereich keinen Rückgang von 80 % auf 20 % gemäß Abschnitt 1.8.5 bewirken, so ist der größte Bereich zu verwenden, mit dem der Rückgang bewirkt werden kann.

### 1.9. **Einstellung des FID**

#### 1.9.1. *Optimierung des Ansprechverhaltens des Detektors*

Der HFID ist nach den Angaben des Geräteherstellers einzustellen. Um das Ansprechverhalten zu optimieren, ist in dem am meisten verwendeten Betriebsbereich ein Kalibriergas aus Propan in Luft zu verwenden.

Sind Kraftstoff- und Luftdurchsatz entsprechend den Empfehlungen des Herstellers eingestellt, ist ein Kalibriergas von  $350 \pm 75$  ppm C in den Analysator einzuleiten. Das Ansprechverhalten bei einem bestimmten Kraftstoffdurchsatz ist anhand der Differenz zwischen dem Kalibriergas-Ansprechen und dem Nullgas-Ansprechen zu ermitteln. Der Kraftstoffdurchsatz ist stufenweise ober- und unterhalb der Herstellerangabe zu justieren. Die Differenz zwischen dem Ansprechverhalten des Kalibrier- und des Nullgases bei diesen Kraftstoffdurchsätzen ist zu protokollieren. Die Differenz zwischen dem Kalibrier- und dem Nullgas-Ansprechen ist in Kurvenform aufzutragen und der Kraftstoffdurchsatz auf die fette Seite der Kurve einzustellen. Diese Ausgangseinstellung des Kraftstoffdurchsatzes muss in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Ansprechfaktoren bei Kohlenwasserstoffen und der Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit nach 1.9.2 und 1.9.3 unter Umständen noch weiter optimiert werden.

Erfüllen die Sauerstoffquerempfindlichkeit oder die Ansprechfaktoren bei Kohlenwasserstoffen die folgenden Vorschriften nicht, ist der Luftdurchfluss stufenweise ober- und unterhalb den Herstellerangaben gemäß Abschnitt 1.9.2 und 1.9.3 für jeden Durchsatz zu justieren.

#### 1.9.2. *Ansprechfaktoren bei Kohlenwasserstoffen*

Der Analysator ist unter Verwendung von Propan in Luft und gereinigter synthetischer Luft entsprechend Abschnitt 1.5 zu kalibrieren.

Die Ansprechfaktoren sind bei Inbetriebnahme eines Analysegerätes und später nach größeren Wartungsarbeiten zu bestimmen. Der Ansprechfaktor ( $R_f$ ) für einen bestimmten Kohlenwasserstoff ist das Verhältnis des am FID angezeigten C1-Wertes zur Konzentration in der Gasflasche, ausgedrückt in ppm C1.

Die Konzentration des Prüfgases muss so hoch sein, dass ungefähr 80 % des vollen Skalenendwerts angezeigt werden. Die Konzentration muss mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  %, bezogen auf einen gravimetrischen Normwert, ausgedrückt als Volumen, bekannt sein. Außerdem muss die Gasflasche 24 Stunden lang bei 298 K (25 °C)  $\pm 5$  K konditioniert werden.

Die zu verwendenden Prüfgase und die empfohlenen Ansprechfaktoren sind bei

- Methan und gereinigter synthetischer Luft:  $1,00 \leq R_f \leq 1,15$
- Propylen und gereinigter synthetischer Luft:  $0,90 \leq R_f \leq 1,1$
- Toluol und gereinigter synthetischer Luft:  $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

bezogen auf den Ansprechfaktor ( $R_f$ ) von 1,00 für Propan und gereinigte synthetische Luft.

#### 1.9.3. *Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit*

Die Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit ist bei Inbetriebnahme eines Analysegerätes und nach größeren Wartungsarbeiten vorzunehmen. Es ist ein Bereich zu wählen, in dem die Prüfgase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit in die oberen 50 % fallen. Die Prüfung ist bei der wie erforderlich eingestellten Ofentemperatur durchzuführen. Die Gase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit sind in Abschnitt 1.2.3 spezifiziert.

- a) Das Analysegerät ist auf Null einzustellen.
- b) Das Analysegerät ist mit den 0 % Sauerstoffgemisch für Benzinmotoren zu kalibrieren.

- c) Der Nullpunktwert ist erneut zu überprüfen. Bei einer Veränderung von mehr als 0,5 % des Skalendwertes sind die Schritte a) und b) dieses Abschnitts zu wiederholen.
- d) Die Prüfgase für die Sauerstoffquersensitivität in den Gemischen 5 % und 10 % sind einzuleiten.
- e) Der Nullpunktwert ist erneut zu überprüfen. Bei einer Veränderung von mehr als  $\pm 1$  % des Skalendwertes ist die Prüfung zu wiederholen.
- f) Für jedes Gemisch in Schritt d) ist die Sauerstoffquersensitivität (% O<sub>2</sub>I) wie folgt zu berechnen:

$$O_2I = \frac{(B - C)}{B} \times 100 \quad \text{ppm C} = \frac{A}{D}$$

Hierbei bedeuten:

A = Kohlenwasserstoffkonzentration (ppm C) des in Buchstabe b) verwendeten Kalibriergases

B = Kohlenwasserstoffkonzentration (ppm C) der in Buchstabe d) verwendeten Prüfgase für die Sauerstoffquersensitivität

C = Ansprechwert des Analysators

D = Prozent des vollen Skalendwertes des Ansprechens des Analysators aufgrund von A

- g) Die Sauerstoffquersensitivität in % (% O<sub>2</sub>I) muss weniger als  $\pm 3$  % für alle vorgeschriebenen Prüfgase der Sauerstoffquersensitivität vor der Prüfung betragen.
- h) Ist die Sauerstoffquersensitivität größer als  $\pm 3$  %, ist der Luftdurchsatz ober- und unterhalb der Angaben des Herstellers stufenweise zu justieren, wobei Abschnitt 1.9.1 für jeden Durchsatz zu wiederholen ist.
- i) Ist die Sauerstoffquersensitivität nach der Justierung des Luftdurchflusses größer als  $\pm 3$  %, sind der Kraftstoffdurchsatz und danach der Durchsatz der Probe zu variieren, wobei Abschnitt 1.9.1 für jede neue Einstellung zu wiederholen ist.
- j) Ist die Sauerstoffquersensitivität weiterhin größer als  $\pm 3$  %, müssen der Analysator, der FID-Brennstoff oder die Brennerluft vor der Prüfung repariert bzw. ausgetauscht werden. Anschließend ist dieser Abschnitt mit den ausgetauschten Gasen bzw. reparierten Geräten zu wiederholen.

#### 1.10. **Quersensitivitäten der CO-, CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- und O<sub>2</sub>-Analysatoren**

Die Gase, die neben dem zu analysierenden Gas enthalten sind, können den Ablesewert auf verschiedene Weise beeinflussen. Eine positive Quersensitivität ergibt sich bei NDIR- und PMD-Geräten, wenn das beeinträchtigende Gas dieselbe Wirkung zeigt wie das gemessene Gas, jedoch in geringerem Maß. Eine negative Quersensitivität ergibt sich bei NDIR-Geräten, indem das beeinträchtigende Gas die Absorptionsbande des gemessenen Gases verbreitert, und bei CLD-Geräten, indem das beeinträchtigende Gas die Strahlung unterdrückt. Die Kontrolle der Quersensitivität nach 1.10.1 und 1.10.2 muss vor der Inbetriebnahme des Analysators und nach größeren Wartungsarbeiten, mindestens jedoch einmal im Jahr durchgeführt werden.

##### 1.10.1. *Kontrolle der Quersensitivität des CO-Analysators*

Wasser und CO<sub>2</sub> können die Leistung des CO-Analysators beeinflussen. Daher lässt man ein bei der Prüfung verwendetes CO<sub>2</sub>-Kalibriergas mit einer Konzentration von 80 bis 100 % des vollen Skalendwertes des bei der Prüfung verwendeten maximalen Betriebsbereichs bei Raumtemperatur durch Wasser perlen, wobei das Ansprechverhalten des Analysators aufzuzeichnen ist. Das Ansprechverhalten des Analysators darf bei Bereichen ab 300 ppm höchstens 1 % des vollen Skalendwertes und bei Bereichen unter 300 ppm höchstens 3 ppm betragen.

##### 1.10.2. *Kontrolle der Quersensitivität des NO<sub>x</sub>-Analysators*

Bei CLD- (und HCLD-) Analysatoren sind zwei Gase besonders zu berücksichtigen: CO<sub>2</sub> und Wasserdampf. Die Quersensitivität dieser Gase ist ihren Konzentrationen proportional und erfordert daher Prüftechniken zur Bestimmung der Quersensitivität bei den während der Prüfung erwarteten Höchstkonzentrationen.

1.10.2.1. Kontrolle der CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit

Ein CO<sub>2</sub>-Kalibriergas mit einer Konzentration von 80 bis 100 % des vollen Skalenendwertes des maximalen Messbereichs ist durch den NDIR-Analysator zu leiten und der CO<sub>2</sub>-Wert als A aufzuzeichnen. Danach ist das Gas zu etwa 50 % mit NO-Kalibriergas zu verdünnen und durch den NDIR und den (H)CLD zu leiten, wobei der CO<sub>2</sub>-Wert und der NO-Wert als B bzw. C aufzuzeichnen sind. Das CO<sub>2</sub> ist abzusperren und nur das NO-Kalibriergas durch den (H)CLD zu leiten; der NO-Wert ist als D aufzuzeichnen.

Die Querempfindlichkeit, die nicht mehr als 3 % des vollen Skalenendwertes betragen darf, wird wie folgt berechnet:

$$\% \text{ CO}_2 \text{ Querempfindlichkeit} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

Hierbei bedeuten:

A: die mit dem NDIR gemessene Konzentration des unverdünnten CO<sub>2</sub> in %

B: die mit dem NDIR gemessene Konzentration des verdünnten CO<sub>2</sub> in %

C: die mit dem CLD gemessene Konzentration des verdünnten NO in ppm

D: die mit dem CLD gemessene Konzentration des unverdünnten NO in ppm

Für die Verdünnung und Ermittlung der Werte für CO<sub>2</sub> und NO-Prüfgas sind auch andere Verfahren, wie z. B. dynamisches Mischen/Verschneiden der Gase erlaubt.

## 1.10.2.2. Kontrolle der Wasserdampf-Querempfindlichkeit

Diese Überprüfung gilt nur für Konzentrationsmessungen des feuchten Gases. Bei der Berechnung der Wasserdampf-Querempfindlichkeit ist die Verdünnung des NO-Kalibriergases mit Wasserdampf und die Skalierung der Wasserdampfkonzentration des Gemischs im Vergleich zu der während der Prüfung erwarteten Konzentration zu berücksichtigen.

Ein NO-Kalibriergas mit einer Konzentration von 80 bis 100 % des vollen Skalenendwertes des normalen Betriebsbereichs ist durch den (H)CLD zu leiten und der NO-Wert als D aufzuzeichnen. Das NO-Kalibriergas muss bei Raumtemperatur durch Wasser perlen und durch den (H)CLD geleitet werden, wobei der NO-Wert als C aufzuzeichnen ist. Die Wassertemperatur ist zu bestimmen und als F aufzuzeichnen. Der Sättigungsdampfdruck des Gemischs, der der Temperatur des Wassers in der Waschflasche (F) entspricht, ist zu bestimmen und als G aufzuzeichnen. Die Wasserdampfkonzentration (in %) des Gemischs ist wie folgt zu berechnen:

$$H = 100 \times \left( \frac{G}{p_B} \right)$$

und als H aufzuzeichnen. Die erwartete Konzentration des verdünnten NO-Kalibriergases (in Wasserdampf) ist wie folgt zu berechnen:

$$D_e = D \times \left( 1 - \frac{H}{100} \right)$$

und als D<sub>e</sub> aufzuzeichnen.

Die Wasserdampf-Querempfindlichkeit darf nicht größer sein als 3 % und ist wie folgt zu berechnen:

$$\% \text{ H}_2\text{O Querempfindlichkeit} = 100 \times \left( \frac{D_e - C}{D_e} \right) \times \left( \frac{H_m}{H} \right)$$

D<sub>e</sub>: erwartete Konzentration des verdünnten NO (ppm)

C: Konzentration des verdünnten NO (ppm)

H<sub>m</sub>: maximale Wasserdampfkonzentration

H: tatsächliche Wasserdampfkonzentration (%)

*Anmerkung:* Es ist darauf zu achten, dass das NO-Kalibriergas bei dieser Überprüfung eine minimale NO<sub>2</sub>-Konzentration aufweist, da die Absorption von NO<sub>2</sub> in Wasser bei den Querempfindlichkeitsberechnungen nicht berücksichtigt wurde.

### 1.10.3. Querempfindlichkeit des O<sub>2</sub>-Analysators

Die Empfindlichkeit eines PMD-Analysators gegenüber anderen Gasen als Sauerstoff ist vergleichsweise gering. Die sauerstoffäquivalenten Anzeigen üblicher Abgasbestandteile sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 — Sauerstoffäquivalente Anzeigen

Gas	Sauerstoffäquivalent (%)
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	- 0,623
Kohlenmonoxid (CO)	- 0,354
Stickstoffmonoxid (NO)	+ 44,4
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	+ 28,7
Wasser (H <sub>2</sub> O)	- 0,381

Für Messungen hoher Genauigkeit muss die gemessene Sauerstoffkonzentration nach folgender Gleichung korrigiert werden:

$$\text{Querempfindlichkeit} = \frac{(\text{Äquivalent \% O}_2 \times \text{gemessene Konzentration})}{100}$$

### 1.11. Abstände zwischen den Kalibrierungen

Die Analysegeräte sind mindestens alle drei Monate sowie nach jeder Reparatur oder Veränderung des Systems, die die Kalibrierung beeinflussen könnte, entsprechend Abschnitt 1.5 zu kalibrieren.

## Anlage 3

### 1. AUSWERTUNG DER MESSWERTE UND BERECHNUNGEN

#### 1.1. Auswertung der Messwerte bei gasförmigen Emissionen

Zur Bewertung der Emissionen gasförmiger Schadstoffe ist der Durchschnittswert aus den Aufzeichnungen der letzten 120 Sekunden jeder Prüfphase zu bilden, und die mittleren Konzentrationen (conc) von HC, CO, NO<sub>x</sub> und CO<sub>2</sub> während jeder Prüfphase sind aus den Durchschnittswerten der Aufzeichnungen und den entsprechenden Kalibrierdaten zu bestimmen. Es kann eine andere Art der Aufzeichnung angewandt werden, wenn diese eine gleichwertige Datenerfassung gewährleistet.

Die durchschnittliche Hintergrundkonzentration (conc<sub>d</sub>) kann anhand der Beutelablesewerte der Verdünnungsluft oder anhand der fortlaufenden (ohne Beutel vorgenommenen) Hintergrundmessung und der entsprechenden Kalibrierdaten bestimmt werden.

#### 1.2. Berechnung der gasförmigen Emissionen

Die in das Prüfprotokoll aufzunehmenden Prüfergebnisse werden in folgenden Schritten ermittelt.

## 1.2.1. Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Die gemessene Konzentration ist in einen Wert für den feuchten Bezugszustand umzurechnen, falls die Messung nicht schon für den feuchten Bezugszustand vorgenommen worden ist:

$$\text{conc (feucht)} = k_w \times \text{conc (trocken)}$$

Für das Rohabgas gilt:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [trocken]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [trocken]} + k_{w2}}$$

Dabei ist  $\alpha$  das Verhältnis Wasserstoff/Kohlenstoff im Kraftstoff.

Die  $\text{H}_2$ -Konzentration im Abgas ist zu berechnen:

$$\text{H}_2 \text{ [trocken]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [trocken]} \times (\% \text{ CO [trocken]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]})}{\% \text{ CO [trocken]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]})}$$

Der Faktor  $k_{w2}$  ist zu berechnen:

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

Dabei ist  $H_a$  die absolute Feuchtigkeit der Ansaugluft in g Wasser je kg Trockenluft.

Für das verdünnte Abgas gilt:

Für die Messung des feuchten  $\text{CO}_2$ :

$$k_w = k_{w,e,1} = \left( 1 - \frac{\alpha \times \% \text{ CO}_2 \text{ [feucht]}}{200} \right) - k_{w1}$$

Oder für die Messung des trockenen  $\text{CO}_2$ :

$$k_w = k_{w,e,2} = \left( \frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]}}{200}} \right)$$

Dabei ist  $\alpha$  das Verhältnis Wasserstoff/Kohlenstoff im Kraftstoff.

Der Faktor  $k_{w1}$  ist nach folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

Hierbei bedeuten:

$H_d$  absolute Feuchte der Verdünnungsluft, g Wasser je kg trockener Luft

$H_a$  absolute Feuchte der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

Für die Verdünnungsluft gilt:

$$k_{w,d} = 1 - k_{w1}$$

Der Faktor  $k_{w1}$  ist nach folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

Hierbei bedeuten:

$H_d$  absolute Feuchte der Verdünnungsluft, g Wasser je kg trockener Luft

$H_a$  absolute Feuchte der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

Für die Ansaugluft (wenn anders als die Verdünnungsluft) gilt:

$$k_{w,a} = 1 - k_{w2}$$

Der Faktor  $k_{w2}$  ist nach folgenden Gleichungen zu berechnen:

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

Dabei ist  $H_a$  die absolute Feuchte der Ansaugluft in g Wasser je kg trockener Luft.

#### 1.2.2. Feuchtigkeitskorrektur bei $\text{NO}_x$

Da die  $\text{NO}_x$ -Emission von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, ist die  $\text{NO}_x$ -Konzentration zur Berücksichtigung der Feuchtigkeit mit dem Faktor  $K_H$  zu multiplizieren:

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \text{ (Viertaktmotoren)}$$

$$K_H = 1 \text{ (Zweitaktmotoren)}$$

Dabei ist  $H_a$  die absolute Feuchte der Ansaugluft in g Wasser je kg trockener Luft.

#### 1.2.3. Berechnung der Emissionsmassendurchsätze

Die Massendurchsätze der Emissionen  $\text{Gas}_{\text{mass}}$  [g/h] für jede Prüfphase sind wie folgt zu berechnen.

a) Für das Rohabgas gilt <sup>(1)</sup>:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = \frac{\text{MW}_{\text{Gas}}}{\text{MW}_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 \text{ [feucht]} - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO [feucht]} + \% \text{ HC [feucht]}\}} \times \% \text{ conc} \times \text{G}_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

Hierbei sind:

$\text{G}_{\text{FUEL}}$  [kg/h] der Kraftstoffmassendurchsatz;

$\text{MW}_{\text{Gas}}$  [kg/kmol] das in Tabelle 1 aufgeführte Molekulargewicht des jeweiligen Gases;

Tabelle 1 — Molekulargewicht

Gas	$\text{MW}_{\text{Gas}}$ [kg/kmol]
$\text{NO}_x$	46,01
CO	28,01
HC	$\text{MW}_{\text{HC}} = \text{MW}_{\text{FUEL}}$
$\text{CO}_2$	44,01

<sup>(1)</sup> Bei  $\text{NO}_x$  muss die Konzentration mit dem Feuchtigkeitskorrekturfaktor  $K_H$  (Feuchtigkeitskorrekturfaktor für  $\text{NO}_x$ ) multipliziert werden.

- $MW_{\text{FUEL}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 + \beta \times 15,9994$  [kg/kmol] ist das Molekulargewicht des Kraftstoffs mit  $\alpha$  Wasserstoff-Kohlenstoff-Verhältnis und  $\beta$  Sauerstoff-Kohlenstoff-Verhältnis des Kraftstoffs <sup>(1)</sup>;
- $CO_{2\text{AIR}}$  ist die  $CO_2$ -Konzentration in der Ansaugluft (angesetzt mit 0,04 %, wenn nicht gemessen).

b) Für das verdünnte Abgas gilt <sup>(2)</sup>:

$$G_{\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

Hierbei bedeuten:

- $G_{\text{TOTW}}$  [kg/h] der Massendurchsatz des verdünnten Abgases auf feuchter Bezugsbasis, der bei Verwendung eines Vollstromverdünnungssystems gemäß Anhang III Anlage 1 Abschnitt 1.2.4 zu bestimmen ist;
- $\text{conc}_c$  die hintergrundkorrigierte Konzentration:

$$\text{conc}_c = \text{conc} - \text{conc}_d \times (1 - 1/\text{DF})$$

mit

$$\text{DF} = \frac{13,4}{\% \text{ conc}_{CO_2} + (\text{ppm conc}_{CO} + \text{ppm conc}_{HC}) \times 10^{-4}}$$

Der Koeffizient  $u$  ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2 — Werte des Koeffizienten  $u$

Gas	$u$	conc
$NO_x$	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
$CO_2$	15,19	%

Die Werte des Koeffizienten  $u$  basieren auf einem Molekulargewicht des verdünnten Abgases gleich 29 [kg/kmol]; der Wert von  $u$  für HC basiert auf einem mittleren Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis von 1:1,85.

#### 1.2.4. Berechnung der spezifischen Emissionen

Die spezifische Emission (g/kWh) ist für alle einzelnen Bestandteile zu berechnen:

$$\text{Einzelnes Gas} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{\text{mass}_i} \times \text{WF}_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times \text{WF}_i)}$$

Dabei ist  $P_i = P_{M,i} + P_{AE,i}$

Sind für die Prüfung Hilfseinrichtungen wie z. B. Lüfter oder Gebläse angebaut, so ist die aufgenommene Leistung zu den Ergebnissen hinzuzuaddieren, sofern es sich bei diesen Hilfseinrichtungen nicht um einen integralen Bestandteil des Motors handelt. Die Lüfter- bzw. Gebläseleistung ist bei den für die Prüfung verwendeten Drehzahlen entweder durch Berechnung aus Standardkennwerten oder durch praktische Prüfungen zu bestimmen (Anhang VII Anlage 3).

<sup>(1)</sup> In ISO 8178-1 ist eine vollständigere Formel für das Molekulargewicht des Kraftstoffs angegeben (Formel 50 in Kapitel 13.5.1 b). Darin sind nicht nur das Wasserstoff-Kohlenstoff-Verhältnis und das Sauerstoff-Kohlenstoff-Verhältnis, sondern auch weitere mögliche Kraftstoffbestandteile wie Schwefel und Stickstoff berücksichtigt. Da jedoch die Fremdzündungsmotoren der Richtlinie mit einem Ottokraftstoff (als Bezugskraftstoff in Anhang V aufgeführt) geprüft werden, der in der Regel nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthält, findet die vereinfachte Formel Berücksichtigung.

<sup>(2)</sup> Bei  $NO_x$  muss die Konzentration mit dem Feuchtigkeitskorrekturfaktor  $K_H$  (Feuchtigkeitskorrekturfaktor für  $NO_x$ ) multipliziert werden.



Die in der obigen Berechnung verwendeten Wichtungsfaktoren und die Anzahl der Prüfphasen (n) entsprechen Anhang IV Abschnitt 3.5.1.1.

## 2. BEISPIELE

### 2.1. Daten für unverdünntes Abgas aus einem Viertakt-Fremdzündungsmotor

Mit Bezug auf die Versuchsdaten (Tabelle 3) werden die Berechnungen zunächst für Prüfphase 1 durchgeführt und anschließend unter Anwendung des gleichen Verfahrens auf die anderen Prüfphasen erweitert.

Tabelle 3 — Versuchsdaten eines Viertakt-Fremdzündungsmotors

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
Motordrehzahl	min <sup>-1</sup>	2 550	2 550	2 550	2 550	2 550	1 480
Leistung	kW	9,96	7,5	4,88	2,36	0,94	0
Teillastverhältnis	%	100	75	50	25	10	0
Wichtungsfaktoren	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Barometrischer Druck	kPa	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0	101,0
Lufttemperatur	°C	20,5	21,3	22,4	22,4	20,7	21,7
Relative Luftfeuchtigkeit	%	38,0	38,0	38,0	37,0	37,0	38,0
Absolute Luftfeuchtigkeit	g <sub>H2O</sub> /kg <sub>air</sub>	5,696	5,986	6,406	6,236	5,614	6,136
CO trocken	ppm	60 995	40 725	34 646	41 976	68 207	37 439
NO <sub>x</sub> feucht	ppm	726	1 541	1 328	377	127	85
HC feucht	ppm C1	1 461	1 308	1 401	2 073	3 024	9 390
CO <sub>2</sub> trocken	% Vol.	11,4098	12,691	13,058	12,566	10,822	9,516
Kraftstoffmassendurchsatz	kg/h	2,985	2,047	1,654	1,183	1,056	0,429
Kraftstoff H/C-Verhältnis α	—	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Kraftstoff O/C-Verhältnis β		0	0	0	0	0	0

#### 2.1.1. Trocken-/Feucht-Korrekturfaktor $k_w$

Für die Konvertierung von CO und CO<sub>2</sub>-Trockenmessungen auf feuchte Bezugsgrundlage ist der Trocken-/Feucht-Korrekturfaktor  $k_w$  zu berechnen:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [trocken]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [trocken]} + k_{w2}}$$

Dabei ist:

$$\text{H}_2 \text{ [trocken]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [trocken]} \times (\% \text{ CO [trocken]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]})}{\% \text{ CO [trocken]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]})}$$

und

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$H_2 \text{ [trocken]} = \frac{0,5 \times 1,85 \times 6,0995 \times (6,0995 + 11,4098)}{6,0995 + (3 \times 11,4098)} = 2,450 \%$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times 5,696}{1\,000 + (1,608 \times 5,696)} = 0,009$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (6,0995 + 11,4098) - 0,01 \times 2,450 + 0,009} = 0,872$$

$$\text{CO [feucht]} = \text{CO [trocken]} \times k_w = 60\,995 \times 0,872 = 53\,198 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [feucht]} = \text{CO}_2 \text{ [trocken]} \times k_w = 11,410 \times 0,872 = 9,951 \text{ Vol.}$$

Tabelle 4 — Feuchtwerte CO und CO<sub>2</sub> in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
H <sub>2</sub> trocken	%	2,450	1,499	1,242	1,554	2,834	1,422
k <sub>w2</sub>	—	0,009	0,010	0,010	0,010	0,009	0,010
k <sub>w</sub>	—	0,872	0,870	0,869	0,870	0,874	0,894
CO feucht	ppm	53 198	35 424	30 111	36 518	59 631	33 481
CO <sub>2</sub> feucht	%	9,951	11,039	11,348	10,932	9,461	8,510

### 2.1.2. HC-Emissionen

$$HC_{\text{mass}} = \frac{MW_{\text{HC}}}{MW_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 \text{ [feucht]} - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO [feucht]} + \% \text{ HC [feucht]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

Dabei ist:

$$MW_{\text{HC}} = MW_{\text{FUEL}}$$

$$MW_{\text{FUEL}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 = 13,876$$

$$HC_{\text{mass}} = \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 0,1461 \times 2,985 \times 1\,000 = 28,361 \text{ g/h}$$

Tabelle 5 — HC-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
HC <sub>mass</sub>	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578

### 2.1.3. NO<sub>x</sub>-Emissionen

Zunächst ist der Feuchtigkeitskorrekturfaktor K<sub>H</sub> der NO<sub>x</sub>-Emissionen zu berechnen:

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times 5,696 - 0,862 \times 10^{-3} \times (5,696)^2 = 0,850$$

Tabelle 6 — Feuchtigkeitskorrekturfaktor  $K_H$  der  $\text{NO}_x$ -Emissionen in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
$K_H$	0,850	0,860	0,874	0,868	0,847	0,865

Anschließend ist  $\text{NO}_{x\text{mass}}$  [g/h] zu berechnen:

$$\text{NO}_{x\text{mass}} = \frac{\text{MW}_{\text{NO}_x}}{\text{MW}_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{CO}_2 \text{ [feucht]} - \% \text{CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{CO [feucht]} + \% \text{HC [feucht]}\}} \times \% \text{conc} \times K_H \times G_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

$$\text{NO}_{x\text{mass}} = \frac{46,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 0,073 \times 0,85 \times 2,985 \times 1\,000 = 39,717 \text{ g/h}$$

Tabelle 7 —  $\text{NO}_x$ -Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
$\text{NO}_{x\text{mass}}$	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820

#### 2.1.4 CO-Emissionen

$$\text{CO}_{\text{mass}} = \frac{\text{MW}_{\text{CO}}}{\text{MW}_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{CO}_2 \text{ [feucht]} - \% \text{CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{CO [feucht]} + \% \text{HC [feucht]}\}} \times \% \text{conc} \times G_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1\,000 = 6\,126,806 \text{ g/h}$$

Tabelle 8 — CO-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
$\text{CO}_{\text{mass}}$	2 084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285

#### 2.1.5 CO<sub>2</sub>-Emissionen

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = \frac{\text{MW}_{\text{CO}_2}}{\text{MW}_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{CO}_2 \text{ [feucht]} - \% \text{CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{CO [feucht]} + \% \text{HC [feucht]}\}} \times \% \text{conc} \times G_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(9,951 - 0,04 + 5,3198 + 0,1461)} \times 9,951 \times 2,985 \times 1\,000 = 6\,126,806 \text{ g/h}$$

Tabelle 9 — CO<sub>2</sub>-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
$\text{CO}_{2\text{mass}}$	6 126,806	4 884,739	4 117,202	2 780,662	2 020,061	907,648

#### 2.1.6 Spezifische Emissionen

Die spezifische Emission (g/kWh) ist für alle einzelnen Bestandteile zu berechnen:

$$\text{Einzelnes Gas} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{\text{mass}_i} \times \text{WF}_i)}{\sum_{i=1}^n (\text{P}_i \times \text{WF}_i)}$$

Tabelle 10 — Emissionen [g/h] und Wichtungsfaktoren in den einzelnen Prüfphasen

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
HC <sub>mass</sub>	g/h	28,361	18,248	16,026	16,625	20,357	31,578
NO <sub>xmass</sub>	g/h	39,717	61,291	44,013	8,703	2,401	0,820
CO <sub>mass</sub>	g/h	2 084,588	997,638	695,278	591,183	810,334	227,285
CO <sub>2mass</sub>	g/h	6 126,806	4 884,739	4 117,202	2 780,662	2 020,061	907,648
Leistung P <sub>1</sub>	kW	9,96	7,50	4,88	2,36	0,94	0
Wichtungsfaktoren WF <sub>1</sub>	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050

$$HC = \frac{28,361 \times 0,090 + 18,248 \times 0,200 + 16,026 \times 0,290 + 16,625 \times 0,300 + 20,357 \times 0,070 + 31,578 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 4,11 \text{ g/kWh}$$

$$NO_x = \frac{39,717 \times 0,090 + 61,291 \times 0,200 + 44,013 \times 0,290 + 8,703 \times 0,300 + 2,401 \times 0,070 + 0,820 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 6,85 \text{ g/kWh}$$

$$CO = \frac{2\,084,59 \times 0,090 + 997,64 \times 0,200 + 695,28 \times 0,290 + 591,18 \times 0,300 + 810,33 \times 0,070 + 227,92 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 181,93 \text{ g/kWh}$$

$$CO_2 = \frac{6\,126,81 \times 0,090 + 4\,884,74 \times 0,200 + 4\,117,20 \times 0,290 + 2\,780,66 \times 0,300 + 2\,020,06 \times 0,070 + 907,65 \times 0,050}{9,96 \times 0,090 + 7,50 \times 0,200 + 4,88 \times 0,290 + 2,36 \times 0,300 + 0,940 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 816,36 \text{ g/kWh}$$

## 2.2. Daten für unverdünntes Abgas aus einem Zweitakt-Fremdzündungsmotor

Mit Bezug auf die Versuchsdaten (Tabelle 11) werden die Berechnungen zunächst für Prüfphase 1 durchgeführt und anschließend unter Anwendung des gleichen Verfahrens auf die anderen Prüfphasen erweitert.

Tabelle 11 — Versuchsdaten eines Zweitakt-Fremdzündungsmotors

Prüfphase		1	2
Motordrehzahl	min <sup>-1</sup>	9 500	2 800
Leistung	kW	2,31	0
Teillastverhältnis	%	100	0
Wichtungsfaktoren	—	0,9	0,1
Barometrischer Druck	kPa	100,3	100,3
Lufttemperatur	°C	25,4	25
Relative Luftfeuchtigkeit	%	38,0	38,0
Absolute Luftfeuchtigkeit	g <sub>H2O</sub> /kg <sub>air</sub>	7,742	7,558
CO trocken	ppm	37 086	16 150
NO <sub>x</sub> feucht	ppm	183	15
HC feucht	ppm C1	14 220	13 179
CO <sub>2</sub> trocken	% Vol.	11,986	11,446
Kraftstoffmassendurchsatz	kg/h	1,195	0,089
Kraftstoff H/C-Verhältnis α	—	1,85	1,85
Kraftstoff O/C-Verhältnis β		0	0

2.2.1. *Trocken-/Feucht-Korrekturfaktor  $k_w$* 

Für die Konvertierung von CO und CO<sub>2</sub>-Trockenmessungen auf feuchte Bezugsgrundlage ist der Trocken-/Feucht-Korrekturfaktor  $k_w$  zu berechnen:

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (\% \text{ CO [trocken]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]}) - 0,01 \times \% \text{ H}_2 \text{ [trocken]} + k_{w2}}$$

Dabei ist:

$$\text{H}_2 \text{ [trocken]} = \frac{0,5 \times \alpha \times \% \text{ CO [trocken]} \times (\% \text{ CO [trocken]} + \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]})}{\% \text{ CO [trocken]} + (3 \times \% \text{ CO}_2 \text{ [trocken]})}$$

$$\text{H}_2 \text{ [trocken]} = \frac{0,5 \times 1,85 \times 3,7086 \times (3,7086 + 11,986)}{3,7086 + (3 \times 11,986)} = 1,357 \%$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times 7,742}{1\,000 + (1,608 \times 7,742)} = 0,012$$

$$k_w = k_{w,r} = \frac{1}{1 + 1,85 \times 0,005 \times (3,7086 + 11,986) - 0,01 \times 1,357 + 0,012} = 0,874$$

$$\text{CO [feucht]} = \text{CO [trocken]} \times k_w = 37\,086 \times 0,874 = 32\,420 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [feucht]} = \text{CO}_2 \text{ [trocken]} \times k_w = 11,986 \times 0,874 = 10,478 \text{ \% Vol.}$$

Tabelle 12 — Feuchtwerte CO und CO<sub>2</sub> in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase		1	2
H <sub>2</sub> trocken	%	1,357	0,543
$k_{w2}$	—	0,012	0,012
$k_w$	—	0,874	0,887
CO feucht	ppm	32 420	14 325
CO <sub>2</sub> feucht	%	10,478	10,153

2.2.2. *HC-Emissionen*

$$\text{HC}_{\text{mass}} = \frac{\text{MW}_{\text{HC}}}{\text{MW}_{\text{FUEL}}} \times \frac{1}{\{(\% \text{ CO}_2 \text{ [feucht]} - \% \text{ CO}_{2\text{AIR}}) + \% \text{ CO [feucht]} + \% \text{ HC [feucht]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{\text{FUEL}} \times 1\,000$$

Dabei ist:

$$\text{MW}_{\text{HC}} = \text{MW}_{\text{FUEL}}$$

$$\text{MW}_{\text{FUEL}} = 12,011 + \alpha \times 1,00794 = 13,876$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = \frac{13,876}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 1,422 \times 1,195 \times 1\,000 = 112,520 \text{ g/h}$$

Tabelle 13 — HC-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2
HC <sub>mass</sub>	112,520	9,119

2.2.3. *NO<sub>x</sub>-Emissionen*

Der Faktor K<sub>H</sub> für die Korrektur der NO<sub>x</sub>-Emissionen ist für Zweitaktmotoren gleich 1:

$$NO_{xmass} = \frac{MW_{NO_x}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 \text{ [feucht]} - \% CO_{2AIR}) + \% CO \text{ [feucht]} + \% HC \text{ [feucht]}\}} \times \% \text{ conc} \times K_H \times G_{FUEL} \times 1\,000$$

$$NO_{xmass} = \frac{46,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 0,0183 \times 1 \times 1,195 \times 1\,000 = 4,800 \text{ g/h}$$

Tabelle 14 — NO<sub>x</sub>-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2
NO <sub>xmass</sub>	4,800	0,034

2.2.4. *CO-Emissionen*

$$CO_{mass} = \frac{MW_{CO}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 \text{ [feucht]} - \% CO_{2AIR}) + \% CO \text{ [feucht]} + \% HC \text{ [feucht]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{FUEL} \times 1\,000$$

$$CO_{mass} = \frac{28,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 3,2420 \times 1,195 \times 1\,000 = 517,851 \text{ g/h}$$

Tabelle 15 — CO-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2
CO <sub>mass</sub>	517,851	20,007

2.2.5. *CO<sub>2</sub>-Emissionen*

$$CO_{2mass} = \frac{MW_{CO_2}}{MW_{FUEL}} \times \frac{1}{\{(\% CO_2 \text{ [feucht]} - \% CO_{2AIR}) + \% CO \text{ [feucht]} + \% HC \text{ [feucht]}\}} \times \% \text{ conc} \times G_{FUEL} \times 1\,000$$

$$CO_{2mass} = \frac{44,01}{13,876} \times \frac{1}{(10,478 - 0,04 + 3,2420 + 1,422)} \times 10,478 \times 1,195 \times 1\,000 = 2\,629,658 \text{ g/h}$$

Tabelle 16 — CO<sub>2</sub>-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2
CO <sub>2mass</sub>	2 629,658	222,799

2.2.6. *Spezifische Emissionen*

Die spezifische Emission (g/kWh) ist für alle einzelnen Bestandteile wie folgt zu berechnen:

$$\text{Einzelnes Gas} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{mass_i} \times WF_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times WF_i)}$$

Tabelle 17 — Emissionen [g/h] und Wichtungsfaktoren in zwei Prüfphasen

Prüfphase		1	2
HC <sub>mass</sub>	g/h	112,520	9,119
NO <sub>xmass</sub>	g/h	4,800	0,034
CO <sub>mass</sub>	g/h	517,851	20,007
CO <sub>2mass</sub>	g/h	2 629,658	222,799
Leistung P <sub>II</sub>	kW	2,31	0
Wichtungsfaktoren WF <sub>i</sub>	—	0,85	0,15

$$\text{HC} = \frac{112,52 \times 0,85 + 9,119 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 49,4 \text{ g/kWh}$$

$$\text{NO}_x = \frac{4,800 \times 0,85 + 0,034 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 2,08 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO} = \frac{517,851 \times 0,85 + 20,007 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 225,71 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{2\,629,658 \times 0,85 + 222,799 \times 0,15}{2,31 \times 0,85 + 0 \times 0,15} = 1\,155,4 \text{ g/kWh}$$

### 2.3. Daten für verdünntes Abgas aus einem Viertakt-Fremdzündungsmotor

Mit Bezug auf die Versuchsdaten (Tabelle 18) werden die Berechnungen zunächst für Prüfphase 1 durchgeführt und anschließend unter Anwendung des gleichen Verfahrens auf die anderen Prüfphasen erweitert.

Tabelle 18 — Versuchsdaten eines Viertakt-Fremdzündungsmotors

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
Motordrehzahl	min <sup>-1</sup>	3 060	3 060	3 060	3 060	3 060	2 100
Leistung	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
Teillastverhältnis	%	100	75	50	25	10	0
Wichtungsfaktoren	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050
Barometrischer Druck	kPa	980	980	980	980	980	980
Ansauglufttemperatur (1)	°C	25,3	25,1	24,5	23,7	23,5	22,6
Relative Luftfeuchtigkeit der Ansaugluft (1)	%	19,8	19,8	20,6	21,5	21,9	23,2
Absolute Luftfeuchtigkeit der Ansaugluft (1)	g <sub>H2O</sub> /kg <sub>air</sub>	4,08	4,03	4,05	4,03	4,05	4,06
CO trocken	ppm	3 681	3 465	2 541	2 365	3 086	1 817
NO <sub>x</sub> feucht	ppm	85,4	49,2	24,3	5,8	2,9	1,2
HC feucht	ppm C1	91	92	77	78	119	186
CO <sub>2</sub> trocken	% Vol.	1,038	0,814	0,649	0,457	0,330	0,208

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
CO trocken (Hintergrund)	ppm	3	3	3	2	2	3
NO <sub>x</sub> feucht (Hintergrund)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
HC feucht (Hintergrund)	ppm C1	6	6	5	6	6	4
CO <sub>2</sub> trocken (Hintergrund)	% Vol.	0,042	0,041	0,041	0,040	0,040	0,040
Massendurchsatz des verdünnten Abgases G <sub>TOTW</sub>	kg/h	625,722	627,171	623,549	630,792	627,895	561,267
Kraftstoff H/C-Verhältnis α	—	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Kraftstoff O/C-Verhältnis β		0	0	0	0	0	0

(<sup>1</sup>) Die Bedingungen für verdünnte Luft entsprechen den Bedingungen für Ansaugluft.

### 2.3.1. Trocken-/Feucht-Korrekturfaktor $k_w$

Für die Konvertierung von CO und CO<sub>2</sub>-Trockenmessungen auf feuchte Bezugsgrundlage ist der Trocken-/Feucht-Korrekturfaktor  $k_w$  zu berechnen.

Für das verdünnte Abgas gilt:

$$k_w = k_{w,e,2} = \left( \frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \% \text{CO}_2 [\text{trocken}]}{200}} \right)$$

Dabei ist:

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

$$DF = \frac{13,4}{\% \text{conc}_{\text{CO}_2} + (\text{ppm conc}_{\text{CO}} + \text{ppm conc}_{\text{HC}}) \times 10^{-4}}$$

$$DF = \frac{13,4}{1,038 + (3\,681 + 91) \times 10^{-4}} = 9,465$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [4,08 \times (1 - 1/9,465) + 4,08 \times (1/9,465)]}{1\,000 + 1,608 \times [4,08 \times (1 - 1/9,465) + 4,08 \times (1/9,465)]} = 0,007$$

$$k_w = k_{w,e,2} = \left( \frac{(1 - 0,007)}{1 + \frac{1,85 \times 1,038}{200}} \right) = 0,984$$

$$\text{CO [feucht]} = \text{CO [trocken]} \times k_w = 3\,681 \times 0,984 = 3\,623 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [feucht]} = \text{CO}_2 \text{ [trocken]} \times k_w = 1,038 \times 0,984 = 1,0219 \%$$



Tabelle 19 — Feuchtwerte CO und CO<sub>2</sub> für das verdünnte Abgas in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
DF	—	9,465	11,454	14,707	19,100	20,612	32,788
k <sub>w1</sub>	—	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
k <sub>w</sub>	—	0,984	0,986	0,988	0,989	0,991	0,992
CO feucht	ppm	3 623	3 417	2 510	2 340	3 057	1 802
CO <sub>2</sub> feucht	%	1,0219	0,8028	0,6412	0,4524	0,3264	0,2066

Für die Verdünnungsluft gilt:

$$k_{w,d} = 1 - k_{w1}$$

Dabei ist der Faktor k<sub>w1</sub> der gleiche, wie er bereits für das verdünnte Abgas berechnet wurde.

$$k_{w,d} = 1 - 0,007 = 0,993$$

$$\text{CO [feucht]} = \text{CO [trocken]} \times k_w = 3 \times 0,993 = 3 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_2 \text{ [feucht]} = \text{CO}_2 \text{ [trocken]} \times k_w = 0,042 \times 0,993 = 0,0421 \text{ \% Vol.}$$

Tabelle 20 — Feuchtwerte CO und CO<sub>2</sub> für die Verdünnungsluft in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
K <sub>w1</sub>	—	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
K <sub>w</sub>	—	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
CO feucht	ppm	3	3	3	2	2	3
CO <sub>2</sub> feucht	%	0,0421	0,0405	0,0403	0,0398	0,0394	0,0401

### 2.3.2. HC-Emissionen

$$\text{HC}_{\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

Dabei ist:

$$u = 0,000478 \text{ aus Tabelle 2}$$

$$\text{conc}_c = \text{conc} - \text{conc}_d \times (1-1/\text{DF})$$

$$\text{conc}_c = 91 - 6 \times (1-1/9,465) = 86 \text{ ppm}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000478 \times 86 \times 625,722 = 25,666 \text{ g/h}$$

Tabelle 21 — HC-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
HC <sub>mass</sub>	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963

2.3.3. *NO<sub>x</sub>-Emissionen*

Der Faktor  $K_H$  für die Korrektur der NO<sub>x</sub>-Emissionen ist zu berechnen aus:

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

$$K_H = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times 4,8 - 0,862 \times 10^{-3} \times (4,08)^2 = 0,79$$

Tabelle 22 — Feuchtigkeitskorrekturfaktor  $K_H$  der NO<sub>x</sub>-Emissionen in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
$K_H$	0,793	0,791	0,791	0,790	0,791	0,792

$$NO_{xmass} = u \times conc_c \times K_H \times G_{TOTW}$$

Dabei ist:

$$u = 0,001587 \text{ aus Tabelle 2}$$

$$conc_c = conc - conc_d \times (1-1/DF)$$

$$conc_c = 85 - 0 \times (1-1/9,465) = 85 \text{ ppm}$$

$$NO_{xmass} = 0,001587 \times 85 \times 0,79 \times 625,722 = 67,168 \text{ g/h}$$

Tabelle 23 — NO<sub>x</sub>-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
$NO_{xmass}$	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811

2.3.4. *CO-Emissionen*

$$CO_{mass} = u \times conc_c \times G_{TOTW}$$

Dabei ist:

$$u = 0,000966 \text{ aus Tabelle 2}$$

$$conc_c = conc - conc_d \times (1-1/DF)$$

$$conc_c = 3\,622 - 3 \times (1-1/9,465) = 3\,620 \text{ ppm}$$

$$CO_{mass} = 0,000966 \times 3\,620 \times 625,722 = 2\,188,001 \text{ g/h}$$

Tabelle 24 — CO-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
$CO_{mass}$	2 188,001	2 068,760	1 510,187	1 424,792	1 853,109	975,435

2.3.5. CO<sub>2</sub>-Emissionen

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

Dabei ist:

$$u = 15,19 \text{ aus Tabelle 2}$$

$$\text{conc}_c = \text{conc} - \text{conc}_d \times (1-1/\text{DF})$$

$$\text{conc}_c = 1,0219 - 0,0421 \times (1-1/9,465) = 0,9842 \% \text{ Vol}$$

$$\text{CO}_{2\text{mass}} = 15,19 \times 0,9842 \times 625,722 = 9\,354,488 \text{ g/h}$$

Tabelle 25 — CO<sub>2</sub>-Emissionen [g/h] in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase	1	2	3	4	5	6
CO <sub>2mass</sub>	9 354,488	7 295,794	5 717,531	3 973,503	2 756,113	1 430,229

## 2.3.6. Spezifische Emissionen

Die spezifische Emission (g/kWh) ist für alle einzelnen Bestandteile wie folgt zu berechnen:

$$\text{Einzelnes Gas} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Gas}_{\text{mass}_i} \times \text{WF}_i)}{\sum_{i=1}^n (P_i \times \text{WF}_i)}$$

Tabelle 26 — Emissionen [g/h] und Wichtungsfaktoren in den verschiedenen Prüfphasen

Prüfphase		1	2	3	4	5	6
HC <sub>mass</sub>	g/h	25,666	25,993	21,607	21,850	34,074	48,963
NO <sub>xmass</sub>	g/h	67,168	38,721	19,012	4,621	2,319	0,811
CO <sub>mass</sub>	g/h	2 188,001	2 068,760	1 510,187	1 424,792	1 853,109	975,435
CO <sub>2mass</sub>	g/h	9 354,488	7 295,794	5 717,531	3 973,503	2 756,113	1 430,229
Leistung P <sub>i</sub>	kW	13,15	9,81	6,52	3,25	1,28	0
Wichtungsfaktoren WF <sub>i</sub>	—	0,090	0,200	0,290	0,300	0,070	0,050

$$\text{HC} = \frac{25,666 \times 0,090 + 25,993 \times 0,200 + 21,607 \times 0,290 + 21,850 \times 0,300 + 34,074 \times 0,070 + 48,963 \times 0,050}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 4,12 \text{ g/kWh}$$

$$\text{NO}_x = \frac{67,168 \times 0,090 + 38,721 \times 0,200 + 19,012 \times 0,290 + 4,621 \times 0,300 + 2,319 \times 0,070 + 0,811 \times 0,050}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 3,42 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO} = \frac{2\,188,001 \times 0,09 + 2\,068,760 \times 0,2 + 1\,510,187 \times 0,29 + 1\,424,792 \times 0,3 + 1\,853,109 \times 0,07 + 975,435 \times 0,05}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 271,15 \text{ g/kWh}$$

$$\text{CO}_2 = \frac{9\,354,488 \times 0,09 + 7\,295,794 \times 0,2 + 5\,717,531 \times 0,29 + 3\,973,503 \times 0,3 + 2\,756,113 \times 0,07 + 1\,430,229 \times 0,05}{13,15 \times 0,090 + 9,81 \times 0,200 + 6,52 \times 0,290 + 3,25 \times 0,300 + 1,28 \times 0,070 + 0 \times 0,050} = 887,53 \text{ g/kWh}$$

## Anlage 4

## 1. EINHALTUNG DER EMISSIONSGRENZWERTE

Diese Anlage gilt nur für Fremdzündungsmotoren in Stufe II.

- 1.1. Die in Anhang I Abschnitt 4.2 festgelegten Abgasemissionsgrenzwerte der Stufe II gelten für die Emissionen der Motoren hinsichtlich ihrer Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode (EDP) entsprechend dieser Anlage.
- 1.2. Für alle Motoren der Stufe II gilt Folgendes: Liegen die jeweiligen Emissionswerte aller eine Motorenfamilie repräsentierenden Prüfmotoren — bei ordnungsgemäßer Prüfung gemäß dieser Richtlinie und nach Korrektur des Wertes durch Multiplikation mit dem in dieser Anlage vorgesehenen Verschlechterungsfaktor (DF) — unter dem jeweiligen Emissionsgrenzwert der Stufe II für eine bestimmte Motorenklasse oder in gleicher Höhe (Emissionsgrenzwert der Motorenfamilie (FEL), soweit zutreffend), so wird davon ausgegangen, dass diese Motorenfamilie die Emissionsgrenzwerte dieser Motorenklasse einhält. Liegt ein einzelner Emissionswert eines beliebigen eine Motorenfamilie repräsentierenden Prüfmotors — nach Korrektur des Wertes durch Multiplikation mit dem in dieser Anlage vorgesehenen Verschlechterungsfaktor — über dem jeweiligen Emissionsgrenzwert (FEL, soweit zutreffend) für eine bestimmte Motorenklasse, so wird davon ausgegangen, dass diese Motorenfamilie die Emissionsgrenzwerte dieser Motorenklasse nicht einhält.
- 1.3. Herstellern von Motoren in kleinen Serien steht es frei, Verschlechterungsfaktoren für HC + NO<sub>x</sub> und CO aus den Tabellen 1 oder 2 dieses Abschnitts anzuwenden oder die Verschlechterungsfaktoren für HC + NO<sub>x</sub> und CO nach dem in Abschnitt 1.3.1 beschriebenen Verfahren zu berechnen. Für Technologien, die in den Tabellen 1 und 2 dieses Abschnitts nicht behandelt werden, muss der Hersteller das in Abschnitt 1.4 beschriebene Verfahren anwenden.

Tabelle 1: Zugewiesene Verschlechterungsfaktoren handgehaltener Motoren für HC + NO<sub>x</sub> und CO für Hersteller kleiner Serien

Motorklasse	Zweitakt-Motoren		Viertakt-Motoren		Motoren mit Abgasnachbehandlung
	HC + NO <sub>x</sub>	CO	HC + NO <sub>x</sub>	CO	
Klasse SH:1	1,1	1,1	1,5	1,1	Die Verschlechterungsfaktoren sind nach der Formel in Abschnitt 1.3.1 zu berechnen
Klasse SH:2	1,1	1,1	1,5	1,1	
Klasse SH:3	1,1	1,1	1,5	1,1	

Tabelle 2: Zugewiesene Verschlechterungsfaktoren nicht handgehaltener Motoren für HC + NO<sub>x</sub> und CO für Hersteller kleiner Serien

Motorklasse	SV-Motoren		OHV-Motoren		Motoren mit Abgasnachbehandlung
	HC + NO <sub>x</sub>	CO	HC + NO <sub>x</sub>	CO	
Klasse SN:1	2,1	1,1	1,5	1,1	Die Verschlechterungsfaktoren sind nach der Formel in Abschnitt 1.3.1 zu berechnen
Klasse SN:2	2,1	1,1	1,5	1,1	
Klasse SN:3	2,1	1,1	1,5	1,1	
Klasse SN:4	1,6	1,1	1,4	1,1	

1.3.1. *Formel zur Berechnung der Verschlechterungsfaktoren für Motoren mit Abgasnachbehandlung*

$$DF = [(NE * EDF) - (CC * F)] / (NE - CC)$$

Hierbei bedeuten:

DF = Verschlechterungsfaktor

NE = Emissionsmengen neuer Motoren vor dem Katalysator (g/kWh)

EDF = Verschlechterungsfaktor für Motoren ohne Katalysator gemäß Tabelle 1

CC = zum Zeitpunkt 0 in g/kWh konvertierte Menge

F = 0,8 für HC und 0,0 für NO<sub>x</sub> für alle Motorklassen

F = 0,8 für CO für alle Motorklassen

1.4. Die Hersteller wenden für jeden reglementierten Schadstoff für alle Motorfamilien der Stufe II jeweils einen zugewiesenen oder berechneten Verschlechterungsfaktor an. Diese Verschlechterungsfaktoren sind bei der Typgenehmigung und bei Prüfungen der laufenden Produktion zu verwenden.

1.4.1. Für Motoren, für die keiner der zugewiesenen Verschlechterungsfaktoren der Tabellen 1 oder 2 zur Anwendung kommt, werden die Verschlechterungsfaktoren wie folgt bestimmt:

1.4.1.1. An mindestens einem ausgewählten Prüfmotor, der die Konfiguration repräsentiert, die voraussichtlich die HC + NO<sub>x</sub>-Emissionsgrenzwerte übersteigt (gegebenenfalls FEL), und dessen Bauweise der laufenden Produktion entspricht, ist nach der Anzahl von Stunden, die den stabilisierten Emissionen entspricht, das (vollständige) in dieser Richtlinie beschriebene Emissionsprüfverfahren durchzuführen.

1.4.1.2. Wird mehr als ein Motor geprüft, ist der Mittelwert der Ergebnisse zu berechnen und im Vergleich zu dem geltenden Grenzwert auf eine zusätzliche Dezimalstelle zu runden.

1.4.1.3. Nach der Alterung des Motors wird diese Emissionsprüfung erneut durchgeführt. Das Alterungsverfahren sollte so gestaltet sein, dass der Hersteller die während der Dauerhaltbarkeitsperiode des Motors zu erwartende Verschlechterung der Emissionen des in Betrieb befindlichen Motors vorhersagen kann; dabei sind die Art des Verschleißes und sonstige unter typischer Nutzung durch den Verbraucher zu erwartende Verschlechterungsfaktoren, die das Emissionsverhalten beeinträchtigen könnten, zu berücksichtigen. Wird mehr als ein Motor geprüft, ist der Mittelwert der Ergebnisse zu berechnen und im Vergleich zu dem geltenden Grenzwert auf eine zusätzliche Dezimalstelle zu runden.

1.4.1.4. Die am Ende der Dauerhaltbarkeitsperiode anfallenden Emissionen (durchschnittliche Emissionen, falls zutreffend) sind für jeden reglementierten Schadstoff durch die stabilisierten Emissionen (durchschnittliche Emissionen, falls zutreffend) zu dividieren und auf zwei Stellen zu runden. Die sich daraus ergebende Zahl ist der Verschlechterungsfaktor, es sei denn, sie beträgt weniger als 1,00; in diesem Fall ist der Verschlechterungsfaktor 1,0.

1.4.1.5. Nach dem Ermessen des Herstellers können zusätzliche Emissionsprüfpunkte zwischen dem Prüfpunkt der stabilisierten Emission und der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode eingeplant werden. Sind Zwischenprüfungen geplant, müssen die Prüfpunkte gleichmäßig über die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode ( $\pm 2$  Stunden) verteilt sein, und einer dieser Prüfpunkte muss in der Mitte der vollen Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode ( $\pm 2$  Stunden) liegen.

Für jeden Schadstoff HC + NO<sub>x</sub> und CO ist zwischen den Datenpunkten eine gerade Linie zu ziehen, wobei die erste Prüfung zum Zeitpunkt Null eingezeichnet und die Methode der kleinsten Fehlerquadrate angewendet wird. Der Verschlechterungsfaktor ergibt sich aus den berechneten Emissionen am Ende der Dauerhaltbarkeitsperiode, geteilt durch die berechneten Emissionen zum Zeitpunkt Null.

1.4.1.6. Die berechneten Verschlechterungsfaktoren können andere Motorfamilien umfassen als die bei der Berechnung zugrunde gelegten, sofern der Hersteller vor der Typgenehmigung eine für die nationale Typgenehmigungsbehörde akzeptable Begründung dafür vorlegt, dass die betreffenden Motorfamilien aufgrund der verwendeten Konstruktionsweise und Technologie aller Voraussicht nach ähnliche Emissions-Verschlechterungsmerkmale aufweisen.

Nachstehend eine nicht erschöpfende Liste der Zuordnung nach Konstruktionsweise und Technologie:

- Herkömmliche Zweitaktmotoren ohne Abgasnachbehandlung
- Herkömmliche Zweitaktmotoren mit einem Keramikkatalysator mit dem gleichen aktiven Material und Füllstoff und der gleichen Anzahl von Zellen je cm<sup>2</sup>
- Herkömmliche Zweitaktmotoren mit einem Metallkatalysator mit dem gleichen aktiven Material und Füllstoff, dem gleichen Substrat und der gleichen Anzahl von Zellen je cm<sup>2</sup>
- Zweitaktmotoren mit einem in Schichten angeordneten Spülsystem
- Viertaktmotoren mit Katalysator (wie vorstehend definiert) mit der gleichen Ventiltechnik und einem identischen Schmiersystem
- Viertaktmotoren ohne Katalysator mit der gleichen Ventiltechnik und einem identischen Schmiersystem

## 2. EMISSIONS-DAUERHALTBARKEITSPERIODEN FÜR MOTOREN DER STUFE II

2.1. Die Hersteller müssen zum Zeitpunkt der Typgenehmigung die für jede Motorfamilie geltende Kategorie der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode (EDP) angeben. Diese Kategorie ist die Kategorie, der der voraussichtlichen Nutzlebensdauer des Geräts, für das die Motoren nach Angabe des Motorenherstellers bestimmt sind, am nächsten kommt. Die Hersteller müssen für jede Motorfamilie die Daten, durch die sich ihre Wahl der EDP-Kategorie untermauern lässt, aufbewahren. Diese Daten sind der Typgenehmigungsbehörde auf Anfrage vorzulegen.

2.1.1. Für handgehaltene Motoren wählen die Hersteller eine EDP-Kategorie aus Tabelle 1 aus.

Tabelle 1: EDP-Kategorien für handgehaltene Motoren (Stunden)

Kategorie	1	2	3
Klasse SH:1	50	125	300
Klasse SH:2	50	125	300
Klasse SH:3	50	125	300

2.1.2. Für nicht handgehaltene Motoren wählen die Hersteller eine EDP-Kategorie aus Tabelle 2 aus.

Tabelle 2: EDP-Kategorien für nicht handgehaltene Motoren (Stunden)

Kategorie	1	2	3
Klasse SN:1	50	125	300
Klasse SN:2	125	250	500
Klasse SN:3	125	250	500
Klasse SN:4	250	500	1 000

2.1.3. Der Hersteller muss der Typgenehmigungsbehörde gegenüber glaubhaft nachweisen, dass die angegebene Nutzlebensdauer angemessen ist. Die Daten zur Untermauerung der Wahl der EDP-Kategorie für eine bestimmte Motorenfamilie durch den Hersteller können unter anderem die folgenden Punkte umfassen:

- Übersichten über die Lebensdauer der Geräte, in die die betreffenden Motoren eingebaut sind;
- technische Gutachten zu im Betrieb gealterten Motoren, um festzustellen, wann sich die Leistung des Motors so weit verschlechtert, dass die eingeschränkte Gebrauchstauglichkeit und/oder Zuverlässigkeit eine Überholung oder den Austausch des Motors erfordert;

- Garantieerklärungen und Garantiefrieten;
- Marketing-Unterlagen betreffend die Lebensdauer des Motors;
- von Nutzern gemeldete Störfälle;
- technische Gutachten zur Dauerhaltbarkeit (in Stunden) bestimmter Motortechnologien, -werkstoffe und -konstruktionen.“

5. Anhang IV wird zu Anhang V und wird wie folgt geändert:

Die derzeitigen Überschriften erhalten folgende Fassung:

**„TECHNISCHE DATEN DES BEZUGSKRAFTSTOFFS FÜR DIE GENEHMIGUNGSPRÜFUNGEN UND DIE ÜBERPRÜFUNG DER ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION**

**BEZUGSKRAFTSTOFF FÜR KOMPRESSIENZÜNDUNGSMOTOREN MOBILER MASCHINEN UND GERÄTE (1)“**

In der Tabelle wird in der Zeile „Neutralisationszahl“ die Abkürzung „min.“ in Spalte 2 durch „max.“ ersetzt. Folgende Tabelle und folgende Fußnoten werden neu hinzugefügt:

**„BEZUGSKRAFTSTOFF FÜR FREMDZÜNDUNGSMOTOREN MOBILER MASCHINEN UND GERÄTE**

*Anmerkung:* Der Kraftstoff für Zweitaktmotoren ist ein Gemisch aus Schmieröl und dem nachstehend beschriebenen Kraftstoff. Das Mischungsverhältnis von Kraftstoff und Öl muss der Empfehlung des Herstellers laut Anhang IV Abschnitt 2.7 entsprechen.

Parameter	Einheit	Grenzwerte (1)		Prüfmethode	Veröffentlichung
		Min.	Max.		
Research-Oktananzahl, ROZ		95,0	—	EN 25164	1993
Motor-Oktananzahl, MOZ		85,0	—	EN 25163	1993
Dichte bei 15 °C	kg/m <sub>3</sub>	748	762	ISO 3675	1995
Dampfdruck nach Reid	kPa	56,0	60,0	EN 12	1993
Destillation			—		
Siedebeginn	°C	24	40	EN-ISO 3405	1988
— bei 100 °C verdunstet	Vol. %	49,0	57,0	EN-ISO 3405	1988
— bei 150 °C verdunstet	Vol. %	81,0	87,0	EN-ISO 3405	1988
— Siedeende	°C	190	215	EN-ISO 3405	1988
Rückstand	%	—	2	EN-ISO 3405	1988
Analyse der Kohlenwasserstoffe:	—				—
— Olefine	Vol. %	—	10	ASTM D 1319	1995
— Aromaten	Vol. %	28,0	40,0	ASTM D 1319	1995
— Benzol	Vol. %	—	1,0	EN 12177	1998
— Gesättigte Kohlenwasserstoffe	Vol. %	—	Rest	ASTM D 1319	1995
Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis		Bericht	Bericht		
Oxidationsbeständigkeit (2)	min	480	—	EN-ISO 7536	1996
Sauerstoffgehalt	Mass. %	—	2,3	EN 1601	1997

Parameter	Einheit	Grenzwerte <sup>(1)</sup>		Prüfmethode	Veröffentlichung
		Min.	Max.		
Abdampfrückstand	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246	1997
Schwefelgehalt	mg/kg	—	100	EN-ISO 14596	1998
Kupferkorrosion bei 50 °C		—	1	EN-ISO 2160	1995
Bleigehalt	g/l	—	0,005	EN 237	1996
Phosphorgehalt	g/l	—	0,0013	ASTM D 3231	1994

*Anmerkung 1:* Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind ‚tatsächliche Werte‘. Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte kamen die Bestimmungen von ISO 4259 ‚Mineralölerzeugnisse — Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren‘ zur Anwendung, und bei der Festlegung eines Mindestwertes wurde eine Mindestdifferenz von 2R über Null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Höchst- und Mindestwertes beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit). Unbeschadet dieser aus statistischen Gründen erforderlichen Maßnahme sollte der Hersteller des Kraftstoffs trotzdem anstreben, in den Fällen, in denen ein Höchstwert von 2R vorgegeben ist, einen Nullwert zu erreichen, und in den Fällen, in denen Ober- und Untergrenzen angegeben sind, einen Mittelwert zu erreichen. Bestehen Zweifel, ob ein Kraftstoff die vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

*Anmerkung 2:* Der Kraftstoff kann Oxidationsinhibitoren und Metalldeaktivatoren enthalten, die normalerweise zur Stabilisierung von Raffineriebenzinströmen Verwendung finden; es dürfen jedoch keine Detergentien/Dispersionszusätze und Lösungsöle zugesetzt sein.“

6. Anhang V wird Anhang VI.

7. Anhang VI wird Anhang VII und wird wie folgt geändert:

a) Anlage 1 wird wie folgt geändert:

— Die Überschrift erhält folgende Fassung:

„Anlage 1

**PRÜFERGEBNISSE FÜR KOMPRESSIIONSZÜNDUNGSMOTOREN“**

— Abschnitt 1.3.2 erhält folgende Fassung:

„1.3.2. Bei der angegebenen Motordrehzahl aufgenommene Leistung (nach Angaben des Herstellers)

Einrichtung	Bei verschiedenen Motordrehzahlen aufgenommene Leistung $P_{AE}$ (kW) (*) unter Berücksichtigung von Anlage 3 dieses Anhangs	
	Zwischendrehzahl (falls zutreffend)	Nennndrehzahl
Gesamt		

(\*) Darf 10 % der während der Prüfung gemessenen Leistung nicht überschreiten.“



— Abschnitt 1.4.2 erhält folgende Fassung:

„1.4.2. **Motorleistung (\*)**

Bedingung	Leistung (kW) bei verschiedenen Motordrehzahlen	
	Zwischendrehzahl (falls zutreffend)	Nennendrehzahl
Bei der Prüfung gemessene Höchstleistung ( $P_M$ ) (kW) (a)		
Gesamte Leistungsaufnahme der motorgetriebenen Einrichtungen gemäß Abschnitt 1.3.2 oder Anhang III Abschnitt 2.8 ( $P_{AE}$ ) (kW) (b)		
Nettoleistung des Motors gemäß Anhang I Abschnitt 2.4 (kW) (c)		
$c = a + b$		

(\*) Nichtkorrigierte Leistung, gemessen entsprechend den Bestimmungen von Anhang I Abschnitt 2.4.“

— Abschnitt 1.5 erhält folgende Fassung:

„1.5. **Emissionswerte**

1.5.1. **Dynamometereinstellung (kW)**

Teillast	Dynamometereinstellung (kW) bei verschiedenen Motordrehzahlen	
	Zwischendrehzahl (falls zutreffend)	Nennendrehzahl
10 (falls zutreffend)		
25 (falls zutreffend)		
50		
75		
100		

1.5.2. **Ergebnisse der Emissionsprüfung nach dem Prüfzyklus:“**

b) Folgende Anlage wird eingefügt:

„Anlage 2

**PRÜFERGEBNISSE FÜR FREMDZÜNDUNGSMOTOREN**

1. INFORMATION ZUR DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNG(EN) (\*):

1.1. **Für die Prüfung verwendeter Bezugskraftstoff**

1.1.1. Oktanzahl:

1.1.2. Wenn — wie bei Zweitaktmotoren — dem Kraftstoff Schmiermittel zugesetzt ist, ist der prozentuale Anteil des Öls in der Mischung anzugeben.

1.1.3. Dichte des Benzins bei Viertaktmotoren und des Benzin/Öl-Gemischs bei Zweitaktmotoren.

(\*) Im Fall mehrerer Stamm-Motoren für jeden einzeln anzugeben.

1.2. **Schmiermittel**

1.2.1. Marke(n)

1.2.2. Typ(en)

1.3. **Vom Motor angetriebene Einrichtungen (falls vorhanden)**

1.3.1. Aufzählung und Einzelheiten

1.3.2. Bei der angegebenen Motordrehzahl aufgenommene Leistung (nach Angaben des Herstellers)

Einrichtung	Bei verschiedenen Motordrehzahlen aufgenommene Leistung $P_{AE}$ (kW) (*) unter Berücksichtigung von Anlage 3 dieses Anhangs	
	Zwischendrehzahl (falls zutreffend)	Nennendrehzahl
Gesamt		

(\*) Darf 10 % der während der Prüfung gemessenen Leistung nicht überschreiten.

1.4. **Motorleistung**

1.4.1. Motordrehzahlen:

Leerlauf:  $\text{min}^{-1}$ Zwischendrehzahl:  $\text{min}^{-1}$ Nennendrehzahl:  $\text{min}^{-1}$ 

1.4.2. Motorleistung (\*)

Bedingung	Leistung (kW) bei verschiedenen Motordrehzahlen	
	Zwischendrehzahl (falls zutreffend)	Nennendrehzahl
Bei der Prüfung gemessene Höchstleistung ( $P_M$ ) (kW) (a)		
Gesamte Leistungsaufnahme der motorgetriebenen Einrichtungen gemäß Abschnitt 1.3.2 dieser Anlage oder Anhang III Abschnitt 2.8 ( $P_{AE}$ ) (kW) (b)		
Nettoleistung des Motors gemäß Anhang I Abschnitt 2.4 (kW) (c)		
$c = a + b$		

(\*) Nichtkorrigierte Leistung, gemessen entsprechend den Bestimmungen von Anhang I Abschnitt 2.4.

1.5. **Emissionswerte**

## 1.5.1. Dynamometereinstellung (kW)

Teillast	Dynamometereinstellung (kW) bei verschiedenen Motordrehzahlen	
	Zwischendrehzahl (falls zutreffend)	Nennendrehzahl (falls zutreffend)
10 (falls zutreffend)		
25 (falls zutreffend)		
50		
75		
100		

## 1.5.2. Ergebnisse der Emissionsprüfung nach dem Prüfzyklus:

CO: g/kWh

HC: g/kWh

NO<sub>x</sub>: g/kWh“

## c) Folgende Anlage wird eingefügt:

„Anlage 3

**AUSRÜSTUNGEN UND HILFSEINRICHTUNGEN, DIE BEI DER PRÜFUNG ZUR BESTIMMUNG DER MOTORLEISTUNG ZU INSTALLIEREN SIND**

Nr.	Hilfseinrichtung	Bei der Emissionsprüfung installiert
1	Einlasssystem	
	Ansaugleitung	Ja, serienmäßig
	Kurbelgehäuseentlüftung	Ja, serienmäßig
	Steuerung der Resonanzaufladung	Ja, serienmäßig
	Luftmengenmesser	Ja, serienmäßig
	Lufteinlasssystem	Ja <sup>(a)</sup>
	Luftfilter	Ja <sup>(a)</sup>
	Ansaugschalldämpfer	Ja <sup>(a)</sup>
	Drehzahlbegrenzer	Ja <sup>(a)</sup>
2	Luftvorwärmung der Ansaugleitung	Ja, serienmäßig. Sie ist im Rahmen des Möglichen in ihrer günstigsten Stellung zu betreiben.
3	Auspuffanlage	
	Abgasfilter	Ja, serienmäßig
	Auspuffkrümmer	Ja, serienmäßig
	Abgasleitung	Ja <sup>(b)</sup>
	Schalldämpfer	Ja <sup>(b)</sup>
	Endrohr	Ja <sup>(b)</sup>
	Auspuffbremse	Nein <sup>(c)</sup>
Auflader	Ja, serienmäßig	

Nr.	Hilfseinrichtung	Bei der Emissionsprüfung installiert
4	Kraftstoffpumpe	Ja, serienmäßig <sup>(d)</sup>
5	Vergaserausrüstung	
	Vergaser	Ja, serienmäßig
	Elektronisches Überwachungssystem, Luftmengenmesser usw.	Ja, serienmäßig
	Ausrüstung für Gasmotoren	
	Druckreduzierer	Ja, serienmäßig
	Verdampfer	Ja, serienmäßig
	Mischer	Ja, serienmäßig
6	Kraftstoffeinspritzung (Benzin und Dieseldieselkraftstoff)	
	Vorfilter	Ja, serienmäßig oder Prüfstands-ausrüstung
	Filter	Ja, serienmäßig oder Prüfstands-ausrüstung
	Pumpe	Ja, serienmäßig
	Hochdruckleitung	Ja, serienmäßig
	Einspritzdüse	Ja, serienmäßig
	Lufteinlassventil	Ja, serienmäßig <sup>(e)</sup>
	Elektronisches Steuersystem, Luftstrommesser usw.	Ja, serienmäßig
	Regler	Ja, serienmäßig
	Atmosphärischer Lastbegrenzer	Ja, serienmäßig
7	Flüssigkeitskühlung	
	Kühler	Nein
	Lüfter	Nein
	Luftleiteinrichtung des Lüfters	Nein
	Wasserpumpe	Ja, serienmäßig <sup>(f)</sup>
	Thermostat	Ja, serienmäßig <sup>(g)</sup>
8	Luftkühlung	
	Luftleiteinrichtung	Nein <sup>(h)</sup>
	Gebläse	Nein <sup>(h)</sup>
	Temperaturregler	Nein
9	Elektrische Ausrüstung	
	Lichtmaschine	Ja, serienmäßig <sup>(i)</sup>
	Zündverteiler	Ja, serienmäßig
	Spule(n)	Ja, serienmäßig
	Kabel	Ja, serienmäßig
	Zündkerzen	Ja, serienmäßig
	Elektronisches Kontrollsystem mit Klopf-sensoren/Zündverstellung	Ja, serienmäßig

Nr.	Hilfseinrichtung	Bei der Emissionsprüfung installiert	
10	Lader	Ja, serienmäßig	
	Entweder direkt durch den Motor und/oder durch die Auspuffgase angetriebener Lader		
	Ladeluftkühler		Ja, serienmäßig oder Prüfstands-ausrüstung <sup>(i)</sup> <sup>(k)</sup>
	Kühlmittelpumpe oder -lüfter (vom Motor angetrieben)		Nein <sup>(h)</sup>
	Kühlmittelthermostat	Ja, serienmäßig	
11	Zusätzlicher Prüfstandslüfter	Ja, falls notwendig	
12	Einrichtung zur Abgasreinigung	Ja, serienmäßig <sup>(l)</sup>	
13	Startausrüstung	Prüfstands-ausrüstung	
14	Schmierölpumpe	Ja, serienmäßig	

- <sup>(a)</sup> Das komplette Einlasssystem ist entsprechend der beabsichtigten Verwendung einzubeziehen, wenn eine erhebliche Auswirkung auf die Motorleistung zu befürchten ist; bei nicht aufgeladenen Fremdzündungsmotoren; wenn der Hersteller darum ersucht.  
In anderen Fällen darf ein gleichwertiges System verwendet werden und sollte eine Nachprüfung durchgeführt werden, damit sichergestellt ist, dass der Druck an der Ansaugleitung um nicht mehr als 100 Pa von dem vom Hersteller für einen sauberen Luftfilter genannten oberen Grenzwert abweicht.
- <sup>(b)</sup> Die komplette Auspuffanlage ist entsprechend der beabsichtigten Verwendung einzubeziehen, wenn eine erhebliche Auswirkung auf die Motorleistung zu befürchten ist; bei nicht aufgeladenen Fremdzündungsmotoren; wenn der Hersteller darum ersucht.  
In anderen Fällen darf ein gleichwertiges System eingebaut werden, sofern der gemessene Druck von dem vom Hersteller angegebenen oberen Grenzwert nicht mehr als 1 000 Pa abweicht.
- <sup>(c)</sup> Wenn der Motor über eine eingebaute Auspuffbremse verfügt, ist deren Klappe in vollständig geöffneter Stellung zu fixieren.
- <sup>(d)</sup> Der Kraftstoffförderdruck darf erforderlichenfalls nachgeregelt werden, um die bei dem betreffenden Verwendungszweck vorhandenen Drücke zu reproduzieren (insbesondere, wenn ein System mit Kraftstoffrückführung verwendet wird).
- <sup>(e)</sup> Der Luftdruckfühler ist der Geber für die luftdruckabhängige Regelung der Einspritzpumpe. Regler oder Einspritzanlage können weitere Einrichtungen enthalten, die die Menge des eingespritzten Kraftstoffs beeinflussen.
- <sup>(f)</sup> Die Umwälzung der Kühlflüssigkeit darf ausschließlich durch die Wasserpumpe des Motors bewirkt werden. Die Abkühlung der Kühlflüssigkeit darf über einen externen Kreislauf erfolgen, vorausgesetzt, dass der Druckverlust des externen Kreislaufs und der Druck am Pumpeneintritt im Wesentlichen dem des Kühlsystems des Motors entsprechen.
- <sup>(g)</sup> Der Thermostat darf in vollständig geöffneter Stellung fest eingestellt sein.
- <sup>(h)</sup> Falls während der Prüfung der Lüfter oder das Gebläse angebracht ist, muss die dadurch aufgenommene Leistung zu dem Prüfungsergebnis hinzuaddiert werden. Davon ausgenommen sind bei luftgekühlten Motoren direkt an der Kurbelwelle angebrachte Lüfter. Die Gebläse- und/oder Lüfterleistung ist bei den bei der Prüfung verwendeten Motordrehzahlen zu bestimmen. Dies kann entweder durch Berechnung anhand von Standardkennwerten oder durch praktische Versuche erfolgen.
- <sup>(i)</sup> Mindestleistung der Lichtmaschine: Die elektrische Leistung der Lichtmaschine ist auf den Wert zu beschränken, der für die Versorgung der für den Betrieb des Motors unverzichtbaren Hilfseinrichtungen unbedingt erforderlich ist. Muss eine Batterie angeschlossen werden, so hat diese vollständig geladen und in ordnungsgemäßem Zustand zu sein.
- <sup>(j)</sup> Ladeluftgekühlte Motoren sind mit Ladeluftkühlung zu prüfen, wobei es unerheblich ist, ob diese mit Flüssigkeit oder mit Luft betrieben wird; auf Wunsch des Herstellers darf ein luftgekühlter Kühler durch ein Prüfstandssystem ersetzt werden. In jedem Fall ist die Leistungsmessung bei allen Motordrehzahlen unter maximalem Druck- und minimalem Temperaturabfall für die den Ladeluftkühler durchlaufende Motorluft auf einem Prüfstandssystem, wie es der Hersteller angegeben hat, zu prüfen.
- <sup>(k)</sup> Dazu dürfen beispielsweise gehören: Abgasrückführung, Katalysator, Thermoreaktor, Nebenluftzufuhr und Kraftstoffverdampfungsschutz.
- <sup>(l)</sup> Die erforderliche Leistung für die elektrische oder andersartige Startausrüstung muss vom Prüfstandssystem bereitgestellt werden.“

8. Die Anhänge VII bis X werden Anhänge VIII bis XI.
- 9 Folgender Anhang wird angefügt:

„ANHANG XII

**ANERKENNUNG ALTERNATIVER TYPGENEHMIGUNGEN**

1. In Bezug auf Motoren der Kategorien A, B und C gemäß Artikel 9 Absatz 2 werden die folgenden Typgenehmigungen und gegebenenfalls die entsprechenden Genehmigungszeichen als mit den nach dieser Richtlinie erteilten Genehmigungen gleichwertig anerkannt:
    - 1.1. Richtlinie 2000/25/EG.
    - 1.2. Typgenehmigungen gemäß Richtlinie 88/77/EWG, die den Anforderungen für die Stufe A oder B gemäß Artikel 2 und Anhang I Abschnitt 6.2.1 der Richtlinie 88/77/EWG in der Fassung der Richtlinie 91/542/EWG oder der VN-ECE-Regelung 49, Änderungsreihe 02, Korrigenda 1/2, entsprechen.
    - 1.3. Typgenehmigungsbogen gemäß VN-ECE-Regelung 96.
  2. In Bezug auf Motoren der Kategorien D, E, F und G (Stufe II) gemäß Artikel 9 Absatz 3 werden die Gleichwertigkeit der folgenden Typgenehmigungen und gegebenenfalls die entsprechenden Genehmigungszeichen mit den nach dieser Richtlinie erteilten Genehmigungen anerkannt:
    - 2.1. Genehmigungen nach Stufe II der Richtlinie 2000/25/EG.
    - 2.2. Typgenehmigungen gemäß Richtlinie 88/77/EWG in der Fassung der Richtlinie 1999/96/EG, die den Anforderungen für die Stufen A, B1, B2 oder C gemäß Artikel 2 und Anhang I Abschnitt 6.2.1 entsprechen.
    - 2.3. VN-ECE-Regelung 49, Änderungsreihe 03.
    - 2.4. Genehmigungen nach Stufe B der VN-ECE-Regelung 96 gemäß Abschnitt 5.2.1 der Änderungsreihe 01 zu Regelung 96.“
-