



Brüssel, den 12. Dezember 2016  
(OR. en)

15472/16  
ADD 2

ENT 230  
ENV 794  
MI 792

### ÜBERMITTLUNGSVERMERK

---

Absender:	Europäische Kommission
Eingangsdatum:	9. Dezember 2016
Empfänger:	Generalsekretariat des Rates
Nr. Komm.dok.:	D045884/02 ANNEX 3 - PART 1/3
Betr.:	ANHANG der Verordnung der Kommission zur Ergänzung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Fahrzeugreparatur- und -wartungsinformationen, zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission sowie der Verordnung (EU) Nr. 1230/2012 der Kommission und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 692/2008

---

Die Delegationen erhalten in der Anlage das Dokument D045884/02 ANNEX 3 - PART 1/3.

---

Anl.: D045884/02 ANNEX 3 - PART 1/3



EUROPÄISCHE  
KOMMISSION

Brüssel, den XXX  
D045884/02  
[...] (2016) XXX draft

ANNEX 3 – PART 1/3

## ANHANG

*der*

### **Verordnung der Kommission**

**zur Ergänzung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Fahrzeugreparatur- und -wartungsinformationen, zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission sowie der Verordnung (EU) Nr. 1230/2012 der Kommission und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 692/2008**

## ANHANG III

[Reserviert]

### „ANHANG IIIA

#### NACHPRÜFUNG DER EMISSIONEN IM TATSÄCHLICHEN FAHRBETRIEB

## 1. EINLEITUNG, BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND ABKÜRZUNGEN

### 1.1. Einleitung

Dieser Anhang beschreibt das Verfahren für die Nachprüfung des Emissionsverhaltens von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen im praktischen Fahrbetrieb (real driving emissions, RDE).

### 1.2. Begriffsbestimmungen

1.2.1. „*Genauigkeit*“ bezeichnet die Abweichung eines gemessenen oder errechneten Wertes von einem rückverfolgbaren Bezugswert.

1.2.2. „*Analysator*“ bezeichnet ein Messgerät, das nicht Teil des Fahrzeugs ist, sondern installiert wird, um die Konzentration oder die Menge der gasförmigen Schadstoffe oder luftverunreinigenden Partikel zu bestimmen.

1.2.3. „*Achsabschnitt*“ einer linearen Regression bezeichnet den Wert  $a_0$  nach folgender Formel:

$$a_0 = \bar{y} - (a_1 \times \bar{x})$$

Dabei ist:

$a_1$  die Steigung der Regressionsgeraden

$\bar{x}$  der Mittelwert des Bezugsparameters

$\bar{y}$  der Mittelwert des zu überprüfenden Parameters

1.2.4. „Kalibrierung“ bezeichnet den Vorgang der Einstellung des Ansprechens eines Analysators, eines Durchsatzmessgeräts, eines Sensors oder eines Signals, sodass seine Ausgabe mit einem oder mehreren Bezugssignalen übereinstimmt.

1.2.5. „Bestimmungskoeffizient“ bezeichnet den Wert  $r^2$  nach folgender Formel:

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 \times x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dabei ist:

$a_0$	der Achsabschnitt der Regressionsgeraden
$a_1$	die Steigung der Regressionsgeraden
$x_i$	der gemessene Bezugswert
$y_i$	der gemessene Wert des nachzuprüfenden Parameters
$\bar{y}$	der Mittelwert des zu überprüfenden Parameters
$n$	die Anzahl der Werte

1.2.6. „Kreuzkorrelations-Koeffizient“ bezeichnet den Wert  $r$  nach folgender Formel:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (y_i - \bar{y})^2}}$$

Dabei ist:

$x_i$	der gemessene Bezugswert
$y_i$	der gemessene Wert des nachzuprüfenden Parameters
$\bar{x}$	der Mittelwert des Bezugswertes
$\bar{y}$	der Mittelwert des zu überprüfenden Parameters
$n$	die Anzahl der Werte

1.2.7. „*Ansprechverzögerung*“ bezeichnet die Zeit, die vom Umschalten des Gasstroms ( $t_0$ ) vergeht, bis der angezeigte Messwert 10 % ( $t_{10}$ ) seines Endwertes erreicht.

1.2.8. „*Signale oder Daten des Motorsteuergeräts*“ bezeichnet jede Fahrzeuginformation und jedes Signal aus dem Fahrzeugnetz, die mit Hilfe der Protokolle nach Anlage 1 Nummer 3.4.5 aufgezeichnet werden.

1.2.9. „*Motorsteuergerät*“ bezeichnet das elektronische Gerät, das verschiedene Aktoren steuert, um eine optimale Leistung des Antriebstrangs zu gewährleisten.

1.2.10. „*Emissionen*“, auch „*Abgasbestandteile*“, „*Schadstoffe*“ oder „*Schadstoffemissionen*“ genannt, bezeichnen die limitierten gas- oder partikelförmigen Bestandteile des Abgases.

1.2.11. „*Abgas*“ bezeichnet die Gesamtheit aller gas- und partikelförmigen Abgasbestandteile, die durch die Verbrennung des Kraftstoffs im Verbrennungsmotor des Fahrzeugs entstehen und am Abgasauslass oder dem Auspuffrohr ausgestoßen werden.

1.2.12. „*Abgasemissionen*“ bezeichnet die Emissionen von Partikeln, beschrieben durch deren Masse und deren Anzahl, sowie von gasförmigen Abgasbestandteilen aus dem Auspuff eines Fahrzeugs.

1.2.13. „*Skalenendwert*“ bezeichnet den gesamten Messbereich eines Analysators, Durchsatzmessgeräts oder Sensors gemäß den Angaben des Herstellers der Einrichtung. Wird bei Messungen ein Teilmessbereich des Analysators, Durchsatzmessgeräts oder Sensors verwendet, ist unter dem Skalenendwert der maximale Ablesewert zu verstehen.

1.2.14. „*Kohlenwasserstoff-Ansprechfaktor*“ für eine bestimmte Art von Kohlenwasserstoffen bezeichnet das Verhältnis zwischen dem Ablesewert eines Flammenionisations-Detektors (FID) und der Konzentration der jeweiligen Kohlenwasserstoffart in der Bezugsgasflasche in ppmC<sub>1</sub>.

1.2.15. „*Größere Wartungsarbeiten*“ bezeichnet die Einstellung, die Reparatur oder den Ersatz eines Analysators, eines Durchsatzmessgeräts oder eines Sensors, wodurch die Messgenauigkeit beeinflusst werden könnte.



n die Anzahl der Werte

1.2.24. „*Sensor*“ bezeichnet eine Messeinrichtung, die nicht Teil des Fahrzeugs selbst ist, sondern installiert wird, um Parameter zu bestimmen, bei denen es sich nicht um die Konzentration der gas- und partikelförmigen Schadstoffe oder den Abgas-Massendurchsatz handelt.

1.2.25. „*Justieren*“ bezeichnet die Kalibrierung eines Analysators, Durchsatzmessgeräts oder Sensors, so dass er auf ein Normal, das möglichst genau dem bei der tatsächlichen Emissionsprüfung erwarteten Höchstwert entspricht, exakt anspricht.

1.2.26. „*Justierausschlag*“ bezeichnet den Mittelwert des Ausschlags beim Ansprechen auf ein Justiersignal über einen Zeitraum von mindestens 30 Sekunden.

1.2.27. „*Justierausschlagsdrift*“ bezeichnet die Differenz zwischen dem Mittelwert des Ansprechens auf ein Justiersignal und dem tatsächlichen Justiersignal, die eine bestimmte Zeit nach der genauen Justierung eines Analysators, eines Durchsatzmessgeräts oder eines Sensors gemessen wird.

1.2.28. „*Steigung*“ einer linearen Regression bezeichnet den Wert  $a_1$  nach folgender Formel:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \times (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Dabei ist:

$\bar{x}$	der Mittelwert des Bezugsparameters
$\bar{y}$	der Mittelwert des zu überprüfenden Parameters
$x_i$	der tatsächliche Wert des Bezugsparameters
$y_i$	der tatsächliche Wert des zu überprüfenden Parameters
$n$	die Anzahl der Werte

1.2.29. „*Standardabweichung vom Schätzwert*“ bezeichnet den Wert *SEE* nach der folgenden Formel:

$$SEE = \frac{1}{x_{\max}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{(n-2)}}$$

Dabei ist:

$\bar{y}$	der Mittelwert des zu überprüfenden Parameters
$y_i$	der tatsächliche Wert des zu überprüfenden Parameters
$x_{\max}$	der tatsächliche Höchstwert des Bezugsparameters
$n$	die Anzahl der Werte

1.2.30. „Gesamtkohlenwasserstoffe“ (total hydrocarbons, THC) bezeichnet die Summe aller mit einem Flammenionisierungsdetektor (FID) messbaren flüchtigen Verbindungen.

1.2.31. „Rückverfolgbarkeit“ bezeichnet die Möglichkeit, eine Messung oder einen Ablesewert in einer ununterbrochenen Vergleichskette mit einer bekannten und gemeinsam vereinbarten Norm in Verbindung zu bringen.

1.2.32. „Wandlungszeit“ bezeichnet den Zeitunterschied zwischen einer Veränderung der Konzentration oder des Durchsatzes ( $t_0$ ) am Bezugspunkt und dem Ansprechen des Systems mit 50 % des Endwertes ( $t_{50}$ ).

1.2.33. „Typ des Analysators“ oder „Analysatortyp“ bezeichnet eine Gruppe von Analysatoren, die von demselben Hersteller gefertigt werden und in denen zur Bestimmung der Konzentration eines bestimmten gasförmigen Abgasbestandteils oder der Partikelzahl dasselbe Prinzip zum Einsatz kommt.

1.2.34. „Typ des Abgasmassendurchsatzmessers“ bezeichnet eine Gruppe von Abgasmassendurchsatzmessern, die von demselben Hersteller gefertigt werden, deren Rohr einen ähnlichen Innendurchmesser aufweist und die den Abgasmassendurchsatz nach demselben Prinzip bestimmen.



1.2.35. „Validierung“ bezeichnet den Vorgang zur Bewertung der ordnungsgemäßen Installation und Funktion eines portablen Emissionsmesssystems und der Richtigkeit der Abgasmassendurchsatzwerte, welche von einem oder mehreren nicht rückverfolgbaren Abgasmassendurchsatzmessern gemessen oder mit Hilfe der Signale von Sensoren oder Motorsteuergeräten berechnet wurden.

1.2.36. „Nachprüfung“ bezeichnet den Vorgang, mit dem bewertet wird, ob der gemessene oder berechnete Ausgabewert eines Analysators, Durchsatzmessgeräts, Sensors oder Signals innerhalb einer oder mehrerer zuvor festgelegter Anerkennungsschwellen mit einem Bezugssignal übereinstimmt.

1.2.37. „Nullpunkteinstellung“ bezeichnet die Kalibrierung eines Analysators, Durchsatzmessgeräts oder Sensors, sodass die Einrichtung auf ein Nullsignal exakt anspricht.

1.2.38. „Nullpunktwert“ bezeichnet den Mittelwert des Ausschlags beim Ansprechen auf ein Nullsignal über einen Zeitraum von mindestens 30 Sekunden.

1.2.39. „Nullpunktdrift“ bezeichnet die Differenz zwischen dem Mittelwert des Ausschlags beim Ansprechen auf ein Nullsignal und dem tatsächlichen Nullsignal, die nach der genauen Nullkalibrierung eines Analysators, eines Durchsatzmessgeräts oder eines Sensors über einen bestimmten Zeitraum gemessen wird.

### 1.3. Abkürzungen

Abkürzungen beziehen sich allgemein sowohl auf die Singular- als auch die Pluralform der abgekürzten Termini.

CH <sub>4</sub>	-	Methan
CLD	-	ChemiLumineszenzdetektor
CO	-	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	-	Kohlendioxid
CVS	-	Probenahmeeinrichtung mit konstantem Volumen (constant volume sampler)
DCT	-	Kraftübertragung mit Doppelkupplung (dual clutch transmission)
ECU	-	Motorsteuerungsgerät (engine control unit)

EFM	-	Abgasmassendurchsatzmesser (exhaust mass flow meter)
FID	-	Flammenionisationsdetektor
FS	-	Skalenendwert (full scale)
GPS	-	Global Positioning System (weltweites Ortungssystem über Satelliten)
H <sub>2</sub> O	-	Wasser
HC	-	Kohlenwasserstoffe
HCLD	-	beheizter ChemiLumineszenzdetektor (heated chemiluminescence detector)
HEV	-	Hybridelektrofahrzeug (hybrid electric vehicle)
ICE	-	Verbrennungsmotor (internal combustion engine)
ID	-	Kennnummer oder -code
LPG	-	Flüssiggas (liquid petroleum gas)
MAW	-	Gleitendes Mittelungsfenster (moving average window)
max	-	Höchstwert
N <sub>2</sub>	-	Stickstoff
NDIR	-	nichtdispersiver Infrarot-Analysator
NDUV	-	nichtdispersiver Ultraviolett-Analysator
NEDC	-	Neuer europäischer Fahrzyklus (New European Driving Cycle)
NG	-	Erdgas (natural gas)
NMC	-	Nicht-Methan-Cutter
NMC-FID	-	Nicht-Methan-Cutter kombiniert mit einem Flammenionisationsdetektor
NMHC	-	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe
NO	-	Stickstoffmonoxid
Nr.	-	Nummer
NO <sub>2</sub>	-	Stickstoffdioxid

NO <sub>x</sub>	-	Stickoxide
NTE	-	Grenzwert (not to exceed)
O <sub>2</sub>	-	Sauerstoff
OBD	-	On-Board-Diagnosesysteme
PEMS	-	portables Emissionsmesssystem
PHEV	-	Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeug (plug-in hybrid electric vehicle)
PN	-	Partikelzahl
RDE	-	Emissionen im tatsächlichen Fahrbetrieb (real driving emissions)
RPA	-	Relative positive Beschleunigung (relative positive acceleration)
SCR	-	selektive katalytische Reduktion (selective catalytic reduction)
SEE	-	Standardabweichung vom Schätzwert (standard error of estimate)
THC	-	Gesamtkohlenwasserstoffe (total hydrocarbons)
UNECE	-	Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (United Nations Economic Commission for Europe)
FIN	-	Fahrzeug-Identifizierungsnummer
WLTC	-	weltweit harmonisierter Prüfzyklus für leichte Nutzfahrzeuge (worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle)
WWH-OBD	-	weltweit harmonisierte On-Board-Diagnosesysteme (worldwide harmonized on-board diagnostics)

## 2. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

### 2.1 Verbindliche Emissionsgrenzwerte (NTE)

Während der gesamten normalen Lebensdauer eines nach der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 genehmigten Fahrzeugtyps dürfen dessen gemäß diesem Anhang bestimmte Emissionen bei keiner gemäß diesem Anhang durchgeführten RDE-Prüfung folgende abgasspezifische verbindliche Grenzwerte (NTE-Werte) überschreiten:

$$NTE_{\text{pollutant}} = CF_{\text{pollutant}} \times TF(\rho_1, \dots, \rho_n) \times \text{EURO-6};$$

dabei ist „Euro 6“ der nach Anhang I Tabelle 2 der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 für Euro 6 geltende Emissionsgrenzwert.

#### 2.1.1 Endgültige Übereinstimmungsfaktoren

Der Übereinstimmungsfaktor  $CF_{\text{pollutant}}$  für den jeweiligen Schadstoff wird wie folgt festgelegt:

Schadstoff	Stickoxidmasse (NOx)	Partikelzahl (PN)	Masse des Kohlenmonoxids (CO) <sup>(1)</sup>	Masse der gesamten Kohlenwasserstoffe (THC)	Summe der Massen der Kohlenwasserstoffe und der Stickstoffoxide (THC + NOx)
$CF_{\text{pollutant}}$	1 + <i>margin</i> wobei <i>margin</i> = 0,5	zu bestimmen	-	-	-

<sup>(1)</sup> Die CO-Emissionen sind bei RDE-Prüfungen zu messen und aufzuzeichnen.

„*margin*“ (Toleranz): ein Parameter, welcher die durch die PEMS-Ausrüstung hinzugekommenen zusätzlichen Messunsicherheiten berücksichtigt, die jährlich überprüft werden und nach einer Verbesserung der Qualität des PEMS-Verfahrens oder technischem Fortschritt zu revidieren sind.

#### 2.1.2 Vorläufige Übereinstimmungsfaktoren

Abweichend von den Bestimmungen von Nummer 2.1.1 können auf Antrag des Herstellers bis zu fünf Jahre und vier Monate nach den in Artikel 10 Absätze 4 und 5 der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 angegebenen Daten folgende vorläufige Übereinstimmungsfaktoren angewandt werden:

Schadstoff	Stickoxidmasse (NOx)	Partikelzahl (PN)	Masse des Kohlenmonoxids (CO) <sup>(1)</sup>	Masse der gesamten Kohlenwasserstoffe (THC)	Summe der Massen der Kohlenwasserstoffe und der Stickstoffoxide
------------	----------------------	-------------------	--	---	---

					(THC + NOx)
$CF_{pollutant}$	2.1	zu bestimmen	-	-	-

(1) Die CO-Emissionen sind bei RDE-Prüfungen zu messen und aufzuzeichnen.

Die Anwendung vorläufiger Übereinstimmungsfaktoren ist in der Übereinstimmungsbescheinigung des Fahrzeugs zu vermerken.

### 2.1.3 Übertragungsfunktionen

Die Übertragungsfunktion  $TF(p_1, \dots, p_n)$  gemäß Nummer 2.1 erhält für alle Parameter  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) den Wert 1.

Wird die Übertragungsfunktion  $TF(p_1, \dots, p_n)$  geändert, so muss dies auf eine Weise erfolgen, die sich nicht nachteilig auf die Umwelt und auf die Wirksamkeit der RDE-Prüfverfahren auswirkt. Hierbei ist insbesondere folgende Bedingung einzuhalten:

$$\int TF(p_1, \dots, p_n) * Q(p_1, \dots, p_n) dp = \int Q(p_1, \dots, p_n) dp$$

Dabei ist

-  $dp$  das Integral über allen Parametern  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ )

-  $Q(p_1, \dots, p_n)$ , die Wahrscheinlichkeitsdichte eines den Parametern entsprechenden Ereignisses  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) im praktischen Fahrbetrieb. Der Hersteller bestätigt die Einhaltung von Nummer 2.1 durch Ausfüllen der Bescheinigung nach Anlage 9.

- 2.1. Die in diesem Anhang vorgeschriebenen RDE-Prüfungen bei der Typgenehmigung und während der Lebensdauer eines Fahrzeugs begründen die Vermutung der Konformität mit den Anforderungen nach Nummer 2.1. Die Konformitätsvermutung kann durch zusätzliche RDE-Prüfungen überprüft werden.
  - 2.2. Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass Fahrzeuge entsprechend den Bestimmungen ihrer eigenen nationalen Rechtsvorschriften und unter Einhaltung der örtlichen Straßenverkehrs-Rechtsvorschriften und Sicherheitsanforderungen mit PEMS auf öffentlichen Straßen geprüft werden können.
  - 2.3. Die Hersteller stellen sicher, dass Fahrzeuge von einer unabhängigen Stelle mit PEMS auf öffentlichen Straßen geprüft werden können, z. B. indem sie geeignete Adapter für Auspuffrohre zur Verfügung stellen, Zugang zu ECU-Signalen gewähren und die nötigen Verwaltungsvereinbarungen schließen. Wenn die jeweilige Prüfung mit PEMS in dieser Verordnung nicht vorgeschrieben ist, kann der Hersteller eine angemessene Gebühr gemäß Artikel 7 Absatz 1 der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 erheben.
3. DURCHZUFÜHRENDE RDE-PRÜFUNG
    - 3.1. Die folgenden Anforderungen gelten für Prüfungen mit PEMS nach Artikel 3 Absatz 10 Unterabsatz 2.

- 3.1.0. Die Anforderungen von Nummer 2.1 müssen im Stadtfahrzyklus und während der gesamten PEMS-Fahrt erfüllt werden. Nach Wahl des Herstellers sind die Bedingungen von mindestens einer der beiden nachstehenden Nummern zu erfüllen:
- 3.1.0.1.  $M_{gas,d,t} \leq NTE_{pollutant}$  und  $M_{gas,d,u} \leq NTE_{pollutant}$ , wobei die Begriffsbestimmungen von Nummer 2.1 dieses Anhangs und der Nummern 6.1 und 6.3 von Anlage 5 sowie die Einstellung  $gas = pollutant$  gelten.
- 3.1.0.2.  $M_{w,gas,d} \leq NTE_{pollutant}$  und  $M_{w,gas,d,u} \leq NTE_{pollutant}$ , wobei die Begriffsbestimmungen von Nummer 2.1 dieses Anhangs und Nummer 3.9 von Anlage 6 sowie die Einstellung  $gas = pollutant$  gelten.
- 3.1.1. Für die Typgenehmigung wird der Abgasmassendurchsatz mit Messgeräten bestimmt, die unabhängig vom Fahrzeug funktionieren, und es dürfen keine ECU-Daten des Fahrzeugs verwendet werden. Erfolgt die Messung nicht im Rahmen der Typgenehmigung, können nach Anlage 2 Nummer 7.2 auch alternative Methoden zur Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes verwendet werden.
- 3.1.2. Ist die Genehmigungsbehörde nicht zufrieden mit der Prüfung der Datenqualität und den Ergebnissen der Validierung einer nach den Anlagen 1 und 4 durchgeführten PEMS-Prüfung, kann sie die Prüfung für ungültig erklären. In einem solchen Fall zeichnet die Genehmigungsbehörde die Prüfungsdaten und die Gründe, aus denen die Prüfung für ungültig erklärt wurde, auf.
- 3.1.3. Berichterstattung und Verbreitung von Informationen zu RDE-Prüfungen
- 3.1.3.1. Der Hersteller stellt der Genehmigungsbehörde einen von ihm erstellten technischen Bericht nach Anlage 8 zur Verfügung.
- 3.1.3.2. Der Hersteller sorgt dafür, dass folgende Angaben auf einer öffentlich zugänglichen Website kostenlos abgerufen werden können:
- 3.1.3.2.1. Bei Eingabe der Genehmigungsnummer des Fahrzeugtyps und der Angaben zu Typ, Variante und Version gemäß den Abschnitten 0.10 und 0.2 der EG-Übereinstimmungsbescheinigung nach Anhang IX der Richtlinie 2007/46/EG die eindeutige Identifizierungsnummer der PEMS-Prüfungsfamilie, zu der ein bestimmter Fahrzeugemissionstyp gehört (siehe Anlage 7 Nummer 5.2).
- 3.1.3.2.2. Bei Eingabe der eindeutigen Identifizierungsnummer einer PEMS-Prüfungsfamilie:
- die vollständigen Informationen gemäß Anlage 7 Nummer 5.1
  - die Listen gemäß Anlage 7 Nummern 5.3 und 5.4
  - die Ergebnisse der PEMS-Prüfungen gemäß Anlage 5 Nummer 6.3 und Anlage 6 Nummer 3.9 für alle Fahrzeugemissionstypen der Liste nach Anlage 7 Nummer 5.4
- 3.1.3.3. Auf Anfrage stellt der Hersteller jeder interessierten Partei den technischen Bericht nach Nummer 3.1.3.1 binnen 30 Tagen kostenlos zur Verfügung.

3.1.3.4. Auf Anfrage stellt die Typpgenehmigungsbehörde die unter den Nummern 3.1.3.1 und 3.1.3.2 aufgeführten Informationen binnen dreißig Tagen nach Eingang der Anfrage bereit. Die Typpgenehmigungsbehörde kann eine angemessene und verhältnismäßige Gebühr erheben, welche weder abschreckend auf einen Antragsteller mit berechtigtem Interesse an den jeweiligen Informationen wirken noch die internen Kosten übersteigen darf, die der Behörde durch die Bereitstellung der angeforderten Informationen entstehen.

#### 4. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

4.1. Das Emissionsverhalten im tatsächlichen Fahrbetrieb ist durch die Prüfung von Fahrzeugen auf der Straße unter normalen Fahrmustern und -bedingungen und mit normaler Nutzlast nachzuweisen. Die RDE-Prüfung muss repräsentativ für den Betrieb der Fahrzeuge auf ihren tatsächlichen Fahrtrouten mit normaler Belastung sein.

4.2. Der Hersteller muss der Genehmigungsbehörde nachweisen, dass das ausgewählte Fahrzeug, die Fahrmuster, die Bedingungen und Nutzlasten repräsentativ für die Fahrzeugfamilie sind. Anhand der Anforderungen zur Nutzlast und zur Höhenlage gemäß den Nummern 5.1 und 5.2 ist vorab zu bestimmen, ob die Bedingungen für eine RDE-Prüfung akzeptabel sind.

4.3. Die Genehmigungsbehörde schlägt eine Prüfstrecke in städtischer Umgebung sowie auf der Landstraße und auf der Autobahn vor, die die Anforderungen von Nummer 6 erfüllt. Bei der Auswahl einer Strecke ist auf der Grundlage einer topografischen Karte festzulegen, wo Stadtverkehrs-, Landstraßen- oder Autobahnbedingungen vorliegen.

4.4. Werden bei einem Fahrzeug die Emissionen oder die Leistung durch die Erfassung von ECU-Daten beeinflusst, wird die gesamte PEMS-Prüfungsfamilie, zu der das Fahrzeug gemäß der Definition in Anlage 7 gehört, als nicht konform betrachtet. Diese Funktion gilt als „Abschalteinrichtung“ im Sinne von Artikel 3 Absatz 10 der Verordnung (EG) Nr. 715/2007.

#### 5. RANDBEDINGUNGEN

##### 5.1. Fahrzeugnutzlast und Prüfmasse

5.1.1. Die Grundnutzlast des Fahrzeugs umfasst den Fahrer, gegebenenfalls einen Zeugen der Prüfung sowie die Prüfausrüstung einschließlich der Anbringungsteile und der Energieversorgungseinrichtungen.

5.1.2. Zu Prüfungszwecken kann künstliche Nutzlast hinzugefügt werden, solange die Gesamtmasse der Grundnutzlast und der künstlichen Nutzlast 90 % der Summe der „Masse der Fahrgäste“ und der „Nutzlast“ gemäß den Definitionen in Artikel 2 Absätze 19 und 21 der Verordnung (EU) Nr. 1230/2012 der Kommission(\*) nicht überschreitet.

(\*) Verordnung (EU) Nr. 1230/2012 der Kommission vom 12. Dezember 2012 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 661/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Anforderungen an die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern bezüglich ihrer Massen und Abmessungen und zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 353 vom 21.12.2012, S. 31).

## 5.2. Umgebungsbedingungen

5.2.1. Die Prüfung ist unter den Umgebungsbedingungen gemäß diesem Abschnitt durchzuführen. Um „erweiterte“ Umgebungsbedingungen handelt es sich, wenn mindestens die auf die Temperatur oder die Höhenlage bezogenen Bedingungen erweitert sind.

5.2.2. Gemäßigte Höhenlage-Bedingungen: Höhe höchstens 700 Meter über dem Meeresspiegel.

5.2.3. Erweiterte Höhenlage-Bedingungen: Höhe über 700 Meter und höchstens 1300 Meter über dem Meeresspiegel.

5.2.4. Gemäßigte Temperaturbedingungen: mindestens 273 K (0 °C) und höchstens 303 K (30 °C).

5.2.5. Erweiterte Temperaturbedingungen: mindestens 266 K (-7°C) und höchstens 273 K (0 °C) oder mindestens 303 K (30 °C) und höchstens 308 K (35 °C)

5.2.6. Abweichend von den Bestimmungen der Nummern 5.2.4 und 5.2.5 muss im Zeitraum ab dem Geltungsbeginn verbindlicher NTE-Emissionsgrenzwerte gemäß Nummer 2.1 bis fünf Jahre nach den Zeitpunkten gemäß Artikel 10 Absätze 4 und 5 der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 der untere Temperaturwert für gemäßigte Bedingungen mindestens 276 K (3 °C) und der untere Temperaturwert für erweiterte Bedingungen mindestens 271 K (-2 °C) betragen.

5.3. Entfällt.

## 5.4. Dynamische Bedingungen

Die dynamischen Bedingungen umfassen den Einfluss der Straßenneigung, des Gegenwindes, der Fahrdynamik (Beschleunigungen, Verzögerungen) sowie von Nebenverbrauchern auf Energieverbrauch und Emissionen des Prüffahrzeugs. Die Nachprüfung der Normalität der dynamischen Bedingungen erfolgt nach Abschluss der Prüfung anhand der aufgezeichneten PEMS-Daten. Diese Nachprüfung ist in zwei Schritten durchzuführen.

5.4.1. Anhand der in Anlage 7a zu diesem Anhang beschriebenen Verfahren ist zu überprüfen, ob die Fahrdynamik während der Fahrt zu groß oder zu gering ist.

5.4.2. Erweist sich die Fahrt im Zuge der Nachprüfungen gemäß Nummer 5.4.1 als gültig, müssen die in den Anlagen 5 und 6 zu diesem Anhang festgelegten Verfahren zur Nachprüfung der Normalität der Testbedingungen angewendet werden. Jedes Verfahren umfasst einen Bezugswert für die dynamischen Bedingungen, Spannen



um den Bezugswert herum und die Anforderungen in Bezug auf den Bereich, der bei einer gültigen Prüfung mindestens erfasst werden muss.

## 5.5. Zustand und Betrieb des Fahrzeugs

### 5.5.1. Nebenverbraucher

Der Betrieb der Klimaanlage und der sonstigen Nebenverbraucher muss ihrer möglichen Verwendung durch den Verbraucher unter normalen Fahrbedingungen auf der Straße entsprechen.

### 5.5.2. Fahrzeuge mit einem System mit periodischer Regenerierung

5.5.2.1. „System mit periodischer Regenerierung“ ist gemäß der Definition in Artikel 2 Absatz 6 zu verstehen.

5.5.2.2. Tritt eine periodische Regenerierung während einer Prüfung auf, kann die Prüfung auf Antrag des Herstellers für ungültig erklärt und einmal wiederholt werden.

5.5.2.3. Der Hersteller kann für den Abschluss des Regenerationsvorgangs sorgen und das Fahrzeug vor der zweiten Prüfung in geeigneter Weise vorkonditionieren.

5.5.2.4. Erfolgt eine Regenerierung bei der Wiederholung der RDE-Prüfung, sind die Schadstoffe, die bei der Wiederholungsprüfung ausgestoßen wurden, in die Bewertung der Emissionen aufzunehmen.

## 6. ANFORDERUNGEN FÜR DIE FAHRT

6.1. Die Anteile der Fahrt in der Stadt, auf Landstraßen und auf Autobahnen, gekennzeichnet durch die momentanen Geschwindigkeiten gemäß den Nummern 6.3 bis 6.5, sind in Prozent der Gesamtfahrstrecke auszudrücken.

6.2. Die Fahrsequenz muss in der Stadt beginnen und auf Landstraßen und Autobahnen entsprechend den Anteilen gemäß Nummer 6.6 fortgesetzt werden. Der Betrieb in der Stadt sowie auf Landstraßen und Autobahnen muss ohne Unterbrechung erfolgen. Der Betrieb auf Landstraßen kann durch kurzzeitigen Stadtbetrieb unterbrochen werden, wenn die Fahrt durch städtische Gebiete hindurchführt. Der Betrieb auf Autobahnen kann, etwa beim Passieren von Mautstellen oder Abschnitten mit Baustellen, durch kurzzeitigen Stadt- oder Landstraßenbetrieb unterbrochen werden. Ist aus praktischen Gründen eine andere Prüfreihefolge gerechtfertigt, kann die Abfolge des Stadt-, Landstraßen- und Autobahnbetriebs mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde verändert werden.

6.3. Der Stadtbetrieb ist gekennzeichnet durch Fahrzeuggeschwindigkeiten von höchstens 60 km/h.

6.4. Der Landstraßenbetrieb ist gekennzeichnet durch Fahrzeuggeschwindigkeiten von mindestens 60 km/h und höchstens 90 km/h.

6.5. Der Autobahnbetrieb ist durch Geschwindigkeiten von über 90 km/h gekennzeichnet.

- 6.6. Die Fahrt muss zu etwa 34 % aus Stadtbetrieb, zu etwa 33 % aus Landstraßenbetrieb und zu etwa 33 % aus Autobahnbetrieb, gekennzeichnet durch die unter den Nummern 6.3 bis 6.5 angegebenen Geschwindigkeiten, bestehen. „Etwa“ bezeichnet dabei einen Bereich von  $\pm 10$  Prozentpunkten um die angegebenen Prozentwerte. Die Fahrt in der Stadt darf jedoch nie weniger als 29 % der Gesamtfahrstrecke ausmachen.
- 6.7. Die Fahrzeuggeschwindigkeit darf normalerweise 145 km/h nicht überschreiten. Eine Überschreitung der Höchstgeschwindigkeit um einen Toleranzwert von 15 km/h ist zulässig, wenn der entsprechende Anteil 3 % der Gesamtdauer der Autobahnfahrt nicht überschreitet. Lokale Geschwindigkeitsbegrenzungen bleiben bei einer PEMS-Prüfung unbeschadet sonstiger rechtlicher Folgen in Kraft. Verstöße gegen lokale Geschwindigkeitsbegrenzungen führen als solche nicht dazu, dass die Ergebnisse einer PEMS-Prüfung ungültig werden.
- 6.8. Beim städtischen Anteil der Fahrstrecke sollte die Durchschnittsgeschwindigkeit (unter Einrechnung der Haltezeiten) zwischen 15 km/h bis 40 km/h liegen. Die Haltezeiten, gekennzeichnet durch eine Fahrzeuggeschwindigkeit von weniger als 1 km/h, müssen 6 bis 30 % der Gesamtdauer des Stadtbetriebs ausmachen. Der Stadtbetrieb muss mehrere Haltezeiten von mindestens 10 s umfassen. Beträgt eine Haltezeit mehr als 180 s, so sind die Emissionsereignisse der auf eine solche übermäßig lange Haltezeit folgenden 180 s von der Emissionsbewertung auszunehmen.
- 6.9. Die Geschwindigkeitsspanne bei der Autobahnfahrt muss einen Bereich zwischen 90 km/h und mindestens 110 km/h in geeigneter Weise abdecken. Die Fahrzeuggeschwindigkeit muss mindestens 5 Minuten lang über 100 km/h betragen.
- 6.10. Die Dauer der Fahrt muss zwischen 90 und 120 Minuten betragen.
- 6.11. Ausgangs- und Endpunkt dürfen sich in ihrer Höhe über dem Meeresspiegel um nicht mehr als 100 m unterscheiden. Außerdem muss die proportionale kumulierte positive Höhendifferenz weniger als 1200 m/100 km betragen und gemäß Anlage 7b ermittelt werden.
- 6.12. Die Mindeststrecke für den Stadt-, den Landstraßen- sowie den Autobahnbetrieb beträgt jeweils 16 km.

## 7. ANFORDERUNGEN AN DEN BETRIEB

- 7.1. Die Fahrstrecke muss so gewählt werden, dass die Prüfung nicht unterbrochen wird und die Daten kontinuierlich aufgezeichnet werden, damit die minimale Prüfungsdauer nach Nummer 6.10 erreicht wird.
- 7.2. Das PEMS ist durch eine externe Quelle und nicht durch eine Quelle, die ihre Energie direkt oder indirekt vom Motor des Prüffahrzeugs bezieht, mit Strom zu versorgen.
- 7.3. Die PEMS-Ausrüstung ist so einzubauen, dass die Emissionen und/oder die Leistung des Fahrzeugs so wenig wie möglich beeinflusst werden. Es ist darauf zu achten, die

Masse der eingebauten Ausrüstung und mögliche Veränderungen der Aerodynamik des Prüffahrzeugs so gering wie möglich zu halten. Die Nutzlast des Fahrzeugs muss den Bestimmungen von Nummer 5.1 entsprechen.

- 7.4. RDE-Prüfungen sind an Arbeitstagen gemäß der für die Union gültigen Definition in der Verordnung (EWG, Euratom) Nr. 1182/71 des Rates (\*) durchzuführen.

---

(\*) Verordnung (EWG, Euratom) Nr. 1182/71 des Rates vom 3. Juni 1971 zur Festlegung der Regeln für die Fristen, Daten und Termine (ABl. L 124 vom 8.6.1971, S. 1).

- 7.5. RDE-Prüfungen sind auf befestigten Straßen durchzuführen (Geländebetrieb ist beispielsweise unzulässig).
- 7.6. Lange Leerlaufzeiten sind nach der ersten Zündung des Verbrennungsmotors zu Beginn der Emissionsprüfung zu vermeiden. Wird der Motor während der Prüfung abgewürgt, kann er erneut gestartet werden, die Datenerfassung darf jedoch nicht unterbrochen werden.

## 8. SCHMIERÖL, KRAFTSTOFF UND REAGENS

- 8.1. Der Kraftstoff, das Schmiermittel und (falls zutreffend) das Reagens für die RDE-Prüfung müssen den Vorschriften des Herstellers für den Betrieb des Fahrzeugs durch den Kunden entsprechen.
- 8.2. Es sind Proben des Kraftstoffs, des Schmiermittels und (falls zutreffend) des Reagens zu nehmen und mindestens ein Jahr aufzubewahren.

## 9. EMISSIONEN UND BEWERTUNG DER FAHRT

- 9.1. Die Prüfung ist gemäß Anlage 1 dieses Anhangs durchzuführen.
- 9.2. Die Fahrt muss die Anforderungen der Nummern 4 bis 8 erfüllen.
- 9.3. Mit Ausnahme der Bestimmungen der Nummer 6.8 zu übermäßig langen Haltezeiten ist es nicht zulässig, die Daten verschiedener Fahrten zu kombinieren oder die Daten einer Fahrt zu verändern oder zu löschen.
- 9.4. Nach Feststellung der Gültigkeit einer Fahrt gemäß Nummer 9.2 sind die Emissionsergebnisse nach den Methoden der Anlagen 5 und 6 dieses Anhangs zu berechnen.
- 9.5. Werden die Umgebungsbedingungen in einem bestimmten Zeitraum nach Nummer 5.2 erweitert, sind die für diesen bestimmten Zeitraum nach Anlage 4 berechneten Schadstoffemissionen durch 1,6 zu dividieren, bevor sie im Hinblick auf

die Einhaltung der Anforderungen dieses Anhangs bewertet werden. Diese Bestimmung gilt nicht für Kohlendioxidemissionen.

- 9.6. Der Kaltstart ist gemäß Anlage 4 Nummer 4 dieses Anhangs definiert. Bis zur Anwendung besonderer Anforderungen für die Emissionen bei Kaltstart sind diese zwar aufzuzeichnen, aber nicht in die Emissionsbewertung einzubeziehen.

---

*Anlage 1*

**Prüfverfahren für Fahrzeugemissionsprüfungen mit einem portablen Emissionsmesssystem (PEMS)**

**1. EINLEITUNG**

In dieser Anlage wird das Verfahren zur Bestimmung der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen mit einem portablen Emissionsmesssystem beschrieben.

**2. SYMBOLE, PARAMETER UND EINHEITEN**

≤	-	kleiner oder gleich
#	-	Anzahl
#/m <sup>3</sup>	-	Anzahl pro Kubikmeter
%	-	Prozent
°C	-	Grad Celsius
g	-	Gramm
g/s	-	Gramm pro Sekunde
h	-	Stunde
Hz	-	Hertz
K	-	Kelvin
kg	-	Kilogramm
kg/s	-	Kilogramm pro Sekunde
km	-	Kilometer
km/h	-	Kilometer pro Stunde

kPa	-	Kilopascal
kPa/min	-	Kilopascal pro Minute
l	-	Liter
l/min	-	Liter pro Minute
m	-	Meter
m <sup>3</sup>	-	Kubikmeter
mg	-	Milligramm
min	-	Minute
$p_e$	-	Druck nach Evakuierung [kPa]
$q_{vs}$	-	Volumendurchsatz des Systems [l/min]
ppm	-	Teile pro Million
ppmC <sub>1</sub>	-	Teile Kohlenstoffäquivalent pro Million
rpm	-	Umdrehungen pro Minute
s	-	Sekunde
V <sub>s</sub>	-	Systemvolumen [l]

### **3. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN**

#### **3.1. PEMS**

Die Prüfungen sind mit einem PEMS, bestehend aus den unter den Nummern 3.1.1 bis 3.1.5 aufgeführten Bauteilen, durchzuführen. Falls zutreffend kann eine Verbindung mit dem Motorsteuergerät des Fahrzeugs hergestellt werden, um maßgebliche Motor- und Fahrzeugparameter gemäß Nummer 3.2 zu bestimmen.

##### *3.1.1. Analytoren zur Bestimmung der Konzentration von Schadstoffen im Abgas*

3.1.2. *Ein oder mehrere Instrumente oder Sensoren zur Messung oder Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes*

3.1.3. *Ein GPS-Gerät zur Bestimmung von Position, Höhe und Geschwindigkeit des Fahrzeugs*

3.1.4. *Falls zutreffend, Sensoren und andere Geräte, die kein Teil des Fahrzeugs sind, z. B. zur Messung von Umgebungstemperatur, relativer Feuchtigkeit, Luftdruck, und Fahrzeuggeschwindigkeit*

3.1.5. *Eine vom Fahrzeug unabhängige Energiequelle zur Energieversorgung des PEMS*

### **3.2. Prüfparameter**

Die in Tabelle 1 dieser Anlage angegebenen Prüfparameter sind gemäß den Anforderungen von Anlage 8 mit einer konstanten Frequenz von mindestens 1,0 Hz zu messen und aufzuzeichnen. Wenn Parameter vom ECU geliefert werden, sollten diese mit einer erheblich höheren Frequenz als die vom PEMS aufgezeichneten Parameter bereitgestellt werden. Die Analysatoren, Durchsatzmessgeräte und Sensoren des PEMS müssen die Anforderungen der Anlagen 2 und 3 dieses Anhangs erfüllen.

*Tabelle 1*

#### **Prüfparameter**

Parameter	Empfohlene Einheit	Quelle <sup>(8)</sup>
THC-Konzentration <sup>(1,4)</sup>	ppm	Analysator
CH <sub>4</sub> -Konzentration <sup>(1,4)</sup>	ppm	Analysator
NMHC-Konzentration <sup>(1,4)</sup>	ppm	Analysator <sup>(6)</sup>
CO-Konzentration <sup>(1,4)</sup>	ppm	Analysator
CO <sub>2</sub> -Konzentration <sup>(1)</sup>	ppm	Analysator
NO <sub>x</sub> -Konzentration <sup>(1,4)</sup>	ppm	Analysator <sup>(7)</sup>
Partikelkonzentration <sup>(4)</sup>	#/m <sup>3</sup>	Analysator
Abgasmassendurchsatz	kg/s	EFM, alle Verfahren nach Anlage 2 Nummer 7

Umgebungsfeuchte	%	Sensor
Umgebungstemperatur	K	Sensor
Umgebungsdruck	kPa	Sensor
Fahrzeuggeschwindigkeit	km/h	Sensor, GPS oder ECU <sup>(3)</sup>
Breitengrad des Fahrzeugs	Grad	GPS
Längengrad des Fahrzeugs	Grad	GPS
Höhenlage des Fahrzeugs <sup>(5,9)</sup>	M	GPS oder Sensor
Abgastemperatur <sup>(5)</sup>	K	Sensor
Temperatur des Motorkühlmittels <sup>(5)</sup>	K	Sensor oder ECU
Motordrehzahl <sup>(5)</sup>	rpm	Sensor oder ECU
Motordrehmoment <sup>(5)</sup>	Nm	Sensor oder ECU
Drehmoment an der angetriebenen Achse <sup>(5)</sup>	Nm	Felgen-Drehmomentmesser
Pedalstellung <sup>(5)</sup>	%	Sensor oder ECU
Kraftstoffdurchsatz des Motors <sup>(2)</sup>	g/s	Sensor oder ECU
Ansaugluftdurchsatz des Motors <sup>(2)</sup>	g/s	Sensor oder ECU
Fehlerstatus <sup>(5)</sup>	-	ECU
Temperatur des Ansaugluftstroms	K	Sensor oder ECU
Regenerierungsstatus <sup>(5)</sup>	-	ECU
Motoröltemperatur <sup>(5)</sup>	K	Sensor oder ECU
Tatsächlich eingelegter Gang <sup>(5)</sup>	#	ECU
Gewünschter Gang (z. B. Gangwechsellanzeiger) <sup>(5)</sup>	#	ECU
Sonstige Fahrzeugdaten <sup>(5)</sup>	Nicht näher bestimmt	ECU

Anmerkungen:



- (1) Im feuchten Bezugszustand zu messen oder gemäß Anlage 4 Nummer 8.1 zu korrigieren.
- (2) Nur zu bestimmen, wenn der Abgasmassendurchsatz mit einer indirekten Methode gemäß Anlage 4 Nummern 10.2 und 10.3 berechnet wird.
- (3) Das Verfahren zur Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit ist nach Nummer 4.7 zu wählen.
- (4) Parameter nur obligatorisch, wenn die Messung nach Anhang IIIA Nummer 2.1 erforderlich ist.
- (5) Nur zu bestimmen, wenn dies zur Nachprüfung des Fahrzeugzustandes und der Betriebsbedingungen notwendig ist.
- (6) Kann aus den THC- und CH<sub>4</sub>-Konzentrationen nach Anlage 4 Nummer 9.2 errechnet werden.
- (7) Kann aus der gemessenen NO- und NO<sub>2</sub>-Konzentration errechnet werden.
- (8) Es können mehrere Parameterquellen herangezogen werden.
- (9) Als Quelle ist bevorzugt der Sensor für den Umgebungsluftdruck heranzuziehen.

### **3.3. Vorbereitung des Fahrzeugs**

Die Vorbereitung des Fahrzeugs muss eine allgemeine Überprüfung der korrekten technischen Funktionsweise des Testfahrzeugs umfassen.

### **3.4. Einbau des PEMS**

#### *3.4.1. Allgemeines*

Der Einbau des PEMS geschieht nach den Anweisungen des PEMS-Herstellers unter Einhaltung der örtlichen Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften. Das PEMS ist so einzubauen, dass während der Prüfung elektromagnetische Störungen möglichst gering gehalten werden, und es ist dafür zu sorgen, dass es möglichst geringen Einwirkungen durch Stöße, Schwingungen, Staub und Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Beim Einbau und beim Betrieb des PEMS sind die Dichtheit zu gewährleisten und Wärmeverluste so gering wie möglich zu halten. Einbau und Betrieb des PEMS dürfen nicht zu einer veränderten Beschaffenheit des Abgases oder einer übermäßigen Verlängerung des Auspuffrohrs führen. Um die Entstehung von Partikeln zu vermeiden, müssen die Anschlüsse bei den bei der Prüfung zu erwartenden Abgastemperaturen thermisch stabil sein. Es wird empfohlen, für den Anschluss des Verbindungsrohrs an die Mündung des Fahrzeugauspuffs die Verwendung von Materialien zu vermeiden, die flüchtige Bestandteile abgeben könnten. Falls jedoch Anschlüsse aus Elastomeren zum Einsatz kommen, ist dafür zu sorgen, dass sie dem Abgas so wenig wie möglich ausgesetzt sind, damit Messfehler bei hoher Motorlast vermieden werden.

### *3.4.2. Zulässiger Abgasgegendruck*

Durch den Einbau und den Betrieb des PEMS darf sich der statische Druck an der Auspuffmündung nicht übermäßig erhöhen. Verlängerungen zur Erleichterung der Probenahme oder Verbindungen mit dem Abgasmassendurchsatzmesser müssen, soweit dies technisch machbar ist, eine mindestens ebenso große Querschnittsfläche aufweisen wie das Auspuffrohr.

### *3.4.3. Abgasmassendurchsatzmesser (EFM)*

Der Abgasmassendurchsatzmesser ist, falls vorhanden, gemäß den Empfehlungen des EFM-Herstellers an die Auspuffendrohre des Fahrzeugs anzuschließen. Der Messbereich des EFM muss dem Bereich der bei der Prüfung erwarteten Abgasmassendurchsatzwerte entsprechen. Die Anbringung des EFM und der Auspuffadapter oder der Verbindungsstücke darf den Betrieb des Motors oder des Abgasnachbehandlungssystems nicht beeinträchtigen. Vor und hinter dem Durchsatzsensor müssen mindestens vier Rohrdurchmesser oder 150 mm gerades Rohr liegen, je nachdem, welcher Wert größer ist. Bei der Prüfung von Mehrzylindermotoren mit verzweigtem Auspuffkrümmer empfiehlt es sich, die Rohre oberhalb des Abgasmassendurchsatzmessers zu vereinigen und die Querschnittsfläche der Rohrleitung angemessen zu vergrößern, um den Gegendruck im Auspuff so gering wie möglich zu halten. Wenn dies nicht möglich ist, ist eine Messung des Abgasdurchsatzes mit mehreren Abgasmassendurchsatzmessern in Betracht zu ziehen. Aufgrund der großen Vielfalt der Auspuffrohr-Konfigurationen und -Abmessungen sowie der Abgasmassendurchsatzwerte können bei Auswahl und Einbau des oder der EFM Kompromisse notwendig sein, die sich nach bestem fachlichen Ermessen richten müssen. Der Einbau eines EFM, dessen Durchmesser geringer ist als der Durchmesser der Mündung des Auspuffrohrs oder die Gesamtquerschnittsfläche mehrerer Mündungen, ist zulässig, wenn die Messgenauigkeit es erfordert und der Betrieb oder das Abgasnachbehandlungssystem nach Nummer 3.4.2 dadurch nicht beeinträchtigt werden.

### *3.4.4. Weltweites Ortungssystem über Satelliten (GPS)*

Die GPS-Antenne sollte so angebracht werden, dass ein guter Empfang des Satellitensignals gewährleistet ist, z. B., indem die Antenne so hoch wie möglich angebracht wird. Der Einfluss der angebrachten GPS-Antenne auf den Betrieb des Fahrzeugs muss so gering wie möglich sein.

### *3.4.5. Verbindung mit dem Motorsteuergerät (ECU)*

Falls gewünscht, können die in Tabelle 1 aufgeführten Fahrzeug- und Motorparameter mit Hilfe eines Datenloggers aufgezeichnet werden, welcher gemäß Normen wie ISO 15031-5 oder SAE J1979, OBD-II, EOBD oder WWH-OBD mit dem ECU oder dem Fahrzeugnetz verbunden ist. Die Hersteller müssen Label gegebenenfalls offenlegen, damit die benötigten Parameter identifiziert werden können.

### 3.4.6. Sensoren und Nebenverbraucher

Fahrzeuggeschwindigkeitssensoren, Temperatursensoren, Kühlmittelthermoelemente oder sonstige Messvorrichtungen, die nicht Teil des Fahrzeugs sind, sind so einzubauen, dass eine repräsentative, zuverlässige und genaue Messung des jeweiligen Parameters gewährleistet ist, ohne dass der Betrieb des Fahrzeugs oder die Funktion anderer Analysatoren, Durchsatzmessgeräte, Sensoren und Signale übermäßig beeinträchtigt wird. Sensoren und Nebenverbraucher sind unabhängig vom Fahrzeug mit Energie zu versorgen. Etwaige sicherheitsrelevante Beleuchtungseinrichtungen für Befestigungen und Anbauteile von PEMS-Bauteilen außerhalb des Führerhauses des Fahrzeugs dürfen durch die Fahrzeugbatterie mit Strom versorgt werden.

## 3.5. Emissionsprobenahme

Die Emissionsprobenahme muss repräsentativ sein und an Stellen durchgeführt werden, an denen das Abgas gut durchmischt und der Einfluss der Umgebungsluft unterhalb der Probenahmestelle so gering wie möglich ist. Falls zutreffend, sind die Emissionsproben unterhalb des Abgasmassendurchsatzmessers zu nehmen, wobei ein Mindestabstand von 150 mm zum Durchsatzsensor einzuhalten ist. Die Probenahmesonden sind oberhalb des Punktes anzubringen, an dem das Abgas aus der PEMS-Probenahmeeinrichtung in die Atmosphäre entlassen wird, wobei der Abstand zur Mündung mindestens 200 mm oder den dreifachen Auspuffrohrinnendurchmesser betragen muss, je nachdem, welcher Wert größer ist. Wird vom PEMS ein Abgasstrom ins Auspuffrohr zurückgeleitet, muss dies unterhalb der Probenahmesonde so geschehen, dass die Beschaffenheit des Abgases an den Probenahmestellen während des Motorbetriebs nicht verändert wird. Wird die Länge der Probenahmeleitung geändert, müssen die Systemtransportzeiten überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

Ist der Motor mit einer Anlage zur Abgasnachbehandlung versehen, muss die Abgasprobe unterhalb dieser Anlage entnommen werden. Bei der Prüfung eines Fahrzeugs mit Mehrzylindermotor und verzweigtem Auspuffkrümmer muss der Einlass der Sonde so weit strömungsabwärts angebracht sein, dass die Probe für die durchschnittlichen Abgasemissionen aller Zylinder repräsentativ ist. Bei Mehrzylindermotoren mit getrennten Auspuffkrümmern, etwa bei V-Motoren, müssen die Krümmer nach Möglichkeit strömungsaufwärts vor der Sonde zusammengeführt werden. Ist dies technisch nicht machbar, ist eine Probenahme an mehreren Stellen, an denen das Abgas gut durchmischt und frei von Umgebungsluft ist, in Betracht zu ziehen. In diesem Fall müssen Anzahl und Lage der Probenahmesonden soweit möglich der Anzahl und der Lage der Abgasmassendurchsatzmesser entsprechen. Bei ungleichen Abgasströmen ist eine proportionale Probenahme oder eine Probenahme mit mehreren Analysatoren in Betracht zu ziehen.

Bei Partikelmessungen ist die Abgasprobe in der Mitte des Abgasstroms zu nehmen. Werden für die Emissionsprobenahme mehrere Sonden verwendet, ist die Partikelprobenahmesonde oberhalb der übrigen Probenahmesonden anzubringen.

Für die Messung von Kohlenwasserstoffen ist die Probenahmeleitung auf  $463 \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \pm 10 \text{ °C}$ ) zu heizen. Für die Messung anderer gasförmiger Bestandteile mit oder ohne Kühler ist sie auf mindestens  $333 \text{ K}$  ( $60 \text{ °C}$ ) zu heizen, um Kondensation zu vermeiden und eine angemessene Durchlasseffizienz der verschiedenen Gase sicherzustellen. Bei Niederdruck-Probenahmesystemen kann die Temperatur entsprechend der Druckabnahme gesenkt werden, wenn das Probenahmesystem bei allen limitierten gasförmigen Schadstoffen eine Durchlasseffizienz von 95 % gewährleistet. Bei der Entnahme von Partikelproben ist die Probenahmeleitung ab der Stelle, an der die Probe aus dem Rohabgas entnommen wird, auf mindestens  $373 \text{ K}$  ( $100 \text{ °C}$ ) zu beheizen. Die Zeit, die die Probe in der Partikelprobenahmeleitung verweilt, bis sie zum ersten Mal verdünnt wird oder den Partikelzähler erreicht, muss unter 3 s betragen.

#### **4. VOR DER PRÜFUNG ZU TREFFENDE MAßNAHMEN**

##### **4.1. PEMS-Dichtheitsprüfung**

Nach dem Einbau des PEMS ist jedes in das Fahrzeug eingebaute PEMS mindestens einmal auf Dichtheit zu prüfen; dies geschieht nach dem vom PEMS-Hersteller vorgeschriebenen oder nach dem folgenden Verfahren. Die Sonde ist von der Auspuffanlage zu trennen und das Ende zu verstopfen. Die Pumpe des Analysators ist einzuschalten. Ist das System dicht, müssen nach einer Stabilisierungsphase alle Durchsatzmesser annähernd null anzeigen. Ansonsten ist die Probenahmeleitung zu kontrollieren und der Fehler zu beheben.

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

Alternativ kann das System auf mindestens 20 kPa Unterdruck (80 kPa absolut) evakuiert werden. Nach einer Stabilisierungsphase darf die Druckzunahme  $\Delta p$  (kPa/min) im System folgenden Wert nicht übersteigen:

$$\Delta p = \frac{p_e}{V_s} \times q_{vs} \times 0.005$$

Als Alternative ist am Anfang der Probenahmeleitung durch Umstellung von Null- auf Justiergas eine sprunghafte Konzentrationsveränderung herbeizuführen, wobei dieselben Druckverhältnisse wie im normalen Betrieb des Systems herrschen müssen. Wird für einen korrekt kalibrierten Analysator nach einem ausreichend langen Zeitraum eine Konzentration angezeigt, die  $\leq 99$  % der eingeleiteten Konzentration beträgt, ist die Undichtigkeit zu beheben.

#### **4.2. Starten und Stabilisieren der PEMS-Instrumente**

Das PEMS ist einzuschalten, aufzuheizen und nach den Vorschriften des PEMS-Herstellers zu stabilisieren, bis beispielsweise Drücke, Temperaturen und Durchsätze ihre Betriebssollwerte erreicht haben.

#### **4.3. Vorbereitung des Probenahmesystems**

Das Probenahmesystem, bestehend aus Probenahmesonde, Probenahmeleitungen und Analysatoren ist für die Prüfung nach den Anweisungen des PEMS-Herstellers vorzubereiten. Es muss sichergestellt sein, dass das Probenahmesystem sauber und frei von kondensierter Feuchtigkeit ist.

#### **4.4. Vorbereitung des Abgasmassendurchsatzmessers (EFM)**

Wird zur Messung des Abgasmassendurchsatzes ein EFM eingesetzt, ist dieser nach den Vorschriften des EFM-Herstellers zu spülen und für den Betrieb vorzubereiten. Durch dieses Verfahren sind gegebenenfalls Kondensate und Rückstände aus den Leitungen und den dazugehörigen Messanschlüssen zu entfernen.

#### **4.5. Überprüfung und Kalibrierung der Analysatoren für die Messung der gasförmigen Emissionen**

Die Kalibrierung des Nullpunkts und der Messbereichsgrenze des Analysators ist mit Kalibriergasen durchzuführen, die den Anforderungen von Anlage 2 Nummer 5 entsprechen. Die Kalibriergase sind so zu wählen, dass sie dem bei der RDE-Prüfung erwarteten Bereich der Schadstoffkonzentrationen entsprechen. Um die Drift von Analysatoren zu minimieren, sollte die Kalibrierung des Nullpunkts und der Messbereichsgrenze von Analysatoren bei einer Umgebungstemperatur vorgenommen werden, die der Temperatur, der die Prüfausrüstung während der RDE-Fahrt ausgesetzt ist, möglichst nahe kommt.

#### **4.6. Überprüfung des Analysators für die Messung von Partikelemissionen**

Das Nullniveau des Analysators ist mit Hilfe von Proben von Umgebungsluft aufzuzeichnen, die durch einen HEPA-Filter hindurchgeleitet wurden. Das Signal wird 2 min lang mit einer konstanten Frequenz von mindestens 1,0 Hz aufgezeichnet und ein Durchschnittswert ermittelt; die zulässige Konzentration wird festgelegt, sobald geeignete Messeinrichtungen zur Verfügung stehen.

#### **4.7. Messung der Fahrzeuggeschwindigkeit**

Die Fahrzeuggeschwindigkeit ist mit mindestens einem der folgenden Verfahren zu ermitteln:

- (a) mit einem GPS-Gerät; wird die Fahrzeuggeschwindigkeit mit einem GPS-Gerät ermittelt, ist die Gesamtfahrstrecke mit den Messungen nach einem anderen Verfahren gemäß Anlage 4 Nummer 7 abzugleichen
- (b) mit einem Sensor (z. B. einem optischen oder einem Mikrowellensensor); wird die Fahrzeuggeschwindigkeit mit einem Sensor ermittelt, muss die Geschwindigkeitsmessung den Anforderungen von Anlage 2 Nummer 8 entsprechen; stattdessen kann die vom Sensor ermittelte Gesamtfahrstrecke mit einem Bezugswert verglichen werden, der aus einem digitalen Straßennetz oder einer topographischen Karte stammt. Die vom Sensor ermittelte Gesamtstrecke darf nicht um mehr als 4 % vom Bezugswert abweichen
- (c) mit dem ECU; wird die Fahrzeuggeschwindigkeit mit dem ECU bestimmt, ist die Gesamtfahrstrecke nach Anlage 3 Nummer 3 zu validieren und das Geschwindigkeitssignal des ECU einzustellen, falls dies notwendig ist, um die Anforderungen von Anlage 3 Nummer 3.3 zu erfüllen. Stattdessen kann die vom ECU ermittelte Gesamtfahrstrecke mit einem Bezugswert verglichen werden, der aus einem digitalen Straßennetz oder einer topographischen Karte stammt. Die vom ECU ermittelte Gesamtstrecke darf nicht um mehr als 4 % vom Bezugswert abweichen

#### **4.8. Überprüfung der Einstellung des PEMS**

Die Richtigkeit der Verbindungen zu allen Sensoren und gegebenenfalls zum ECU ist nachzuprüfen. Wenn Motorparameter abgerufen werden, muss sichergestellt werden, dass die Werte vom ECU korrekt gemeldet werden (z. B. muss der Wert der Motordrehzahl [rpm] bei eingeschalteter Zündung aber abgeschaltetem Verbrennungsmotor null betragen). Das PEMS muss frei von Warnsignalen und Fehleranzeigen funktionieren.

## **5. DURCHFÜHRUNG DER EMISSIONSPRÜFUNG**

### **5.1. Prüfbeginn**

Die Probenahme sowie die Messung und Aufzeichnung der Parameter muss vor dem Starten des Motors beginnen. Zur Erleichterung des Zeitabgleichs wird empfohlen, die vom Zeitabgleich betroffenen Parameter entweder mit einem einzigen Aufzeichnungsgerät oder mit einem synchronisierten Zeitstempel aufzuzeichnen. Vor und unmittelbar nach dem Start des Motors ist zu prüfen, dass alle notwendigen Parameter vom Datenlogger aufgezeichnet werden.

### **5.2. Prüflauf**

Die Probenahme sowie die Messung und Aufzeichnung der Parameter müssen während der gesamten Straßenprüfung des Fahrzeugs erfolgen. Der Motor kann ausgeschaltet und neu gestartet werden, aber die Emissionsprobenahme und die Aufzeichnung der Parameter muss fortgesetzt werden. Etwaige Warnsignale, die auf Mängel des PEMS hindeuten, sind zu dokumentieren und nachzuprüfen. Die Parameter müssen mit einer Datenvollständigkeit von über 99 % aufgezeichnet werden. Eine Unterbrechung der Datenmessung und -aufzeichnung ist nur bei unbeabsichtigtem Signalverlust oder zwecks Wartung des PEMS zulässig, sofern der Unterbrechungszeitraum weniger als 1 % der Gesamtfahrdauer beträgt und eine zusammenhängende Dauer von 30 s nicht überschreitet. Unterbrechungen können vom PEMS direkt aufgezeichnet werden. Die Einführung von Unterbrechungen in den aufgezeichneten Parameter über die Vorverarbeitung, den Austausch oder die Nachbearbeitung der Daten ist jedoch nicht zulässig. Falls eine automatische Nullpunkteinstellung vorgenommen wird, muss diese anhand eines rückverfolgbaren Nullstandards erfolgen, der dem für die Nullpunkteinstellung des Analysators verwendeten ähnelt. Es wird dringend empfohlen, die Wartung des PEMS in Zeiträumen mit einer Fahrzeuggeschwindigkeit von null einzuleiten.

### **5.3. Prüfungsende**

Das Prüfungsende ist erreicht, wenn das Fahrzeug die Fahrt abgeschlossen hat und der Verbrennungsmotor ausgeschaltet ist. Übermäßige Leerlaufzeiten des Motors nach Abschluss der Fahrt sind zu vermeiden. Die Datenaufzeichnung muss fortgesetzt werden, bis die Ansprechzeit des Probenahmesystems abgelaufen ist.

## **6. NACH DER PRÜFUNG DURCHZUFÜHRENDES VERFAHREN**

### **6.1. Überprüfung des Analysators für die Messung gasförmiger Emissionen**

Die Kalibriergase zur Überprüfung des Nullpunkts und des Messbereichs der Analysatoren für gasförmige Emissionen müssen mit denen identisch sein, die zur Bewertung der Nullpunkt- und Ausschlagsdrift des Analysators gegenüber der Kalibrierung vor der Prüfung gemäß Nummer 4.5 verwendet werden. Eine Nullpunkteinstellung des Analysators vor Nachprüfung der Justierausschlagsdrift ist zulässig, wenn festgestellt wurde, dass die Nullpunktdrift innerhalb des

zulässigen Bereichs lag. Die Überprüfung der Drift nach der Prüfung ist so bald wie möglich nach der Prüfung, und bevor das PEMS oder einzelne Analysatoren oder Sensoren abgeschaltet werden oder in einen Nicht-Betriebs-Modus schalten, abzuschließen. Die Differenz zwischen den Ergebnissen vor und nach der Prüfung muss den Anforderungen von Tabelle 2 entsprechen.

*Tabelle 2*

**Zulässige Drift der Analysatoren während einer PEMS-Prüfung**

Schadstoff	Nullpunktdrift	Justierausschlagsdrift <sup>(1)</sup>
CO <sub>2</sub>	≤ 2000 ppm je Prüfung	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 2000 ppm je Prüfung, je nachdem, welcher Wert höher ist
CO	≤ 75 ppm je Prüfung	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 75 ppm je Prüfung, je nachdem, welcher Wert höher ist
NO <sub>2</sub>	≤ 5 ppm je Prüfung	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 5 ppm je Prüfung, je nachdem, welcher Wert höher ist
NO/NO <sub>x</sub>	≤ 5 ppm je Prüfung	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 5 ppm je Prüfung, je nachdem, welcher Wert höher ist
CH <sub>4</sub>	≤ 10 ppmC <sub>1</sub> je Prüfung	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 10 ppmC <sub>1</sub> je Prüfung, je nachdem, welcher Wert höher ist
THC	≤ 10 ppmC <sub>1</sub> je Prüfung	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 10 ppmC <sub>1</sub> je Prüfung, je nachdem, welcher Wert höher ist

<sup>(1)</sup> Liegt die Nullpunktdrift innerhalb des zulässigen Bereichs, ist es zulässig, die Nullpunkteinstellung des Analysators vor Nachprüfung der Justierausschlagsdrift vorzunehmen.

Ist bei der Nullpunkt- und bei der Justierausschlagsdrift die Differenz zwischen den Ergebnissen vor und nach der Prüfung höher als zulässig, sind alle Prüfungsergebnisse für ungültig zu erklären und die Prüfung zu wiederholen.

**6.2. Überprüfung des Analysators für die Messung von Partikelemissionen**

Das Nullniveau des Analysators ist mit Hilfe von Proben von Umgebungsluft aufzuzeichnen, die durch einen HEPA-Filter hindurchgeleitet wurden. Das Signal wird 2 min lang aufgezeichnet und ein



Durchschnittswert ermittelt; die endgültige zulässige Konzentration wird festgelegt, sobald geeignete Messeinrichtungen zur Verfügung stehen. Ist die Differenz zwischen den Ergebnissen vor und nach der Prüfung höher als zulässig, sind alle Prüfungsergebnisse für ungültig zu erklären und die Prüfung zu wiederholen.

### **6.3. Überprüfung der Emissionsmessungen bei der Straßenprüfung**

Der kalibrierte Bereich der Analysatoren muss mindestens 90 % der Konzentrationswerte aus 99 % der Messungen der gültigen Teile der Emissionsprüfung ausmachen. Eine Überschreitung des kalibrierten Bereichs der Analysatoren bis zu einem Faktor von zwei ist bei 1 % der Gesamtzahl der zur Bewertung herangezogenen Messungen zulässig. Sind diese Anforderungen nicht erfüllt, ist die Prüfung für ungültig zu erklären.

## Anlage 2

### Spezifikationen und Kalibrierung der PEMS-Bauteile und -Signale

#### 1. EINLEITUNG

Diese Anlage enthält die Spezifikationen und Kalibrierung der PEMS-Bauteile und -Signale.

#### 2. SYMBOLE, PARAMETER UND EINHEITEN

>	-	größer als
≥	-	größer als oder gleich
%	-	Prozent
≤	-	kleiner als oder gleich
$A$	-	Konzentration des unverdünnten CO <sub>2</sub> [%]
$a_0$	-	Abschnitt der y-Achse der Regressionsgeraden
$a_1$	-	Steigung der Regressionsgeraden
$B$	-	Konzentration des verdünnten CO <sub>2</sub> [%]
$C$	-	Konzentration des verdünnten NO [ppm]
$c$	-	Analysatorausschlag bei der Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit
$c_{FS,b}$	-	Skalenendwert der HC-Konzentration in Schritt b [ppmC <sub>1</sub> ]
$c_{FS,d}$	-	Skalenendwert der HC-Konzentration in Schritt d [ppmC <sub>1</sub> ]
$c_{HC(w/NMC)}$	-	HC-Konzentration bei Durchfluss von CH <sub>4</sub> oder C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> durch den NMC [ppmC <sub>1</sub> ]
$c_{HC(w/o NMC)}$	-	HC-Konzentration bei Vorbeileitung von CH <sub>4</sub> oder C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> am NMC [ppmC <sub>1</sub> ]

$C_{m,b}$	-	gemessene HC-Konzentration in Schritt b [ppmC <sub>1</sub> ]
$C_{m,d}$	-	gemessene HC-Konzentration in Schritt d [ppmC <sub>1</sub> ]
$C_{ref,b}$	-	Bezugs-HC-Konzentration in Schritt b [ppmC <sub>1</sub> ]
$C_{ref,d}$	-	Bezugs-HC-Konzentration in Schritt d [ppmC <sub>1</sub> ]
°C	-	Grad Celsius
$D$	-	Konzentration des unverdünnten NO [ppm]
$D_e$	-	erwartete Konzentration des verdünnten NO [ppm]
$E$	-	absoluter Betriebsdruck [kPa]
$E_{CO_2}$	-	Prozent CO <sub>2</sub> -Querempfindlichkeit
$E_E$	-	Ethanwirkungsgrad
$E_{H_2O}$	-	Prozent Wasserquerempfindlichkeit
$E_M$	-	Methanwirkungsgrad
$E_{O_2}$	-	Sauerstoffquerempfindlichkeit
$F$	-	Wassertemperatur [K]
$G$	-	Sättigungsdampfdruck [kPa]
$g$	-	Gramm
gH <sub>2</sub> O/kg	-	Gramm Wasser pro Kilogramm
$h$	-	Stunde
$H$	-	Wasserdampfkonzentration [%]
$H_m$	-	maximale Wasserdampfkonzentration [%]
Hz	-	Hertz
K	-	Kelvin
kg	-	Kilogramm
km/h	-	Kilometer pro Stunde
kPa	-	Kilopascal
max	-	Höchstwert
NO <sub>x,dry</sub>	-	feuchtigkeitskorrigierte durchschnittliche Konzentration der

		stabilisierten NO <sub>x</sub> -Aufzeichnungen
NO <sub>x,m</sub>	-	durchschnittliche Konzentration der stabilisierten NO <sub>x</sub> -Aufzeichnungen
NO <sub>x,ref</sub> Aufzeichnungen	-	durchschnittliche Konzentration der stabilisierten NO <sub>x</sub> -Aufzeichnungen
ppm	-	Teile pro Million
ppmC <sub>1</sub>	-	Teile pro Million Kohlenstoffäquivalent
r <sup>2</sup>	-	Bestimmungskoeffizient
s	-	Sekunde
t <sub>0</sub>	-	Zeitpunkt der Umstellung des Gasstroms [s]
t <sub>10</sub>	-	Zeitpunkt des Ansprechens mit 10 % des Endwertes
t <sub>50</sub>	-	Zeitpunkt des Ansprechens mit 50 % des Endwertes
t <sub>90</sub>	-	Zeitpunkt des Ansprechens mit 90 % des Endwertes
tbd	-	zu bestimmen
x	-	unabhängige Variable oder Bezugswert
x <sub>min</sub>	-	Mindestwert
y	-	abhängige Variable oder Messwert

### 3. NACHPRÜFUNG DER LINEARITÄT

#### 3.1. Allgemeines

Die Linearität der Analysatoren, Durchsatzmessgeräte, Sensoren und Signale muss auf internationale oder nationale Normen rückführbar sein. Alle Sensoren oder Signale, die nicht unmittelbar zurückverfolgt werden können, z. B. vereinfachte Durchsatzmessinstrumente, sind alternativ mit Hilfe von Rollenprüfstand-Labora-ausrüstung zu kalibrieren, welche wiederum nach nationalen oder internationalen Normen kalibriert wurde.

#### 3.2. Linearitätsanforderungen

Alle Analysatoren, Durchsatzmessgeräte, Sensoren und Signale müssen die Linearitätsanforderungen nach Tabelle 1 erfüllen. Werden die Werte für den Luftdurchsatz, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder

den Abgasmassendurchsatz vom ECU bezogen, muss der berechnete Abgasmassendurchsatz die Linearitätsanforderungen nach Tabelle 1 erfüllen.

*Tabelle 1*

**Linearitätsanforderungen für Messparameter und -systeme**

Messparameter/-instrument	$ \chi_{\min} \times (a_1 - 1) + a_0 $	Steigung $a_1$	Standardabweichung SEE	Bestimmungskoeffizient $r^2$
Kraftstoffdurchsatz <sup>(1)</sup>	≤ 1 % max	0,98 - 1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Luftdurchsatz <sup>(1)</sup>	≤ 1 % max	0,98 - 1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Abgasmassendurchsatz	≤ 2 % max	0,97 - 1,03	≤ 2 % max	≥ 0,990
Gasanalysatoren	≤ 0,5 % max	0,99 - 1,01	≤ 1 % max	≥ 0,998
Drehmoment <sup>(2)</sup>	≤ 1 % max	0,98 - 1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Partikelzahl-Analysatoren <sup>(3)</sup>	noch nicht bekannt	noch nicht bekannt	noch nicht bekannt	noch nicht bekannt

<sup>1)</sup> optional zur Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes.

<sup>2)</sup> optionaler Parameter.

<sup>3)</sup> zu bestimmen, wenn Ausrüstung zur Verfügung steht.

**3.3. Häufigkeit der Linearitätsnachprüfungen**

Die Linearitätsanforderungen nach Nummer 3.2 sind nachzuprüfen:

- a) für jeden Analysator mindestens alle drei Monate oder wenn eine Reparatur oder ein Wechsel des Systems vorgenommen werden, der oder die die Kalibrierung beeinflussen könnte
- b) für andere maßgebliche Instrumente wie die Abgasmassendurchsatzmesser und rückverfolgbar kalibrierte Sensoren, wenn Schäden festgestellt werden, entsprechend den Anforderungen der internen Kontrollverfahren, des Instrumentenherstellers oder der Norm ISO 9000, aber höchstens ein Jahr vor der tatsächlichen Prüfung

Die Linearitätsanforderungen nach Nummer 3.2 für Sensoren oder ECU-Signale, die nicht direkt rückverfolgbar sind, sind für jeden PEMS-Aufbau einmal mit einer rückführbar kalibrierten Messeinrichtung auf dem Rollenprüfstand nachzuprüfen.

### 3.4. Verfahren der Linearitätsnachprüfung

#### 3.4.1. Allgemeine Anforderungen

Die maßgeblichen Analysatoren, Instrumente und Sensoren sind in die normalen Betriebsbedingungen nach den Empfehlungen des jeweiligen Herstellers zu versetzen. Sie sind mit den für sie angegebenen Temperaturen, Drücken und Durchsätzen zu betreiben.

#### 3.4.2. Allgemeines Verfahren

Die Linearität ist für jeden normalen Betriebsbereich durch folgende Schritte zu überprüfen:

- (a) Der Analysator, das Durchsatzmessgerät oder der Sensor ist durch Eingabe eines Nullsignals auf null zu stellen. Bei Gasanalysatoren ist gereinigte synthetische Luft oder Stickstoff auf möglichst direktem und kurzem Weg in die Eintrittsöffnung des Analysators einzuleiten.
- (b) Der Analysator, das Durchsatzmessgerät oder der Sensor ist durch Eingabe eines Justiersignals zu justieren. Bei Gasanalysatoren ist ein geeignetes Justiergas auf möglichst direktem und kurzem Weg in die Eintrittsöffnung des Analysators einzuleiten.
- (c) Die Nulleinstellung nach Buchstabe a ist zu wiederholen.
- (d) Zur Prüfung der Linearität sind mindestens 10 gültige Bezugswerte (einschließlich null) in etwa gleichem Abstand einzugeben. Die Bezugswerte für die Konzentration der Bestandteile, den Abgasmassendurchsatz oder andere maßgebliche Parameter sind so auszuwählen, dass sie der bei den Emissionsprüfungen erwarteten Wertespanne entsprechen. Bei Messungen des Abgasmassendurchsatzes können Bezugspunkte unterhalb von 5 % des maximalen Kalibrierwertes von der Linearitätsnachprüfung ausgeschlossen werden.
- (e) Bei Gasanalysatoren sind bekannte Gaskonzentrationen gemäß Nummer 5 in die Einlassöffnung des Analysators einzuleiten. Es ist ausreichend Zeit für die Signalstabilisierung vorzusehen.
- (f) Die zu bewertenden Werte und, falls notwendig, die Bezugswerte sind 30 Sekunden lang mit einer konstanten Frequenz von mindestens 1,0 Hz aufzuzeichnen.
- (g) Die arithmetischen Mittel der über 30 s aufgezeichneten Werte sind für die Berechnung der Parameter der linearen Regression nach der Fehlerquadratmethode mit folgender Formel für die beste Anpassung zu verwenden:

$$y = a_1x + a_0$$

Dabei ist:

$y$	der tatsächliche Wert des Messsystems
$a_1$	die Steigung der Regressionsgeraden
$x$	der Bezugswert
$a_0$	der $y$ -Achsenabschnitt der Regressionsgeraden

Die Standardabweichung vom Schätzwert (SEE) des geschätzten Verlaufs  $y$  über  $x$  und der Bestimmungskoeffizient ( $r^2$ ) sind für jeden einzelnen Messparameter und jedes Messsystem zu berechnen.

- (h) Die Parameter der linearen Regression müssen den Bestimmungen der Tabelle 1 entsprechen.

#### *3.4.3. Anforderungen an die Nachprüfung der Linearität auf einem Rollenprüfstand*

Durchsatz-Messinstrumente ohne Rückverfolgungsmöglichkeit oder Sensoren und ECU-Signale, bei denen eine direkte Kalibrierung nach rückverfolgbaren Normen nicht möglich ist, sind auf einem Rollenprüfstand zu kalibrieren. Das Verfahren richtet sich nach den Vorschriften in Anhang 4a der UNECE-Regelung Nr. 83, soweit diese anwendbar sind. Falls erforderlich, ist das zu kalibrierende Instrument bzw. der zu kalibrierende Sensor am Prüffahrzeug anzubringen und gemäß den Anforderungen von Anlage 1 zu betreiben. Das Kalibrierverfahren richtet sich wenn möglich nach den Anforderungen von Nummer 3.4.2; es sind mindestens 10 geeignete Bezugswerte auszuwählen, um sicherzustellen, dass mindestens 90 % des bei der RDE-Prüfung erwarteten Höchstwertes erfasst werden.

Soll ein Durchsatzmessgerät, ein Sensor oder ein ECU-Signal zur Bestimmung des Abgasdurchflusses ohne direkte Rückverfolgungsmöglichkeit kalibriert werden, ist ein rückverfolgbar kalibrierter Bezugsabgasdurchsatzmesser oder die CVS mit dem Auspuff des Fahrzeugs zu verbinden. Es muss sichergestellt sein, dass das Abgas vom Abgasmassendurchsatzmesser nach Anlage 1 Nummer 3.4.3 exakt gemessen wird. Das Fahrzeug ist bei konstanter Stellung der Drosselklappe, bei gleichbleibendem Getriebegang und bei gleichbleibender Lasteinstellung des Rollenprüfstandes zu betreiben.

## **4. ANALYSATOREN FÜR DIE MESSUNG DER GASFÖRMIGEN BESTANDTEILE**

### **4.1. Zulässige Arten von Analysatoren**

#### *4.1.1. Standardanalysatoren*

Die gasförmigen Bestandteile werden mit Analysatoren im Sinne von Anhang 4a Anlage 3 Absätze 1.3.1 bis 1.3.5 der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 gemessen. Ein NO<sub>2</sub>/NO-Konverter ist nicht erforderlich, wenn ein NDUV-Analysator sowohl NO als auch NO<sub>2</sub> misst.

#### *4.1.2. Andere Analysatoren*

Analysatoren, die den konstruktiven Festlegungen nach Nummer 4.1.1 nicht entsprechen, sind zulässig, wenn sie die Anforderungen unter Nummer 4.2 erfüllen. Der Hersteller hat dafür zu sorgen, dass der alternative Analysator über den gesamten Bereich der Konzentrationen der Schadstoffe und der gemeinsam mit ihnen auftretenden Gase, der bei Fahrzeugen erwartet werden kann, welche mit zulässigen Kraftstoffen unter den gemäßigten und erweiterten Bedingungen einer gültigen RDE-Prüfung gemäß den Nummern 5, 6 und 7 dieses Anhangs betrieben werden, gegenüber einem Standardanalysator eine gleichwertige oder höhere Messgenauigkeit erreicht. Auf Verlangen muss der Hersteller des Analysators als Nachweis, dass die Messgenauigkeit des alternativen Analysators ständig und verlässlich der Messgenauigkeit von Standardanalysatoren entspricht, zusätzliche schriftliche Informationen vorlegen. Diese Informationen müssen enthalten:

- a) eine Beschreibung der theoretischen Grundlagen und der technischen Bauteile des alternativen Analysators
- b) den Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem jeweiligen Standardanalysator nach Nummer 4.1.1 im erwarteten Bereich der Schadstoffkonzentrationen und Umgebungsbedingungen der Typgenehmigungsprüfung nach Anhang 4a der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 sowie eine Validierungsprüfung nach Anlage 3 Nummer 3 für je ein Fahrzeug mit Fremd- und Selbstzündungsmotor; der Hersteller des Analysators muss die Signifikanz der Gleichwertigkeit innerhalb der zulässigen Toleranzen nach Anlage 3 Nummer 3.3 nachweisen
- c) den Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem jeweiligen Standardanalysator nach Nummer 4.1.1 im Hinblick auf den Einfluss des Luftdrucks auf die Messgenauigkeit des Analysators; durch die Nachweisprüfung ist der Ausschlag auf Justiergas mit einer Konzentration innerhalb des Messbereichs des Analysators zu bestimmen, um den Einfluss des Luftdrucks unter gemäßigten und erweiterten Höhenlage-Bedingungen gemäß Nummer 5.2 dieses Anhangs zu überprüfen. Eine solche Prüfung kann in einer Prüfkammer für Höhenlage-Bedingungen durchgeführt werden
- d) einen Nachweis der Gleichwertigkeit mit dem jeweiligen Standardanalysator nach Nummer 4.1.1 in mindestens drei Straßenprüfungen, die die Anforderungen dieses Anhangs erfüllen
- e) einen Nachweis, dass der Einfluss von Vibrationen, Beschleunigungen und der Umgebungstemperatur auf die Ablesewerte des Analysators den Anforderungen hinsichtlich des Rauschens von Analysatoren nach Nummer 4.2.4 entspricht



Die Genehmigungsbehörden können zusätzliche Informationen zur Untermauerung der Gleichwertigkeit verlangen oder die Genehmigung verweigern, wenn die fehlende Gleichwertigkeit eines alternativen Analysators mit einem Standardanalysator durch Messungen nachgewiesen ist.

## **4.2. Spezifikationen zu den Analysatoren**

### *4.2.1. Allgemeines*

Zusätzlich zu den für jeden Analysator unter Nummer 3 festgelegten Linearitätsanforderungen ist von den Herstellern der Analysatoren die Übereinstimmung der jeweiligen Analyser Typen mit den Anforderungen der Nummern 4.2.2 bis 4.2.8 nachzuweisen. Messbereich und Ansprechzeit der Analysatoren müssen zur Messung der Konzentration der Abgasbestandteile bei den geltenden Abgasnormen im instationären und stationären Betrieb mit ausreichender Genauigkeit geeignet sein. Die Empfindlichkeit der Analysatoren gegenüber Stößen, Vibrationen, Alterung, Unterschieden bei Temperatur und Luftdruck sowie elektromagnetischen Störungen und anderen Einflüssen im Zusammenhang mit dem Betrieb des Fahrzeugs und des Analysators muss so weit wie möglich eingeschränkt werden.

### *4.2.2. Genauigkeit*

Die Genauigkeit, definiert als die Abweichung des abgelesenen Messwertes vom Bezugswert, darf 2 % des Ablesewertes oder 0,3 % des Skalenendwertes nicht überschreiten; es gilt der höhere Wert.

### *4.2.3. Präzision*

Die Präzision, definiert als das 2,5-Fache der Standardabweichung zehn wiederholter Ansprechreaktionen auf ein bestimmtes Kalibrier- oder Justiergas, darf für die verwendeten Messbereiche von mindestens 155 ppm (oder ppm C<sub>1</sub>) höchstens 1 % der Skalenendkonzentration und für die verwendeten Messbereiche unter 155 ppm (oder ppm C<sub>1</sub>) höchstens 2 % der Skalenendkonzentration betragen.

### *4.2.4. Rauschen*

Das Rauschen, definiert als das Doppelte des quadratischen Mittels von zehn Standardabweichungen vom Nullpunktwert, wobei die Aufzeichnungsfrequenz konstant sein und 30 Sekunden lang mindestens 1,0 Hz betragen muss, darf 2 % des Skalenendwertes nicht überschreiten. Auf jeden der 10 Messzeiträume folgt ein Intervall von 30 Sekunden, in dem der Analysator einem geeigneten Justiergas ausgesetzt wird. Vor jedem Probenahmezeitraum und vor jedem Justierzeitraum ist genügend Zeit zur Spülung des Analysators und der Probenahmeleitungen vorzusehen.

#### 4.2.5. Nullpunktdrift

Die Drift des Nullpunkts, definiert als mittlere Ansprechreaktion auf ein Nullgas in einem Zeitraum von mindestens 30 Sekunden, muss den Spezifikationen in Tabelle 2 entsprechen.

#### 4.2.6. Justierausschlagsdrift

Die Drift des Justierausschlags, definiert als mittlere Ansprechreaktion auf ein Justiergas in einem Zeitraum von mindestens 30 Sekunden, muss den Spezifikationen in Tabelle 2 entsprechen.

Tabelle 2

### Zulässige Nullpunkt- und Justierausschlagsdrift von Analysatoren zur Messung gasförmiger Bestandteile unter Laborbedingungen

Schadstoff	Nullpunktdrift	Justierausschlagsdrift
CO <sub>2</sub>	≤ 1000 ppm über 4 h	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 1000 ppm über 4 h, je nachdem, welcher Wert höher ist
CO	≤ 50 ppm über 4 h	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 50 ppm über 4 h, je nachdem, welcher Wert höher ist
NO <sub>2</sub>	≤ 5 ppm über 4 h	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 5 ppm über 4 h, je nachdem, welcher Wert höher ist
NO/NO <sub>x</sub>	≤ 5 ppm über 4 h	≤ 2 % des Ablesewertes oder 5 ppm über 4 h, je nachdem, welcher Wert höher ist
CH <sub>4</sub>	≤ 10 ppmC <sub>1</sub>	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 10 ppmC <sub>1</sub> über 4 h, je nachdem, welcher Wert höher ist
THC	≤ 10 ppmC <sub>1</sub>	≤ 2 % des Ablesewertes oder ≤ 10 ppmC <sub>1</sub> über 4 h, je nachdem, welcher Wert höher ist

#### 4.2.7. Anstiegszeit

Die Anstiegszeit, definiert als die Zeit für den Anstieg des angezeigten Messwertes von 10 % auf 90 % des Endwertes ( $t_{90} - t_{10}$ ; siehe Nummer 4.4) darf nicht mehr als 3 Sekunden betragen.

#### 4.2.8. *Gastrocknung*

Abgase können im feuchten oder trockenen Zustand gemessen werden. Eine gegebenenfalls benutzte Einrichtung zur Gastrocknung darf nur einen minimalen Einfluss auf die Zusammensetzung der zu messenden Gase haben. Chemische Trockner sind nicht zulässig.

### **4.3. Zusätzliche Anforderungen**

#### 4.3.1. *Allgemeines*

Unter den Nummern 4.3.2 bis 4.3.5 werden zusätzliche Leistungsanforderungen für bestimmte Analysatorarten festgelegt; diese gelten nur in Fällen, in denen der betreffende Analysator für RDE-Emissionsmessungen eingesetzt wird.

#### 4.3.2. *Prüfung der Wirksamkeit von NO<sub>x</sub>-Konvertern*

Wird ein NO<sub>x</sub>-Konverter verwendet, etwa zur Umwandlung von NO<sub>2</sub> in NO zwecks Analyse mit einem ChemiLumineszenzanalysator, ist sein Wirkungsgrad gemäß den Anforderungen von Anhang 4a Anlage 3 Nummer 2.4 der UNECE-Reglung Nr. 83 Änderungsserie 07 zu prüfen. Der Wirkungsgrad des NO<sub>x</sub>-Konverters ist höchstens einen Monat vor der Emissionsprüfung zu überprüfen.

#### 4.3.3. *Anpassung des Flammenionisationsdetektors (FID)*

##### a) Optimierung des Ansprechverhaltens des Detektors

Bei der Messung von Kohlenwasserstoffen ist der FID in den vom Hersteller des Analysators angegebenen Abständen gemäß Anhang 4a Anlage 3 Nummer 2.3.1 der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 einzustellen. Um das Ansprechverhalten zu optimieren, ist in dem am meisten verwendeten Betriebsbereich ein Justiergas aus Propan in Luft oder Propan in Stickstoff zu verwenden.

##### b) Ansprechfaktoren für Kohlenwasserstoffe

Bei der Messung von Kohlenwasserstoffen ist der Kohlenwasserstoff-Ansprechfaktor des FID nach den Bestimmungen von Anhang 4a Anlage 3 Nummer 2.3.3 der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 mit Hilfe von Propan in Luft oder Propan in Stickstoff als Justiergas und gereinigter synthetischer Luft oder Stickstoff als Nullgas zu überprüfen.

##### c) Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit

Die Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit ist bei Inbetriebnahme eines FID und nach längeren Wartungsintervallen vorzunehmen. Es ist ein Messbereich zu wählen, in dem die zur Prüfung der

Sauerstoffquerempfindlichkeit verwendeten Gase in den oberen 50 % liegen. Zur Prüfung ist der Ofen auf die erforderliche Temperatur einzustellen. Die Spezifikationen für die Gase zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit sind unter Nummer 5.3 beschrieben.

Es gilt folgendes Verfahren:

i) Der Analysator ist auf null zu stellen.

ii) Der Analysator ist mit einem Gasgemisch zu justieren, dessen Sauerstoffgehalt bei Fremdzündungsmotoren 0 % und bei Selbstzündungsmotoren 21 % beträgt.

iii) Der Nullpunktwert ist erneut zu überprüfen. Hat er sich um mehr als 0,5 % des Skalenendwertes verändert, sind die Schritte i und ii zu wiederholen.

iv) Die Gase zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit mit 5 % und 10 % Sauerstoffgehalt sind einzuleiten.

v) Der Nullpunktwert ist erneut zu prüfen. Hat er sich um mehr als  $\pm 1$  % vom Skalenendwert verändert, ist die Prüfung zu wiederholen.

vi) Die Sauerstoffquerempfindlichkeit  $E_{O_2}$  ist für jedes der unter Buchstabe d genannten Gase zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit nach folgender Formel zu errechnen:

$$E_{O_2} = \frac{(c_{\text{ref,d}} - c)}{c_{\text{ref,d}}} \times 100$$

Für das Ansprechverhalten des Analysators gilt dabei:

$$c = \frac{(c_{\text{ref,d}} \times c_{FS,b})}{c_{m,b}} \times \frac{c_{m,b}}{c_{FS,d}}$$

Dabei ist:

- $c_{ref,b}$  die Bezugs-HC-Konzentration in Schritt b [ppmC<sub>1</sub>]
- $c_{ref,d}$  die Bezugs-HC-Konzentration in Schritt d [ppmC<sub>1</sub>]
- $c_{FS,b}$  der Skalenendwert der HC-Konzentration in Schritt b [ppmC<sub>1</sub>]
- $c_{FS,d}$  der Skalenendwert der HC-Konzentration in Schritt d [ppmC<sub>1</sub>]
- $c_{m,b}$  die gemessene HC-Konzentration in Schritt b [ppmC<sub>1</sub>]
- $c_{m,d}$  die gemessene HC-Konzentration in Schritt d [ppmC<sub>1</sub>]

vii) Die Sauerstoffquerempfindlichkeit  $E_{O_2}$  muss für alle Gase, die zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit erforderlich sind, weniger als  $\pm 1,5 \%$  betragen.

viii) Ist die Sauerstoffquerempfindlichkeit  $E_{O_2}$  höherer als  $\pm 1,5 \%$ , können zur Korrektur der Luftdurchsatz (ober- und unterhalb der Herstellerangabe) sowie der Kraftstoffdurchsatz und der Probendurchsatz schrittweise verstellt werden.

ix) Die Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit ist für jede neue Einstellung zu wiederholen.

#### 4.3.4. *Umwandlungseffizienz des Nicht-Methan-Cutters (NMC)*

Bei der Analyse von Kohlenwasserstoffen können Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe mit Hilfe eines Nicht-Methan-Cutters durch Oxidation aller Kohlenwasserstoffe außer Methan aus der Abgasprobe entfernt werden. Im Idealfall beträgt die Umwandlung bei Methan 0 % und bei den anderen Kohlenwasserstoffen, repräsentiert durch Ethan, 100 %. Um eine genaue Messung der NMHC zu ermöglichen, sind die beiden Wirkungsgrade zu bestimmen und zur Berechnung der NMHC-Emissionen heranzuziehen (siehe Anlage 4 Nummer 9.2). Die Bestimmung der Methan-Umwandlungseffizienz ist nicht notwendig, wenn der NMC-FID nach Methode b gemäß Anlage 4 Nummer 9.2 kalibriert wird, indem das Methan/Luft-Kalibriergas durch den NMC geleitet wird.

##### a) Methan-Umwandlungseffizienz

Methan-Kalibriergas ist mit und ohne Umgehung des NMC durch den FID zu leiten, und die beiden Konzentrationen sind aufzuzeichnen. Die Methan-Umwandlungseffizienz ist wie folgt zu ermitteln:

$$E_M = 1 - \frac{c_{HC(w/NMC)}}{c_{HC(w/oNMC)}}$$

Dabei ist:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$  die HC-Konzentration bei Durchfluss von  $C_4$  durch den NMC [ppm $C_1$ ]

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$  die HC-Konzentration bei Vorbeileitung des  $C_4$  am NMC [ppm $C_1$ ]

#### b) Ethan-Umwandlungseffizienz

Ethan-Kalibriergas ist mit und ohne Umgehung des NMC durch den FID zu leiten, und die beiden Konzentrationen sind aufzuzeichnen. Die Ethan-Umwandlungseffizienz ist wie folgt zu ermitteln:

$$E_E = 1 - \frac{c_{\text{HC(w/NMC)}}}{c_{\text{HC(w/o NMC)}}$$

Dabei ist:

$c_{\text{HC(w/NMC)}}$  die HC-Konzentration bei Durchfluss von  $C_2H_6$  durch den NMC [ppm $C_1$ ]

$c_{\text{HC(w/o NMC)}}$  die HC-Konzentration bei Vorbeileitung des  $C_2H_6$  am NMC [ppm $C_1$ ]

#### 4.3.5. Querempfindlichkeiten

##### a) Allgemeines

Andere Gase, die neben dem zu analysierenden Gas im Abgas enthalten sind, können den Ablesewert des Analysators beeinflussen. Vom Hersteller des Analysators ist vor der Markteinführung eine Prüfung der Querempfindlichkeit und der korrekten Funktion des Analysators mindestens einmal für jeden Typ eines Analysators oder einer Einrichtung gemäß den Buchstaben b bis f vorzunehmen.

##### b) Kontrolle der Querempfindlichkeit des CO-Analysators

Wasser und  $CO_2$  können die Messungen des CO-Analysators beeinflussen. Daher lässt man ein bei der Prüfung verwendetes  $CO_2$ -Justiergas mit einer Konzentration von 80 % bis 100 % des Skalenendwertes des bei der Prüfung verwendeten maximalen Betriebsbereichs des CO-Analysators bei Raumtemperatur durch Wasser perlen, wobei das Ansprechen des Analysators aufzuzeichnen ist. Der Ansprechwert des Analysators darf nicht mehr als 2 % der bei einer normalen Straßenprüfung erwarteten mittleren CO-Konzentration oder  $\pm 50$  ppm betragen, je nachdem, welcher Wert höher ist. Die Prüfungen der Querempfindlichkeit auf  $H_2O$  und  $CO_2$  können in getrennten Verfahren durchgeführt werden. Falls die für die Querempfindlichkeitsprüfung herangezogenen  $H_2O$ - und  $CO_2$ -Pegel höher sind als die während der Prüfung erwarteten Höchstwerte, ist jede beobachtete Querempfindlichkeit zu reduzieren, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Wertes mit

dem Verhältnis zwischen dem erwarteten Höchstwert der Konzentration während der Prüfung zu dem bei dieser Kontrolle verwendeten tatsächlichen Wert. Separate Querempfindlichkeitsprüfungen mit H<sub>2</sub>O-Konzentrationen, die geringer sind als die bei der Prüfung erwarteten Höchstwerte, dürfen durchgeführt werden, dabei ist die beobachtete H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit hochzurechnen, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Wertes mit dem Verhältnis zwischen dem bei dieser Prüfung erwarteten Höchstwert der H<sub>2</sub>O-Konzentration zu dem bei dieser Prüfung verwendeten tatsächlichen Wert. Die Summe der zwei reduzierten Querempfindlichkeitswerte muss innerhalb der in dieser Nummer spezifizierten Toleranzen liegen.

### c) Kontrolle der Querempfindlichkeit des NO<sub>x</sub>-Analysators

Die zwei Gase, die bei CLD- und HCLD-Analysatoren besonderer Berücksichtigung bedürfen, sind CO<sub>2</sub> und Wasserdampf. Die Querempfindlichkeit auf diese Gase ist proportional zu ihrer Konzentration. Die Querempfindlichkeit bei den höchsten Konzentrationen, die bei der Prüfung zu erwarten sind, ist durch eine Prüfung zu ermitteln. Wenn der CLD- und der HCLD-Analysator Algorithmen zur Kompensierung der Querempfindlichkeit verwenden, die H<sub>2</sub>O- und/oder CO<sub>2</sub>-Messanalysatoren einsetzen, müssen diese zur Ermittlung der Querempfindlichkeit eingeschaltet sein und die Kompensierungsalgorithmen müssen dabei angewendet werden.

### i) Kontrolle der CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit

Ein CO<sub>2</sub>-Justiergas mit einer Konzentration von 80 % bis 100 % des maximalen Messbereichs ist durch den NDIR-Analysator zu leiten und der CO<sub>2</sub>-Wert als A aufzuzeichnen. Das CO<sub>2</sub>-Justiergas ist anschließend zu etwa 50 % mit NO-Justiergas zu verdünnen und durch den NDIR und den CLD oder den HCLD zu leiten; die CO<sub>2</sub>- und NO Werte sind als B bzw. C aufzuzeichnen. Der CO<sub>2</sub>-Strom ist anschließend abzusperren und nur das NO-Justiergas durch den CLD oder den HCLD zu leiten; der NO-Wert ist als D aufzuzeichnen. Die Querempfindlichkeit in Prozent wird wie folgt berechnet:

$$E_{CO_2} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

Dabei ist:

- A die mit dem NDIR gemessene Konzentration des unverdünnten CO<sub>2</sub> [%]
- B die mit dem NDIR gemessene Konzentration des verdünnten CO<sub>2</sub> [%]
- C die mit dem CLD oder dem HCLD gemessene Konzentration des verdünnten NO [ppm]
- D die mit dem CLD oder dem HCLD gemessene Konzentration des unverdünnten NO [ppm]

Mit Zustimmung der Genehmigungsbehörde können andere Methoden zur Verdünnung und Quantifizierung von CO<sub>2</sub>- und NO-Justiergas, z. B. dynamisches Mischen, verwendet werden.

## ii) Kontrolle der Wasserdampfquerempfindlichkeit

Diese Überprüfung ist nur bei der Messung der Konzentration feuchter Gase anzuwenden. Bei der Berechnung der Wasserdampfquerempfindlichkeit sind die Verdünnung des NO-Justiergases mit Wasserdampf und die Skalierung der Wasserdampfkonzentration des Gasgemisches auf die während einer Emissionsprüfung erwarteten Konzentrationswerte zu berücksichtigen. Ein NO-Justiergas mit einer Konzentration von 80 % bis 100 % des Skalenendwertes des normalen Betriebsbereichs ist durch den CLD oder HCLD zu leiten, und der NO-Wert ist als *D* aufzuzeichnen. Das NO-Justiergas ist anschließend bei Raumtemperatur durch Wasser zu perlen und durch den CLD oder HCLD zu leiten; der NO-Wert ist als *C* aufzuzeichnen. Der absolute Betriebsdruck des Analysators und die Wassertemperatur sind zu bestimmen und als *E* bzw. *F* aufzuzeichnen. Der Sättigungsdampfdruck des Gemischs, der der Temperatur *F* des Wassers in der Waschflasche entspricht, ist zu bestimmen und als *G* aufzuzeichnen. Die Wasserdampfkonzentration *H* [%] des Gemischs ist wie folgt zu berechnen:

$$H = \frac{G}{E} \times 100$$

Die erwartete Konzentration des verdünnten NO-Wasserdampf-Justiergases ist als *D<sub>e</sub>* aufzuzeichnen, nachdem sie wie folgt berechnet wurde:

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

Bei Dieselabgasen ist die maximale bei der Prüfung erwartete Wasserdampfkonzentration im Abgas (in %) als *H<sub>m</sub>* aufzuzeichnen, nachdem sie unter der Annahme eines Atomverhältnisses H/C des Kraftstoffs von 1,8 zu 1 aus der maximalen CO<sub>2</sub>-Konzentration *A* im Abgas wie folgt errechnet wurde:

$$H_m = 0,9 \times A$$

Die Wasserdampfquerempfindlichkeit in % ist wie folgt zu berechnen:



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

Dabei ist:

- $D_e$  die erwartete Konzentration des verdünnten NO [ppm]  
 $C$  die gemessene Konzentration des verdünnten NO [ppm]  
 $H_m$  die maximale Wasserdampfkonzentration [%]  
 $H$  die tatsächliche Wasserdampfkonzentration in [%]

### iii) Maximal zulässige Querempfindlichkeit

Die kombinierte CO<sub>2</sub>- und Wasserdampfquerempfindlichkeit darf 2 % des Skalenendwertes nicht überschreiten.

### d) Kontrolle der Querempfindlichkeit für NDUV-Analysatoren

Kohlenwasserstoffe und Wasser können den Betrieb eines NDUV-Analysators stören, indem sie ein ähnliches Ansprechverhalten erzeugen wie NO<sub>x</sub>. Der Hersteller des NDUV-Analysators überprüft mit folgendem Verfahren, ob sich die Querempfindlichkeit in Grenzen hält:

- i) Analysator und Kühlapparat sind entsprechend der Betriebsanleitung des Herstellers einzustellen; zur Optimierung der Leistung von Analysator und Kühlapparat sind Anpassungen vorzunehmen.
- ii) Der Analysator ist einer Nullkalibrierung und einer Messbereichskalibrierung bei den bei der Emissionsprüfung erwarteten Konzentrationswerten zu unterziehen.
- iii) Es ist ein NO<sub>2</sub>-Kalibriergas auszuwählen, das so weit wie möglich mit der bei den Emissionsprüfungen erwarteten maximalen NO<sub>2</sub>-Konzentration übereinstimmt.
- iv) Die Sonde des Gasprobenahmesystems ist mit NO<sub>2</sub>-Kalibriergas zu fluten, bis sich der NO<sub>x</sub>-Aus Schlag des Analysators stabilisiert hat.
- v) Der Mittelwert der stabilisierten NO<sub>x</sub>-Aufzeichnungen über einen Zeitraum von 30 s ist zu berechnen und als NO<sub>x,ref</sub> aufzuzeichnen.
- vi) Der Strom des NO<sub>2</sub>-Kalibriergases ist abzusperrern und das durch Fluten mit dem Ausstoß eines Taupunktgenerators gesättigte System auf einen Taupunkt von 50 °C einzustellen. Der Ausstoß des Taupunktgenerators wird mindestens zehn Minuten lang durch das Probenahmesystem und den Kühlapparat geleitet, bis davon ausgehen ist, dass der Kühlapparat eine konstante Wassermenge abscheidet.

- vii) Nach Abschluss von Ziffer iv ist das Probenahmesystem erneut mit dem zur Ermittlung von  $\text{NO}_{\text{X,ref}}$  verwendeten  $\text{NO}_2$ -Kalibriergas zu fluten, bis sich der  $\text{NO}_\text{X}$ -Gesamtausschlag stabilisiert hat.
- viii) Der Mittelwert der stabilisierten  $\text{NO}_\text{X}$ -Aufzeichnungen über einen Zeitraum von 30 s ist zu berechnen und als  $\text{NO}_{\text{X,ref}}$  aufzuzeichnen.
- ix)  $\text{NO}_{\text{X,m}}$  wird auf der Grundlage der Wasserdampfdruckstände, die den Kühlapparat mit der Austrittstemperatur und dem Austrittsdruck des Kühlapparats durchströmt haben, zu  $\text{NO}_{\text{X,dry}}$  korrigiert.

Der berechnete  $\text{NO}_{\text{X,dry}}$ -Wert muss mindestens 95 % von  $\text{NO}_{\text{X,ref}}$  betragen.

#### e) Probentrockner

Ein Probentrockner entfernt Wasser, das sonst eine  $\text{NO}_\text{X}$ -Messung verfälschen könnte. Bei trocken arbeitenden CLD-Analysatoren ist nachzuweisen, dass bei der höchsten erwarteten Wasserdampfkonzentration  $H_m$  der Probentrockner die Feuchtigkeit im CLD auf  $\leq 5$  g Wasser/kg Trockenluft (oder ca. 0,8 %  $\text{H}_2\text{O}$ ) halten kann, was 100 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 3,9 °C und 101,3 kPa oder etwa 25 % relativer Feuchtigkeit bei 25 °C und 101,3 kPa entspricht. Die Konformität kann durch Temperaturmessung am Austritt eines thermischen Probentrockners oder durch Feuchtigkeitsmessung an einem unmittelbar oberhalb des CLD gelegenen Punkt nachgewiesen werden. Die Feuchtigkeit am Austritt des CLD kann ebenfalls gemessen werden, wenn in den CLD nur Luft aus dem Probentrockner einströmt.

#### f) $\text{NO}_2$ -Durchlass des Probentrockners

In einem mangelhaft konzipierten Probentrockner verbleibendes flüssiges Wasser kann der Probe  $\text{NO}_2$  entziehen. Wenn ein Probentrockner in Kombination mit einem NDUV-Analysator verwendet wird, ohne dass ein  $\text{NO}_2/\text{NO}$ -Konverter vorgeschaltet ist, kann daher der Probe durch Wasser vor der  $\text{NO}_\text{X}$ -Messung  $\text{NO}_2$  entzogen werden. Der Probentrockner muss die Messung von mindestens 95 % des in einem mit Wasserdampf gesättigten Gas enthaltenen  $\text{NO}_2$  ermöglichen, wobei der  $\text{NO}_2$ -Gehalt des Gases der maximalen  $\text{NO}_2$ -Konzentration entsprechen muss, die bei einer Fahrzeugprüfung zu erwarten ist.

### 4.4. Überprüfung der Ansprechzeit des Analysesystems

Für die Überprüfung der Ansprechzeit muss das Analysesystem genau dieselbe Einstellung aufweisen wie bei der Emissionsprüfung (d. h. bei Druck, Durchsatz, Einstellung der Filter in den Analysatoren und bei den sonstigen die Ansprechzeit beeinflussenden Parametern). Die Bestimmung der Ansprechzeit erfolgt durch Wechsel des Gases direkt am Eintritt der Probenahmesonde. Der Wechsel des Gases muss in weniger als 0,1 s erfolgen. Die für die Prüfung verwendeten Gase müssen eine

Veränderung der Konzentration von mindestens 60 % des Skalenendwertes des Analysators bewirken.

Die Konzentrationskurve ist für jeden einzelnen Abgasbestandteil aufzuzeichnen. Die Ansprechverzögerung ist definiert als die Zeit, die vom Wechsel des Gases ( $t_0$ ) bis zur Anzeige von 10 % des Endwertes ( $t_{10}$ ) verstreicht. Die Anstiegszeit ist definiert als die Zeit für den Anstieg des angezeigten Messwertes von 10 % auf 90 % des Endwertes ( $t_{90} - t_{10}$ ). Die Systemansprechzeit ( $t_{90}$ ) setzt sich zusammen aus der Ansprechverzögerung bis zum Messdetektor und der Anstiegszeit des Detektors.

Für den Zeitabgleich der Signale des Analysators und des Abgasstroms ist die Wandlungszeit definiert als die Zeit, die ab der Umstellung ( $t_0$ ) vergeht, bis der angezeigte Messwert 50 % des Endwertes ( $t_{50}$ ) erreicht.

Die Systemansprechzeit muss für alle verwendeten Bestandteile und Messbereiche bei einer Anstiegszeit von  $\leq 3$  Sekunden  $\leq 12$  s betragen. Wird für die NMHC-Messung ein NMC verwendet, darf die Systemansprechzeit 12 s überschreiten.

## **5. GASE**

### **5.1. Allgemeines**

Die Haltbarkeitsdauer aller Kalibrier- und Justiergase ist zu beachten. Reine und gemischte Kalibrier- und Justiergase müssen die Vorschriften von Anhang 4a Anlage 3 Absätze 3.1 und 3.2 der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 erfüllen. Zusätzlich ist NO<sub>2</sub>-Kalibriergas zulässig. Die Konzentration des NO<sub>2</sub>-Kalibriergases darf vom angegebenen Konzentrationswert um 2 % abweichen. Der NO-Anteil in NO<sub>2</sub>-Kalibriergas darf 5 % des NO<sub>2</sub>-Gehalts nicht überschreiten.

### **5.2. Gasteiler**

Zur Gewinnung von Kalibrier- und Justiergasen können Gasteiler, d. h. Präzisionsmischeinrichtungen, die mit gereinigtem N<sub>2</sub> oder synthetischer Luft verdünnen, eingesetzt werden. Der Gasteiler muss so genau arbeiten, dass die Konzentrationen der Kalibriergasgemische auf  $\pm 2$  % genau sind. Die Nachprüfung ist bei jeder mit Hilfe eines Gasteilers vorgenommenen Kalibrierung bei 15 % bis 50 % des Skalenendwertes durchzuführen. Ist die erste Nachprüfung fehlgeschlagen, kann eine weitere Nachprüfung mit einem anderen Kalibriergas durchgeführt werden.

Wahlweise kann der Gasteiler mit einem Instrument überprüft werden, das von seinem Prinzip her linear ist, z. B. unter Verwendung von NO-Gas in Kombination mit einem CLD. Der Justierwert des Geräts ist mit direkt an das Gerät angeschlossenen Justiergas einzustellen. Der Gasteiler ist bei den typischerweise verwendeten Einstellungen zu überprüfen, und der Nennwert ist mit der vom Instrument gemessenen Konzentration zu vergleichen. Die Abweichung darf an keinem Punkt mehr als  $\pm 1\%$  des Konzentrations-Nennwertes betragen.

### 5.3. Gase zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit

Gase zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit bestehen aus einer Mischung aus Propan, Sauerstoff und Stickstoff und müssen Propan in einer Konzentration von  $350 \pm 75 \text{ ppmC}_1$  enthalten. Die Konzentration wird durch gravimetrische Verfahren, dynamisches Mischen oder chromatografische Analyse der Gesamtkohlenwasserstoffe zuzüglich der Verunreinigungen ermittelt. Die Sauerstoffkonzentration der Gase zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit muss den Anforderungen von Tabelle 3 entsprechen; ansonsten muss das Gas zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit aus gereinigtem Stickstoff bestehen.

*Tabelle 3*

**Gase zur Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit**

	Motortyp	
	Selbstzündungsmotor	Fremdzündungsmotor
O <sub>2</sub> -Konzentration	$21 \pm 1\%$	$10 \pm 1\%$
	$10 \pm 1\%$	$5 \pm 1\%$
	$5 \pm 1\%$	$0,5 \pm 0,5\%$

## 6. ANALYSATOREN FÜR DIE MESSUNG VON PARTIKELZAHLEMISSIONEN

In diesem Abschnitt werden Anforderungen an Analysatoren für die Messung von Partikelzahlemissionen festgelegt, wenn deren Messung verpflichtend vorgeschrieben wird.

## 7. INSTRUMENTE FÜR DIE MESSUNG DES ABGASMASSENDURCHSATZES

### 7.1. Allgemeines

Der Messbereich und die Ansprechzeit von Instrumenten, Sensoren oder Signalen für die Messung des Abgasmassendurchsatzes müssen dafür geeignet sein, den Abgasmassendurchsatz unter nicht stationären und stationären Bedingungen mit der erforderlichen Genauigkeit zu messen. Die

Empfindlichkeit der Instrumente, Sensoren und Signale gegenüber Stößen, Vibrationen, Alterung, Schwankungen der Temperatur und des Umgebungsluftdrucks sowie elektromagnetischen Interferenzen und anderen Einflüssen im Zusammenhang mit dem Betrieb des Fahrzeugs und des Instruments muss gering genug sein, um zusätzliche Messfehler zu begrenzen.

## **7.2. Gerätespezifikationen**

Der Abgasmassendurchsatz ist durch eines der direkten Messverfahren zu bestimmen, das in einem der folgenden Instrumente zum Einsatz kommt:

- (a) Durchsatzmesser auf der Grundlage einer Staudrucksonde
- (b) Differenzdruckmesser wie Durchsatzblenden (Einzelheiten siehe ISO 5167)
- (c) Ultraschalldurchsatzmesser
- (d) Wirbeldurchsatzmesser

Jeder einzelne Abgasmassendurchsatzmesser muss die Linearitätsanforderungen nach Nummer 3 erfüllen. Überdies muss der Gerätehersteller für jeden Typ eines Abgasmassendurchsatzmessers die Übereinstimmung mit den Spezifikationen der Nummern 7.2.3 bis 7.2.9 nachweisen.

Die Berechnung des Abgasmassendurchsatzes aus dem Luftdurchsatz und dem mit Hilfe rückführbar kalibrierter Sensoren gemessenen Kraftstoffdurchsatz ist zulässig, wenn die Sensoren die Linearitätsanforderungen unter Nummer 3 sowie die Genauigkeitsanforderungen unter Nummer 8 erfüllen und wenn der so berechnete Abgasmassendurchsatz nach Anlage 3 Nummer 4 validiert wird.

Zusätzlich sind andere Verfahren zur Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes mit Hilfe von Geräten und Signalen ohne direkt rückverfolgbare Kalibrierung, etwa vereinfachten Abgasmassendurchsatzmessern oder ECU-Signalen, zulässig, wenn der so ermittelte Abgasmassendurchsatz die Linearitätsanforderungen unter Nummer 3 erfüllt und gemäß Anlage 3 Nummer 4 validiert wird.

### *7.2.1. Kalibrierungs- und Nachprüfungsstandards*

Die Messgenauigkeit eines Abgasmassendurchsatzmessers ist mit Luft oder Abgas anhand eines rückführbaren Standards, etwa mit einem kalibrierten Abgasdurchsatzmesser oder einem Vollstromverdünnungstunnel, zu überprüfen.

### 7.2.2. *Häufigkeit der Nachprüfung*

Die Nachprüfung der Übereinstimmung des Abgasmassendurchsatzmessers mit den Nummern 7.2.3 und 7.2.9 darf bei der tatsächlichen Prüfung nicht länger als ein Jahr zurückliegen.

### 7.2.3. *Genauigkeit*

Die Genauigkeit, definiert als die Abweichung des Anzeigewertes des EFM vom Bezugswert für den Durchsatz, darf  $\pm 2\%$  des Ablesewertes,  $0,5\%$  des Skalenendwertes oder  $\pm 1,0\%$  des Höchstdurchsatzes, bei dem der EFM kalibriert wurde, je nachdem, welcher Wert höher ist, nicht überschreiten.

### 7.2.4. *Präzision*

Die Präzision, definiert als das 2,5-Fache der Standardabweichung zehn wiederholter Ansprechreaktionen auf einen bestimmten Nenndurchsatz, der etwa in der Mitte des Kalibrierbereiches liegt, darf  $1\%$  des maximalen Durchsatzes, bei dem der EFM kalibriert wurde, nicht überschreiten.

### 7.2.5. *Rauschen*

Das Rauschen, definiert als das Doppelte des quadratischen Mittels von zehn Standardabweichungen vom Nullpunktwert, wobei die Aufzeichnungsfrequenz konstant sein und 30 Sekunden lang mindestens  $1,0\text{ Hz}$  betragen muss, darf  $2\%$  des maximalen kalibrierten Durchsatzwertes nicht überschreiten. Auf jeden der 10 Messzeiträume folgt ein Intervall von 30 Sekunden, in dem der EFM dem maximalen kalibrierten Durchsatz ausgesetzt wird.

### 7.2.6. *Nullpunktdrift*

Die Nullpunktdrift wird als mittleres Ansprechen auf einen Nulldurchsatz in einem Zeitabschnitt von mindestens 30 Sekunden definiert. Die Nullpunktdrift kann anhand der aufgezeichneten Primärsignale, z. B. des Drucks, überprüft werden. Die Drift der Primärsignale über einen Zeitraum von 4 Stunden muss weniger als  $\pm 2\%$  des Höchstwertes des Primärsignals betragen, das bei dem Durchsatzwert, bei dem der EFM kalibriert wurde, aufgezeichnet wurde.

### 7.2.7. *Justierausschlagsdrift*

Die Justierausschlagsdrift wird als mittleres Ansprechen auf einen Justierdurchsatz in einem Zeitabschnitt von mindestens 30 Sekunden definiert. Die Justierausschlagsdrift kann anhand der aufgezeichneten Primärsignale, z. B. des Drucks, überprüft werden. Die Drift der Primärsignale über

einen Zeitraum von 4 Stunden muss weniger als  $\pm 2\%$  des Höchstwertes des Primärsignals betragen, das bei dem Durchsatzwert, bei dem der EFM kalibriert wurde, aufgezeichnet wurde.

#### 7.2.8. *Anstiegszeit*

Die Anstiegszeit der Geräte und Methoden zur Messung des Abgasdurchsatzes sollte soweit wie möglich der Anstiegszeit des Gasanalysators gemäß Nummer 4.2.7 entsprechen, jedoch nicht mehr als 1 Sekunde betragen.

#### 7.2.9. *Überprüfung der Ansprechzeit*

Die Ansprechzeit von Abgasmassendurchsatzmessern wird bestimmt, indem ähnliche Parameter wie für die Emissionsprüfung (d. h. Druck, Durchsätze, Filtereinstellungen und alle sonstigen Faktoren, die die Ansprechzeit beeinflussen) angewandt werden. Die Bestimmung der Ansprechzeit erfolgt durch Wechsel des Gases direkt am Eintritt des Abgasmassendurchsatzmessers. Der Gaswechsel muss so schnell wie möglich erfolgen, ein Wechsel in weniger als 0,1 Sekunden wird dringend empfohlen. Der für die Prüfung verwendete Gasdurchsatz muss eine Veränderung des Durchsatzes von mindestens 60 % des Skalenendwertes des Abgasmassendurchsatzmessers bewirken. Der Gasdurchsatz ist aufzuzeichnen. Die Ansprechverzögerung ist definiert als die Zeit, die ab dem Umschalten des Gasstroms ( $t_0$ ) vergeht, bis der angezeigte Messwert 10 % ( $t_{10}$ ) seines Endwertes erreicht. Die Anstiegszeit ist definiert als die Zeit für den Anstieg des angezeigten Messwertes von 10 % auf 90 % ( $t_{90} - t_{10}$ ) des Endwertes. Die Ansprechzeit ( $t_{90}$ ) ist definiert als die Summe aus der Ansprechverzögerung und der Anstiegszeit. Die Ansprechzeit des Durchsatzmessers ( $t_{90}$ ) muss gemäß Nummer 7.2.8  $\leq 3$  Sekunden bei einer Anstiegszeit ( $t_{90} - t_{10}$ ) von  $\leq 1$  Sekunde betragen.

### 8. **SENSOREN UND NEBENVERBRAUCHER**

Sensoren und Nebenverbraucher, welche beispielsweise zur Bestimmung von Temperatur, Luftdruck, Umgebungsfeuchte, Fahrzeuggeschwindigkeit, Kraftstoffdurchsatz und Ansaugluftdurchsatz eingesetzt werden, dürfen die Leistung von Motor und Abgasnachbehandlungssystem des Fahrzeugs nicht verändern oder unangemessen beeinträchtigen. Die Genauigkeit der Sensoren und Nebenverbraucher muss die Anforderungen von Tabelle 4 erfüllen. Die Einhaltung der Anforderungen von Tabelle 4 ist in den vom Hersteller des Geräts spezifizierten Abständen gemäß den internen Kontrollverfahren oder nach der Norm ISO 9000 nachzuweisen.

*Tabelle 4*

#### **Genauigkeitsanforderungen für Messparameter**

Messparameter	Genauigkeit
---------------	-------------

Kraftstoffdurchsatz <sup>(1)</sup>	± 1 % des Ablesewertes <sup>(3)</sup>
Luftdurchsatz <sup>(1)</sup>	± 2 % des Ablesewertes
Fahrzeuggeschwindigkeit <sup>(2)</sup>	± 1,0 km/h absolut
Temperaturen ≤ 600 K	± 2 K absolut
Temperaturen > 600 K	± 0,4 % des Ablesewertes in Kelvin
Umgebungsdruck	± 0,2 kPa absolut
Relative Feuchtigkeit	± 5 % absolut
Absolute Feuchtigkeit	± 10 % des Ablesewertes oder 1 gH <sub>2</sub> O/kg trockener Luft, je nachdem, welcher Wert höher ist

<sup>(1)</sup> optional zur Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes.

<sup>(2)</sup> Diese Anforderung gilt nur für den Geschwindigkeitssensor. wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zur Bestimmung von Parametern wie der Beschleunigung, des Produkts aus Geschwindigkeit und positiver Beschleunigung oder des RPA-Wertes (relative positive Beschleunigung) herangezogen wird, muss das Geschwindigkeitssignal über 3 km/h eine Genauigkeit von 0,1 % und eine Abtastfrequenz von 1 Hz aufweisen. Diese Genauigkeitsanforderung kann durch die Verwendung des Signals eines Raddrehzahlsensors eingehalten werden.

<sup>(3)</sup> Bei Verwendung zur Berechnung des Luft- und Abgasmassendurchsatzes ausgehend vom Kraftstoffdurchsatz nach Anlage 4 Nummer 10 muss die Genauigkeit 0,02 % des Ablesewertes betragen.



## Anlage 3

### Validierung des PEMS und nicht rückführbarer Abgasmassendurchsatz

#### 1. EINLEITUNG

Diese Anlage enthält Anforderungen für die Validierung der Funktionstüchtigkeit des eingebauten PEMS unter instationären Bedingungen sowie für die Korrektheit der Abgasmassendurchsatzwerte, die mit nicht rückführbar kalibrierten Abgasmassendurchsatzmessern ermittelt oder mit Hilfe von ECU-Signalen berechnet wurden.

#### 2. SYMBOLE, PARAMETER UND EINHEITEN

%	-	Prozent
#/km	-	Anzahl pro Kilometer
$a_0$	-	y-Achsenabschnitt der Regressionsgeraden
$a_1$	-	Steigung der Regressionsgeraden
g/km	-	Gramm pro Kilometer
Hz	-	Hertz
km	-	Kilometer
m	-	Meter
mg/km	-	Milligramm pro Kilometer
$r^2$	-	Bestimmungskoeffizient
x	-	tatsächlicher Wert des Bezugssignals
y	-	tatsächlicher Wert des zu validierenden Signals

### **3. VALIDIERUNGSVERFAHREN FÜR PEMS**

#### **3.1. Häufigkeit der PEMS-Validierung**

Es wird empfohlen, das installierte PEMS einmal für jede PEMS-Fahrzeug-Kombination vor der RDE-Prüfung oder, alternativ, nach Abschluss einer Prüfung zu validieren.

#### **3.2. PEMS-Validierungsverfahren**

##### *3.2.1. Installation des PEMS*

Das PEMS ist gemäß den Vorschriften der Anlage 1 zu installieren und vorzubereiten. Die Installation des PEMS darf in der Zeit zwischen der Validierung und der RDE-Prüfung nicht verändert werden.

##### *3.2.2. Prüfbedingungen*

Die Validierung erfolgt auf einem Rollenprüfstand, soweit zutreffend unter den Bedingungen der Typgenehmigung gemäß den Vorschriften des Anhangs 4a der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 oder nach einer anderen geeigneten Messmethode. Es wird empfohlen, die Validierungsprüfung mit dem weltweit harmonisierten Prüfzyklus für leichte Nutzfahrzeuge (WLTC) gemäß Anhang 1 der Globalen Technischen Regelung Nr. 15 der UNECE durchzuführen. Die Umgebungstemperatur muss innerhalb der unter Nummer 5.2 dieses Anhangs festgelegten Spanne liegen.

Es wird empfohlen, den vom PEMS während der Validierungsprüfung entnommenen Abgasstrom zurück in die CVS zu leiten. Ist dies nicht machbar, sind die Ergebnisse der CVS um die entnommene Abgasmasse zu berichtigen. Wird der Abgasmassendurchsatz mit einem Abgasmassendurchsatzmesser validiert, wird empfohlen, die Messungen des Massendurchsatzes mit Daten von einem Sensor oder dem ECU abzugleichen.

##### *3.2.3. Datenanalyse*

Der Gesamtwert der mit Laborausstattung gemessenen streckenabhängigen Emissionen [g/km] ist nach Anhang 4a der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 zu berechnen. Die vom PEMS gemessenen Emissionen sind nach Anlage 4 Nummer 9 zu berechnen; sie werden zwecks Ermittlung der Gesamtmasse der Schadstoffemissionen [g] summiert und anschließend durch die vom Rollenprüfstand angezeigte Prüfstrecke [km] dividiert. Die gesamte vom PEMS und dem Bezugslaborsystem ermittelte streckenabhängige Schadstoffmasse [g/km] ist anhand der Anforderungen unter Nummer 3.3 zu bewerten. Für die Validierung der NO<sub>x</sub>-Emissionsmessungen ist eine Feuchtigkeitskorrektur nach Anhang 4a Nummer 6.6.5 der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsserie 07 vorzunehmen.

### 3.3. Zulässige Toleranzen für die PEMS-Validierung

Die PEMS-Validierungsergebnisse müssen die Anforderungen in Tabelle 1 erfüllen. Wird eine zulässige Toleranz überschritten, sind Abhilfemaßnahmen zu treffen, und die PEMS-Validierung ist zu wiederholen.

*Tabelle 1*

#### **Zulässige Toleranzen**

Parameter [Einheit]	Zulässige Toleranz
Strecke [km] <sup>(1)</sup>	± 250 m des Labor-Bezugswertes
THC <sup>(2)</sup> [mg/km]	± 15 mg/km oder 15 % des Labor-Bezugswertes, je nachdem, welcher Wert höher ist
CH <sub>4</sub> <sup>(2)</sup> [mg/km]	± 15 mg/km oder 15 % des Labor-Bezugswertes, je nachdem, welcher Wert höher ist
NMHC <sup>(2)</sup> [mg/km]	± 20 mg/km oder 20 % des Labor-Bezugswertes, je nachdem, welcher Wert höher ist
P <sup>(2)</sup> [# / km]	<sup>3)</sup>
CO <sup>(2)</sup> [mg/km]	± 150 mg/km oder 15 % des Labor-Bezugswertes, je nachdem, welcher Wert höher ist
CO <sub>2</sub> (g/km)	± 10 g/km oder 10 % des Labor-Bezugswertes, je nachdem, welcher Wert höher ist
NO <sub>x</sub> <sup>(2)</sup> (mg/km)	± 15 mg/km oder 15 % des Labor-Bezugswertes, je nachdem, welcher Wert höher ist

<sup>(1)</sup> Gilt nur, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit vom ECU ermittelt wird; zur Einhaltung der zulässigen Toleranzen können die Messungen der Fahrzeuggeschwindigkeit durch das ECU gemäß den Ergebnissen der Validierungsprüfung berichtet werden.

<sup>(2)</sup> Parameter nur obligatorisch, wenn die Messung nach Nummer 2.1 dieser Anlage erforderlich ist.

<sup>(3)</sup> Noch zu bestimmen.

## **4. VERFAHREN FÜR DIE VALIDIERUNG DES MIT NICHT RÜCKFÜHRBAR KALIBRIERTEN GERÄTEN UND SENSOREN ERMITTELTEN ABGASMASSENDURCHSATZES**

### **4.1. Häufigkeit der Validierung**

Zusätzlich zur Erfüllung der Linearitätsanforderungen gemäß Anlage 2 Nummer 3 unter stationären Bedingungen ist die Linearität von nicht rückführbar kalibrierten Abgasmassendurchsatzmessern oder der mit nicht rückführbar kalibrierten Sensoren oder ECU-Signalen berechnete Abgasmassendurchsatz für jedes Prüffahrzeug unter nicht stationären Bedingungen mit Hilfe eines kalibrierten Abgasmassendurchsatzmessers oder der CVS zu validieren. Die Validierung kann ohne Einbau des PEMS durchgeführt werden, muss aber allgemein die Anforderungen nach Anhang 4a der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsreihe 07 sowie die für Abgasmassendurchsatzmesser geltenden Anforderungen nach Anlage 1 erfüllen.

### **4.2. Validierungsverfahren**

Die Validierung erfolgt auf einem Rollenprüfstand unter Typgenehmigungsbedingungen gemäß den Vorschriften des Anhangs 4a der UNECE-Regelung Nr. 83 Änderungsreihe 07, soweit diese zutreffen. Es ist der weltweit harmonisierte Prüfzyklus für leichte Nutzfahrzeuge (WLTC) gemäß Anhang 1 der Globalen Technischen Regelung Nr. 15 der UNECE anzuwenden. Als Bezug ist ein rückführbar kalibrierter Durchsatzmesser zu verwenden. Jede Umgebungstemperatur innerhalb der Spanne nach Nummer 5.2 dieses Anhangs ist zulässig. Der Einbau des Abgasmassendurchsatzmessers und die Durchführung der Prüfung müssen die Anforderung nach Anlage 1 Nummer 3.4.3 dieses Anhangs erfüllen.

Die Validierung der Linearität geschieht mit folgenden Berechnungsschritten:

- (a) Das zu validierende Signal und das Bezugssignal sind einer Zeitkorrektur zu unterziehen, die die Anforderungen von Anlage 4 Nummer 3 erfüllt, soweit diese zutreffen.
- (b) Punkte unterhalb von 10 % des höchsten Durchsatzwertes sind von der weiteren Analyse auszuschließen.
- (c) Das zu validierende Signal und das Bezugssignal sind bei einer konstanten Frequenz von mindestens 1,0 Hz mit folgender Gleichung für die beste Anpassung zu korrelieren:

$$y = a_1 x + a_0$$

Dabei ist:

$y$  der tatsächliche Wert des zu validierenden Signals

$a_1$  die Steigung der Regressionsgeraden

- $x$  der tatsächliche Wert des Bezugssignals
- $a_0$  der  $y$ -Achsenabschnitt der Regressionsgeraden

Die Standardabweichung vom Schätzwert (SEE) des geschätzten Verlaufs  $y$  über  $x$  und der Bestimmungskoeffizient ( $r^2$ ) sind für jeden einzelnen Messparameter und jedes Messsystem zu berechnen.

- (d) Die Parameter der linearen Regression müssen den Bestimmungen der Tabelle 2 entsprechen.

### 4.3. Anforderungen

Die in Tabelle 2 wiedergegebenen Linearitätsanforderungen müssen erfüllt sein. Wird eine zulässige Toleranz überschritten, sind Abhilfemaßnahmen zu treffen, und die Validierung ist zu wiederholen.

*Tabelle 2*

#### **Linearitätsanforderungen an den berechneten und gemessenen Abgasmassendurchsatz**

Messparameter/-system	$a_0$	Steigung $a_1$	Standardabweichung SEE	Bestimmungskoeffizient $r^2$
Abgasmassendurchsatz	$0,0 \pm 3,0$ kg/h	$1,00 \pm 0,075$	$\leq 10$ % max	$\geq 0,90$

## Anlage 4

### Emissionsbestimmung

#### 1. EINLEITUNG

Diese Anlage beschreibt das Verfahren zur Bestimmung der momentanen Massen- und Partikelanzahlemissionen [g/s; #/s] welche für die nachfolgende Bewertung einer RDE-Prüffahrt und die Berechnung des endgültigen Emissionsergebnisses gemäß den Anlagen 5 und 6 heranzuziehen sind.

#### 2. SYMBOLE, PARAMETER UND EINHEITEN

%	-	Prozent
<	-	kleiner als
#/s	-	Anzahl pro Sekunde
$\alpha$	-	Molverhältnis für Wasserstoff (H/C)
$\beta$	-	Molverhältnis für Kohlenstoff (C/C)
$\gamma$	-	Molverhältnis für Schwefel (S/C)
$\delta$	-	Molverhältnis für Stickstoff (N/C)
$\Delta t_{t,i}$	-	Wandlungszeit t des Analysators [s]
$\Delta t_{t,m}$	-	Wandlungszeit t des Abgasmassendurchsatzmessers [s]
$\varepsilon$	-	Molverhältnis für Sauerstoff (O/C)
$\rho_e$	-	Abgasdichte
$\rho_{gas}$	-	Dichte des Abgasbestandteils „Gas“
$\lambda$	-	Luftüberschussfaktor
$\lambda_i$	-	momentaner Luftüberschussfaktor
$A/F_{st}$	-	Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis [kg/kg]
°C	-	Grad Celsius

$C_{CH_4}$	-	Methankonzentration
$C_{CO}$	-	CO-Konzentration im trockenen Bezugszustand [%]
$C_{CO_2}$	-	CO <sub>2</sub> -Konzentration im trockenen Bezugszustand [%]
$C_{dry}$	-	Konzentration eines Schadstoffs im trockenen Bezugszustand in ppm oder Volumenprozent
$C_{gas,i}$	-	momentane Konzentration des Abgasbestandteils „Gas“ [ppm]
$C_{HCw}$	-	HC-Konzentration im feuchten Bezugszustand [ppm]
$C_{HC(w/NMC)}$	-	HC-Konzentration, wenn CH <sub>4</sub> oder C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> durch den NMC strömt [ppmC <sub>1</sub> ]
$C_{HC(w/oNMC)}$	-	HC-Konzentration, wenn CH <sub>4</sub> oder C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> am NMC vorbeiströmt [ppmC <sub>1</sub> ]
$C_{i,c}$	-	zeitkorrigierte Konzentration des Bestandteils $i$ [ppm]
$C_{i,r}$	-	Konzentration des Bestandteils $i$ [ppm] im Abgas
$C_{NMHC}$	-	Konzentration der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe
$C_{wet}$	-	Konzentration eines Schadstoffs im feuchten Bezugszustand in ppm oder Volumenprozent
$E_E$	-	Ethanwirkungsgrad
$E_M$	-	Methan-Wirkungsgrad
g	-	Gramm
g/s	-	Gramm pro Sekunde
$H_a$	-	Feuchtigkeit der Ansaugluft [g Wasser je kg trockener Luft]
$i$	-	Nummer der Messung
kg	-	Kilogramm
kg/h	-	Kilogramm pro Stunde
kg/s	-	Kilogramm pro Sekunde
$k_w$	-	Faktor der Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

m	-	Meter
$m_{\text{gas},i}$	-	Masse des Abgasbestandteils „Gas“ [g/s]
$q_{\text{maw},i}$	-	momentaner Massendurchsatz der Ansaugluft (kg/s)
$q_{\text{m},c}$	-	zeitkorrigierter Abgasmassendurchsatz [kg/s]
$q_{\text{mew},i}$	-	momentaner Abgasmassendurchsatz [kg/s]
$q_{\text{mf},i}$	-	momentaner Kraftstoffmassendurchsatz [kg/s]
$q_{\text{m},r}$	-	Massendurchsatz des Rohabgases [kg/s]
r	-	Kreuzkorrelationskoeffizient
$r^2$	-	Bestimmungskoeffizient
$r_h$	-	Ansprechfaktor für Kohlenwasserstoffe
rpm	-	Umdrehungen pro Minute
s	-	Sekunde
$u_{\text{gas}}$	-	$u$ -Wert des Abgasbestandteils „Gas“

### 3. ZEITKORREKTUR DER PARAMETER

Für die korrekte Berechnung der streckenabhängigen Emissionen sind die aufgezeichneten Konzentrationskurven der Bestandteile, der Abgasmassendurchsatz, die Fahrzeuggeschwindigkeit und andere Fahrzeugdaten einer Zeitkorrektur zu unterziehen. Zur Erleichterung der Korrektur sind Daten, die dem Zeitabgleich unterliegen, entweder in einem einzigen Aufzeichnungsgerät oder mit einem synchronisierten Zeitstempel gemäß Anlage 1 Nummer 5.1 aufzuzeichnen. Die Zeitkorrektur und der Zeitabgleich für Parameter sind in der unter den Nummern 3.1 bis 3.3 festgelegten Reihenfolge durchzuführen.

#### 3.1. Zeitkorrektur von Bestandteilkonzentrationen

Die aufgezeichneten Kurven aller Bestandteilkonzentrationen sind einer Zeitkorrektur zu unterziehen, indem eine inverse Verschiebung entsprechend der Wandlungszeit der jeweiligen Analysatoren vorgenommen wird. Die Wandlungszeit der Analysatoren ist nach Anlage 2 Nummer 4.4 zu bestimmen:

$$c_{i,c}(t - \Delta t_{i,i}) = c_{i,r}(t)$$



Dabei ist:

- $c_{i,c}$  die zeitkorrigierte Konzentration des Bestandteils i als Funktion der Zeit  $t$
- $c_{i,r}$  die Rohkonzentration des Bestandteils i als Funktion der Zeit  $t$
- $\Delta t_{t,i}$  die Wandlungszeit  $t$  des Analysators zur Messung des Bestandteils i

### 3.2. Zeitkorrektur des Abgasmassendurchsatzes

Der mit einem Abgasmassendurchsatzmesser gemessene Abgasmassendurchsatz ist einer Zeitkorrektur durch inverse Verschiebung entsprechend der Wandlungszeit des Abgasmassendurchsatzmessers zu unterziehen. Die Wandlungszeit des Massendurchsatzmessers ist nach Anlage 2 Nummer 4.4.9 zu bestimmen:

$$q_{m,c}(t-\Delta t_{t,m})=q_{m,r}(t)$$

Dabei ist:

- $q_{m,c}$  der zeitkorrigierte Abgasmassendurchsatz als Funktion der Zeit  $t$
- $q_{m,r}$  der Rohabgasmassendurchsatz als Funktion der Zeit  $t$
- $\Delta t_{t,m}$  die Wandlungszeit  $t$  des Abgasmassendurchsatzmessers

Wird der Abgasmassendurchsatz mit Hilfe von ECU-Daten oder mit einem Sensor bestimmt, ist eine zusätzliche Wandlungszeit zu berücksichtigen, welche durch Kreuzkorrelation des berechneten Abgasmassendurchsatzes mit dem gemessenen Abgasmassendurchsatz gemäß Anlage 3 Nummer 4 ermittelt wird.

### 3.3. Zeitabgleich der Fahrzeugdaten

Für sonstige, von einem Sensor oder dem ECU stammende Daten ist ein Zeitabgleich durch Kreuzkorrelierung mit geeigneten Emissionsdaten (z. B. mit Bestandteilkonzentrationen) vorzunehmen.

#### 3.3.1. Geschwindigkeit des Fahrzeugs aus verschiedenen Quellen

Zum Zeitabgleich zwischen Fahrzeuggeschwindigkeit und Abgasmassendurchsatz ist es zuerst notwendig, eine gültige Geschwindigkeitskurve festzulegen. Stammen die Daten zur

Fahrzeuggeschwindigkeit aus verschiedenen Quellen (z. B. dem GPS, einem Sensor oder dem ECU), ist ein Zeitabgleich der Geschwindigkeitswerte durch Kreuzkorrelation vorzunehmen.

### 3.3.2. *Fahrzeuggeschwindigkeit und Abgasmassendurchsatz*

Es ist ein Zeitabgleich zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Abgasmassendurchsatz durch Kreuzkorrelation des Abgasmassendurchsatzes und des Produkts aus Fahrzeuggeschwindigkeit und positiver Beschleunigung vorzunehmen.

### 3.3.3. *Weitere Signale*

Bei Signalen, deren Wert sich langsam ändert und innerhalb einer engen Spanne liegt, beispielsweise bei der Umgebungstemperatur, kann der Zeitabgleich entfallen.

## **4. KALTSTART**

Der Kaltstartzeitraum umfasst die ersten 5 Minuten nach dem ersten Start des Verbrennungsmotors. Kann die Kühlmitteltemperatur verlässlich ermittelt werden, endet der Kaltstartzeitraum, sobald das Kühlmittel erstmalig eine Temperatur von 343 K (70 °C) erreicht, spätestens jedoch 5 min nach dem ersten Anlassen des Motors. Die Emissionen beim Kaltstart sind aufzuzeichnen.

## **5. EMISSIONSMESSUNGEN BEI STEHENDEM MOTOR**

Momentane Emissions- oder Abgasdurchsatzwerte, die bei ausgeschaltetem Verbrennungsmotor gemessen wurden, sind aufzuzeichnen. Anschließend sind die aufgezeichneten Werte in einem gesonderten Schritt im Rahmen der Nachverarbeitung der Daten auf null zu setzen. Der Verbrennungsmotor gilt als ausgeschaltet, wenn zwei der folgenden Kriterien erfüllt sind: Die aufgezeichnete Drehzahl beträgt < 50 rpm, der gemessene Abgasmassendurchsatz beträgt < 3 kg/h, der gemessene Abgasmassendurchsatz fällt im Leerlauf auf < 15 % des Abgasmassendurchsatzes unter stationären Bedingungen.

## **6. KONSISTENZPRÜFUNG DER DATEN ZUR HÖHENLAGE DES FAHRZEUGS**

Besteht der wohlbegründete Verdacht, dass eine Fahrt oberhalb der zulässigen Höhe gemäß Nummer 5.2 dieses Anhangs durchgeführt wurde, oder wurde die Höhe nur mit einem GPS gemessen, sind die GPS-Höhendaten auf Konsistenz zu überprüfen und wenn nötig zu berichtigen. Die Konsistenz der Daten ist durch Vergleich von Breiten- und Längengrad- sowie von Höhendaten des GPS zu überprüfen, wobei die Höhe durch ein digitales Geländemodell oder eine topografische

Karte im geeigneten Maßstab anzuzeigen ist. Messungen, die von der Höhenangabe der topografischen Karte um mehr als 40 m abweichen, sind manuell zu korrigieren und zu markieren.

## **7. KONSISTENZPRÜFUNG DER GPS-DATEN ZUR FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT**

Die vom GPS bestimmte Fahrzeuggeschwindigkeit ist auf Konsistenz zu prüfen, indem die Gesamtfahrstrecke berechnet und mit Bezugswerten verglichen wird, welche entweder von einem Sensor, dem validierten ECU oder auch von einem digitalen Straßennetz oder einer topographischen Karte stammen. Offensichtliche Fehler in den GPS-Daten sind vor der Konsistenzprüfung beispielsweise mit Hilfe eines Koppelnavigationssensors obligatorisch zu berichtigen. Die ursprüngliche, unkorrigierte Datei ist aufzubewahren; korrigierte Daten sind zu kennzeichnen. Die berichtigten Daten dürfen sich nicht über einen ununterbrochenen Zeitraum von mehr als 120 s oder eine Gesamtdauer von mehr als 300 s erstrecken. Die mit Hilfe der korrigierten GPS-Daten berechnete Gesamtstrecke darf von den Bezugswerten um nicht mehr als 4 % abweichen. Wenn die GPS-Daten diese Anforderungen nicht erfüllen und keine andere verlässliche Quelle für Daten zur Fahrzeuggeschwindigkeit zur Verfügung steht, sind die Prüfungsergebnisse für ungültig zu erklären.

## **8. KORREKTUR DER EMISSIONEN**

### **8.1. Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand**

Werden die Emissionen im trockenen Bezugszustand gemessen, sind die gemessenen Konzentrationen anhand folgender Formel in den feuchten Bezugszustand umzurechnen:

$$c_{\text{wet}} = k_w * c_{\text{dry}}$$

Dabei ist:

$c_{\text{wet}}$  die Konzentration eines Schadstoffs im feuchten Bezugszustand in ppm oder Volumenprozent

$c_{\text{dry}}$  die Konzentration eines Schadstoffs im trockenen Bezugszustand in ppm oder Volumenprozent

$k_w$  der Faktor der Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Die Berechnung von  $k_w$  erfolgt nach folgender Formel:

$$k_w = \left( \frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008$$

Dabei ist:

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

Dabei ist:

$H_a$	die Feuchtigkeit der Ansaugluft [g Wasser je kg trockener Luft]
$c_{CO_2}$	die CO <sub>2</sub> -Konzentration im trockenen Bezugszustand [%]
$c_{CO}$	die CO-Konzentration im trockenen Bezugszustand [%]
$\alpha$	das Molverhältnis für Wasserstoff

## 8.2. Korrektur der NO<sub>x</sub>-Emissionen um Umgebungsfeuchte und -temperatur

Bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen ist keine Korrektur um Umgebungstemperatur und Feuchtigkeit vorzunehmen.

## 9. BESTIMMUNG DER MOMENTANEN GASFÖRMIGEN ABGASBESTANDTEILE

### 9.1. Einleitung

Die Bestandteile im Rohabgas sind mit den in Anlage 2 beschriebenen Mess- und Probenahmeanalytoren zu messen. Die Rohkonzentrationen der maßgeblichen Bestandteile sind gemäß Anlage 1 zu messen. Die Daten sind einer Zeitkorrektur zu unterziehen und gemäß Nummer 3 abzugleichen.

### 9.2. Berechnung der NMHC- und CH<sub>4</sub>-Konzentration

Bei der Methanmessung mit einem NMC-FID hängt die NMHC-Berechnung vom Kalibrierigas/von der Methode zur Nullpunkt-/Messbereichskalibrierung ab. Bei Verwendung eines FID für THC-Messungen ohne NMC ist dieser mit Propan/Luft oder Propan/N<sub>2</sub> auf die übliche Weise zu kalibrieren. Für die Kalibrierung des einem NMC nachgeschalteten FID sind folgende Verfahren zulässig:

a) Das Kalibrierigas aus Propan und Luft wird am NMC vorbeigeleitet.

b) Das Kalibriergas aus Methan und Luft wird durch den NMC geleitet.

Es wird nachdrücklich empfohlen, den Methan-FID mit Kalibriergas aus Methan und Luft zu kalibrieren, das durch den NMC geleitet wird.

In Verfahren a sind die Konzentrationen von CH<sub>4</sub> und NMHC folgendermaßen zu berechnen:

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M) - c_{HC(w/NMC)}}{(E_E - E_M)}$$

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/NMC)} - c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M)}{r_h \times (E_E - E_M)}$$

In Verfahren a sind die Konzentrationen von CH<sub>4</sub> und NMHC folgendermaßen zu berechnen:

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M) - c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_E)}{r_h \times (E_E - E_M)}$$

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/oNMC)} \times (1 - E_M) - c_{HC(w/NMC)} \times r_h \times (1 - E_M)}{(E_E - E_M)}$$

Dabei ist:

- $c_{HC(w/oNMC)}$  die HC-Konzentration bei Vorbeileitung des CH<sub>4</sub> oder C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> am NMC [ppmC<sub>1</sub>]
- $c_{HC(w/NMC)}$  die HC-Konzentration bei Durchfluss des CH<sub>4</sub> oder C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> durch den NMC [ppmC<sub>1</sub>]
- $r_h$  der gemäß Anlage 2 Nummer 4.3.3 Buchstabe b bestimmte Kohlenwasserstoff-Ansprechfaktor
- $E_M$  die Umwandlungseffizienz bei Methan gemäß Anlage 2 Nummer 4.3.4 Buchstabe a
- $E_E$  die Umwandlungseffizienz bei Ethan gemäß Anlage 2 Nummer 4.3.4 Buchstabe b

Wird der Methan-FID durch den Cutter kalibriert (Verfahren b), beträgt die gemäß Anlage 2 Nummer 4.3.4 Buchstabe a ermittelte Umwandlungseffizienz bei Methan null. Die Dichte, die für die Berechnung der NMHC-Masse herangezogen wird, muss gleich der Dichte der Gesamtkohlenwasserstoffe bei 273,15 K und bei 101,325 kPa sein und hängt vom Kraftstoff ab.

## **10. BESTIMMUNG DES ABGASMASSENDURCHSATZES**

### **10.1. Einleitung**

Für die Berechnung der momentanen Massenemissionen nach den Nummern 11 und 12 ist die Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes erforderlich. Der Abgasmassendurchsatz ist durch eines der direkten Messverfahren nach Anlage 2 Nummer 7.2 zu bestimmen. Alternativ dazu ist die Berechnung des Abgasmassendurchsatzes nach den Nummern 10.2 bis 10.4 zulässig.

### **10.2. Berechnungsverfahren auf Grundlage des Luftmassendurchsatzes und des Kraftstoffmassendurchsatzes**

Der momentane Abgasmassendurchsatz kann aus dem Luftmassendurchsatz und dem Kraftstoffmassendurchsatz folgendermaßen berechnet werden:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i}$$

Dabei ist:

$q_{mew,i}$  der momentane Abgasmassendurchsatz [kg/s]

$q_{maw,i}$  der momentane Massendurchsatz der Ansaugluft (kg/s)

$q_{mf,i}$  der momentane Kraftstoffmassendurchsatz [kg/s]

Werden der Luftmassendurchsatz und der Kraftstoffmassendurchsatz oder der Abgasmassendurchsatz mit Hilfe von Aufzeichnungen des ECU ermittelt, muss der berechnete momentane Abgasmassendurchsatz die in Anlage 2 Nummer 3 für den Abgasmassendurchsatz festgelegten Linearitätsanforderungen sowie die Validierungsanforderungen nach Anlage 3 Nummer 4.3 erfüllen.

### **10.3. Berechnungsverfahren auf der Grundlage des Luftmassendurchsatzes und des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses**

Der momentane Abgasmassendurchsatz kann aus dem Luftmassendurchsatz und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis folgendermaßen berechnet werden:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i}\right)$$

Dabei ist:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12,011 + 1,008 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,0675 \times \gamma}$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO_2}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO_2}}}\right) \times (c_{CO_2} + c_{CO} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \times (c_{CO_2} + c_{CO} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})}$$

Dabei ist:

$q_{maw,i}$	der momentane Massendurchsatz der Ansaugluft (kg/s)
$A/F_{st}$	das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis [kg/kg]
$\lambda_i$	das momentane Luftüberschussverhältnis
$c_{CO_2}$	die CO <sub>2</sub> -Konzentration im trockenen Bezugszustand [%]
$c_{CO}$	die CO-Konzentration im trockenen Bezugszustand [ppm]
$c_{HCw}$	die HC-Konzentration im feuchten Bezugszustand [ppm]
$\alpha$	das Molverhältnis für Wasserstoff (H/C)
$\beta$	das Molverhältnis für Kohlenstoff (C/C)
$\gamma$	das Molverhältnis für Schwefel (S/C)
$\delta$	das Molverhältnis für Stickstoff (N/C)
$\varepsilon$	das Molverhältnis für Sauerstoff (O/C)

Die Koeffizienten beziehen sich bei Kraftstoffen auf Kohlenstoffbasis auf einen Kraftstoff C <sub>$\beta$</sub>  H <sub>$\alpha$</sub>  O <sub>$\varepsilon$</sub>  N <sub>$\delta$</sub>  S <sub>$\gamma$</sub>  mit  $\beta = 1$ . Die Konzentration der HC-Emissionen ist in der Regel gering und kann bei der Berechnung von  $\lambda_i$  weggelassen werden.

Werden der Luftmassendurchsatz und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit Hilfe von Aufzeichnungen des ECU ermittelt, muss der berechnete momentane Abgasmassendurchsatz die in Anlage 2

Nummer 3 für den Abgasmassendurchsatz festgelegten Linearitätsanforderungen sowie die Validierungsanforderungen nach Anlage 3 Nummer 4.3 erfüllen.

#### **10.4. Berechnungsverfahren auf der Grundlage des Kraftstoffmassendurchsatzes und des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses**

Der momentane Abgasmassendurchsatz kann aus dem Kraftstoffdurchsatz und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis (berechnet mit  $A/F_{st}$  und  $\lambda_i$  gemäß Nummer 10.3) wie folgt errechnet werden:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \times (1 + A/F_{st} \times \lambda_i)$$

Der berechnete momentane Abgasmassendurchsatz muss die in Anlage 2 Nummer 3 für den Abgasmassendurchsatz festgelegten Linearitätsanforderungen sowie die Validierungsanforderungen nach Anlage 3 Nummer 4.3 erfüllen.

### **11. BERECHNUNG DER MOMENTANEN MASSEMISSIONEN GASFÖRMIGER BESTANDTEILE**

Die momentanen Massenemissionen [g/s] werden durch Multiplikation der momentanen Konzentration des jeweiligen Schadstoffs [ppm] mit dem momentanen Abgasmassendurchsatz [kg/s] – bei beiden Werten ist eine Berichtigung und ein Abgleich für die Wandlungszeit vorzunehmen – und dem jeweiligen  $u$ -Wert nach Tabelle 1 ermittelt. Wird im trockenen Bezugszustand gemessen, so sind die momentanen Konzentrationswerte der Bestandteile nach Absatz 8.1 in den feuchten Bezugszustand umzurechnen, ehe sie für weitere Berechnungen verwendet werden. Gegebenenfalls sind in sämtlichen nachfolgenden Datenbewertungen negative momentane Emissionswerte zu verwenden. Die Parameterwerte müssen in die Berechnung der vom Analysator, dem Durchsatzmessgerät, dem Sensor oder dem ECU gemeldeten momentanen Emissionen [g/s] einfließen. Hierzu ist folgende Formel anzuwenden:

$$m_{gas,i} = u_{gas} \cdot c_{gas,i} \cdot q_{mew,i}$$

Dabei ist:

$m_{gas,i}$  die Masse des Abgasbestandteils „Gas“ [g/s]

$u_{gas}$  das Verhältnis zwischen der Dichte des Abgasbestandteils „Gas“ und der Gesamtdichte des Abgases gemäß Tabelle 1



- $c_{\text{gas},i}$  die gemessene Konzentration des Abgasbestandteils „Gas“ im Abgas [ppm]
- $q_{\text{mew},i}$  der gemessene Abgasmassendurchsatz [kg/s]
- $gas$  der jeweilige Bestandteil
- $i$  die Nummer der Messung

Tabelle 1

**$u$ -Werte des Rohabgases als Darstellung des Verhältnisses zwischen der Dichte des Abgasbestandteils oder Schadstoffs  $i$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] und der Dichte des Abgases [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]<sup>(6)</sup>**

Kraftstoff	$\rho_e$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	Bestandteil oder Schadstoff $i$					
		NO <sub>x</sub>	CO	HC	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
		$\rho_{\text{gas}}$ [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]					
		2,053	1,250	<sup>(1)</sup>	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{\text{gas}}$ <sup>(2,6)</sup>					
Diesel (B7)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Ethanol (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
CNG <sup>(3)</sup>	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 <sup>(4)</sup>	0,001551	0,001128	0,000565
Propan	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butan	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
LPG <sup>(5)</sup>	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Benzin (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Ethanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

<sup>(1)</sup> Kraftstoffabhängig

<sup>(2)</sup> bei  $\lambda=2$ , trockener Luft, 273 K und 101,3 kPa

- (3) Genauigkeit der  $u$ -Werte innerhalb von 0,2 % bei einer Massenverteilung von: C = 66 - 76 %; H = 22 - 25 %; N = 0 - 12 %
- (4) NMHC auf der Grundlage von  $\text{CH}_{2,93}$  (für THC ist der  $u_{\text{gas}}$ -Faktor für  $\text{CH}_4$  zu verwenden)
- (5) Genauigkeit der  $u$ -Werte  $\pm 0,2$  % für folgende Massenverteilung:  $\text{C}_3 = 70 - 90$  %;  $\text{C}_4 = 10 - 30$  %
- (6)  $u_{\text{gas}}$  ist ein Parameter ohne Einheit; die  $u_{\text{gas}}$ -Werte schließen Einheitsumrechnungen ein, um sicherzustellen, dass die momentanen Emissionen in der angegebenen physikalischen Einheit, etwa g/s, ermittelt werden.

## **12. BERECHNUNG DER MOMENTANEN PARTIKELZAHLEMISSIONEN**

In diesem Abschnitt werden Anforderungen für die Berechnung der momentanen Partikelzahlemissionen festgelegt, wenn deren Messung verpflichtend vorgeschrieben ist.

## **13. DATENAUFZEICHNUNG UND -AUSTAUSCH**

Der Datenaustausch zwischen den Messsystemen und der Datenauswertungssoftware erfolgt über eine standardisierte Berichtsdatei gemäß Anlage 8 Nummer 2. Die Vorbearbeitung der Daten (z. B. Zeitkorrektur nach Nummer 3 oder Korrektur des GPS-Signals für die Fahrzeuggeschwindigkeit nach Nummer 7) muss mit der Steuerungssoftware des Messsystems erfolgen und vor Erzeugung der Datenberichtsdatei abgeschlossen sein. Wenn die Daten vor der Aufnahme in die Datenberichtsdatei berichtet oder verarbeitet werden, müssen die originalen Rohdaten zwecks Qualitätssicherung und Kontrolle aufbewahrt werden. Das Runden von Zwischenwerten ist nicht zulässig.