



---

#### Inhalt

#### II Rechtsakte ohne Gesetzescharakter

##### RECHTSAKTE VON GREMIEN, DIE IM RAHMEN INTERNATIONALER ÜBEREINKÜNFTE EINGESETZT WURDEN

- ★ **Regelung Nr. 96 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Motoren für land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen und für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte hinsichtlich der Emissionen von Schadstoffen aus dem Motor [2019/547]** ..... 1

**DE**

---

Bei Rechtsakten, deren Titel in magerer Schrift edruckt sind, handelt es sich um Rechtsakte der aufenden Verwaltung im Bereich der Agrarpolitik, die normalerweise nur eine begrenzte Geltungsdauer haben.

Rechtsakte, deren Titel in fetter Schrift gedruckt sind und denen ein Sternchen vorangestellt ist, sind sonstige Rechtsakte.

---



## II

(Rechtsakte ohne Gesetzescharakter)

## RECHTSAKTE VON GREMIEN, DIE IM RAHMEN INTERNATIONALER ÜBEREINKÜNFTE EINGESETZT WURDEN

Nur die von der UNECE verabschiedeten Originalfassungen sind international rechtsverbindlich. Der Status dieser Regelung und das Datum ihres Inkrafttretens sind der neuesten Fassung des UNECE-Statusdokuments TRANS/WP.29/343 zu entnehmen, das von folgender Website abgerufen werden kann:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocsts.html>.

### **Regelung Nr. 96 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Motoren für land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen und für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte hinsichtlich der Emissionen von Schadstoffen aus dem Motor [2019/547]**

Einschließlich des gesamten gültigen Textes bis:

Änderungsserie 05 — Tag des Inkrafttretens: 29. Dezember 2018

#### INHALT

#### REGELUNG

1. Anwendungsbereich
2. Begriffsbestimmungen und Abkürzungen
3. Antrag auf Genehmigung eines Motortyps oder einer Motorenfamilie
4. Genehmigung
5. Vorschriften und Prüfungen
6. Einbau in das Fahrzeug
7. Motorenfamilie und Motortyp
8. Übereinstimmung der Produktion
9. Maßnahmen bei Abweichung in der Produktion
10. Änderungen des Fahrzeugtyps und Erweiterung der Genehmigung
11. Endgültige Einstellung der Produktion
12. Übergangsbestimmungen
13. Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, und der Typgenehmigungsbehörden

## ANHÄNGE

- 1 Muster für die Beschreibungsmappe und den Beschreibungsbogen
- 2 Mitteilung
- 3 Anordnungen der Genehmigungszeichen
- 4 Prüfverfahren
- 5 Methode für die Datenauswertung und für Berechnungen
- 6 Technische Daten der Bezugskraftstoffe für die Genehmigungsprüfungen und zur Überprüfung der Übereinstimmung der Produktion
- 7 Technische Anforderungen an Zweistoffmotoren
- 8 Methode zur Anpassung der Ergebnisse der Emissionsprüfungen im Labor zur Einbeziehung von Verschlechterungsfaktoren
- 9 Anforderungen in Bezug auf Emissionsminderungsstrategien, Maßnahmen zur Minderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen und Maßnahmen zur Minderung der Partikelemissionen
- 10 Kenngrößen für die Definition von Motortypen und Motorenfamilien sowie für deren Betriebsarten

## 1. ANWENDUNGSBEREICH

Diese Regelung gilt für alle Motoren, die unter die in Absatz 1.1 genannten Klassen fallen und in Fahrzeuge der Klasse T<sup>(1)</sup> und in nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte eingebaut sind oder dazu bestimmt sind, dort eingebaut zu werden.

- 1.1. Für die Zwecke dieser Regelung gelten die folgenden, in die Unterklassen gemäß Anlage 1 dieser Regelung unterteilten Motorenklassen:
  - 1.1.1. „Klasse NRE“: Motoren für Fahrzeuge der Klasse T und für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte, die dazu bestimmt und geeignet sind, sich auf der Straße oder anderweitig zu bewegen oder bewegt zu werden, und die in keiner anderen der in den Absätzen 1.1.2 bis 1.1.7 aufgeführten Klassen enthalten sind.
  - 1.1.2. „Klasse NRG“: Motoren mit einer Bezugsleistung über 560 kW, die ausschließlich zum Einsatz in Generatorsätzen bestimmt sind; Motoren für Generatorsätze mit anderen als diesen Merkmalen sind je nach ihren Merkmalen in den Klassen NRE oder NRS enthalten;
  - 1.1.3. „Klasse NRSh“: handgehaltene Fremdzündungsmotoren („SI“— Spark Ignition) mit einer Bezugsleistung unter 19 kW, die ausschließlich zum Einsatz in handgehaltenen Maschinen und Geräten bestimmt sind;
  - 1.1.4. „Klasse NRS“: Fremdzündungsmotoren für Fahrzeuge der Klasse T und für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte mit einer Bezugsleistung unter 56 kW, die nicht in der Klasse NRSh enthalten sind;
  - 1.1.5. „Klasse SMB“: Fremdzündungsmotoren, die ausschließlich zum Einsatz in Motorschlitten bestimmt sind; Motoren für Motorschlitten, die nicht Fremdzündungsmotoren sind, sind in der Klasse NRE enthalten;

<sup>(1)</sup> Die Klassifizierung von Kraftfahrzeugen und Anhängern wird in Anhang 2 zur Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3) (Dokument ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6 - <https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html>) beschrieben.

- 1.1.6. „Klasse ATS“: Fremdzündungsmotoren, die ausschließlich zum Einsatz in Geländefahrzeugen (All Terrain Vehicle — ATV) und Side-by-Side-Fahrzeugen (SbS), die entweder der Klasse T angehören oder nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte sind, bestimmt sind; Motoren für ATV und SbS, die nicht Fremdzündungsmotoren sind, sind in der Klasse NRE enthalten.
- 1.1.7. Ein Motor mit variabler Drehzahl einer bestimmten Klasse kann anstelle eines Motors mit konstanter Drehzahl der gleichen Klasse verwendet werden.
- 1.2. Diese UN-Regelung gilt nicht für die Überwachung der Schadstoffemissionen von Motoren, die in Fahrzeugen der Klasse T oder in nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten im Rahmen ihres normalen Nutzungsmusters, unter normalen Bedingungen und mit normaler Nutzlast betrieben werden.
2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND ABKÜRZUNGEN
- 2.1. Für die Zwecke dieser Regelung gelten folgende Begriffsbestimmungen:
- 2.1.1. „einstellbare Kenngröße“ ist jede Vorrichtung, jedes System oder Konstruktionselement, die bzw. das (auch bei schwieriger Erreichbarkeit) verstellt werden kann und deren bzw. dessen Verstellung sich auf die Emissionen oder die Leistung des Motors während Emissionsprüfungen oder im praktischen Betrieb auswirkt. Hierzu gehören unter anderem Kenngrößen, die sich auf den Einspritzzeitpunkt und die Kraftstofffördermenge beziehen;
- 2.1.2. „Anpassungsfaktoren“ sind bei der periodischen (oder sporadischen) Regenerierung zu berücksichtigende Werte, die addiert werden (Anpassung nach oben und Anpassung nach unten) oder mit denen multipliziert wird;
- 2.1.3. „Geländefahrzeug (All Terrain Vehicle — ATV)“ ist eine durch einen Motor angetriebene, nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine oder ein von einem Motor angetriebenes Fahrzeug der Klasse T, das hauptsächlich zum Fahren auf unbefestigtem Untergrund auf mindestens vier Rädern mit Niederdruckreifen bestimmt ist und nur über einen sattelförmigen Fahrersitz oder über einen sattelförmigen Fahrersitz und einen Sitz für höchstens einen Beifahrer sowie eine Lenkstange verfügt;
- 2.1.4. „Umgebungstemperatur“ ist in Laborumgebung (z. B. Filterwägeraum oder -kammer) die Temperatur in der beschriebenen Laborumgebung;
- 2.1.5. „Wasserkondensierung“ ist der Niederschlag wasserhaltiger Bestandteile aus der gasförmigen in die flüssige Phase;
- 2.1.6. „zusätzliche Emissionsminderungsstrategie“ oder „AECS“ (Auxiliary Emission Control Strategy) ist eine Emissionsminderungsstrategie, die in Abhängigkeit von spezifischen Umwelt- und/oder Betriebsbedingungen für einen bestimmten Zweck aktiv wird und eine Standard-Emissionsminderungsstrategie zeitweise ändert und nur so lange wirksam bleibt, wie diese Bedingungen anhalten;
- 2.1.7. „Standard-Emissionsminderungsstrategie“ oder „BECS“ (Base Emission Control Strategy) ist eine Emissionsminderungsstrategie, die über den gesamten Drehmoment- und Drehzahlbereich des Motors aktiv ist, solange keine zusätzliche Emissionsminderungsstrategie aktiviert wird;
- 2.1.8. „Kalibrierung“ ist der Vorgang, bei dem das Ansprechverhalten eines Messsystems so eingestellt wird, dass seine Messergebnisse innerhalb einer Spanne von Bezugssignalen liegen. Unterscheide hiervon „Überprüfung“;
- 2.1.9. „Kalibriergas“ ist ein gereinigtes Gasgemisch, das zum Kalibrieren von Gasanalysatoren dient;
- 2.1.10. „Selbstzündungsmotor“ ist ein nach dem Selbstzündungsprinzip („CI“ — Compression Ignition) funktionierender Motor;
- 2.1.11. „Motor mit konstanter Drehzahl“ ist ein Motor, dessen Typgenehmigung auf den Betrieb mit konstanter Drehzahl beschränkt ist, außer solchen Motoren, bei denen der Regler für die konstante Drehzahl entfernt oder außer Betrieb genommen wurde; er kann über eine Leerlaufdrehzahl verfügen, die beim Anlassen oder Abstellen benutzt wird, und er kann mit einem Regler ausgestattet sein, mit dem bei abgestelltem Motor eine andere Drehzahl eingestellt werden kann;

- 2.1.12. „stationärer Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte mit konstanter Drehzahl“ („constant speed non-road steady-state test cycle“— im Folgenden „NRSC mit konstanter Drehzahl“) sind folgende, in Anlage A.6 Anhang 4 dieser Regelung definierte stationäre Prüfzyklen für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte: D2, G1, G2 oder G3;
- 2.1.13. „Betrieb mit konstanter Drehzahl“ ist ein Betrieb des Motors mittels eines Reglers, der die Bedieneingabe automatisch so steuert, dass die Motordrehzahl auch bei Veränderungen der Last gleich bleibt;
- 2.1.14. „Kurbelgehäuse“ sind die geschlossenen Räume, die im Motor oder außerhalb des Motors vorhanden sind und die mit dem Ölumpf durch innere oder äußere Leitungen verbunden sind, durch die Gase und Dämpfe entweichen können;
- 2.1.15. „Umgehungsstrategie“ ist eine Emissionsminderungsstrategie, die unter bestimmten, entweder während des normalen Maschinenbetriebs oder außerhalb der Prüfverfahren für die EU-Typgenehmigung auftretenden Motorbetriebsbedingungen oder Umgebungsbedingungen die Wirksamkeit des Emissionsminderungssystems herabsetzt;
- 2.1.16. „DeNO<sub>x</sub>-System“ ist ein Abgasnachbehandlungssystem zur Verringerung der Emission von Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) (z. B. passive und aktive Mager-NO<sub>x</sub>-Katalysatoren, NO<sub>x</sub>-Adsorber und Systeme zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR));
- 2.1.17. „Verschlechterungsfaktoren“ ist die Menge von Faktoren, die die Beziehung zwischen den Emissionen am Beginn und am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode angeben;
- 2.1.18. „Taupunkt“ ist ein Maß der Feuchtigkeit; es wird angegeben als die Gleichgewichtstemperatur, bei der Wasser bei einem bestimmten Druck aus feuchter Luft mit einer bestimmten Feuchtigkeit kondensiert. Der Taupunkt wird als Temperatur in °C oder K angegeben und ist nur für den Druck gültig, bei dem er gemessen worden ist;
- 2.1.19. „Drift“ ist die Abweichung zwischen einem Null- oder Kalibrierungssignal und dem jeweiligen, von einem Messinstrument unmittelbar nach seiner Verwendung in einer Emissionsprüfung ausgegebenen Wert, sofern das Messinstrument vor der Prüfung genullt und justiert worden ist;
- 2.1.20. „Zweistoffmotor“ ist ein Motor, der für den gleichzeitigen Betrieb mit einem Flüssigkraftstoff und einem gasförmigen Kraftstoff ausgelegt ist, wobei beide Kraftstoffarten getrennt gemessen werden und sich die verbrauchte Menge der einen Kraftstoffart im Vergleich zur anderen je nach Betriebsart unterscheiden kann;
- 2.1.21. „Zweistoffbetrieb“ ist der Normalbetrieb eines Zweistoffmotors, wenn der Motor bei bestimmten Motor-Betriebsbedingungen gleichzeitig mit Flüssigkraftstoff und einem gasförmigen Kraftstoff betrieben wird;
- 2.1.22. „elektronisches Steuergerät“ ist eine elektronische Vorrichtung des Motors, die Teil des Emissionsminderungssystems ist und anhand von Daten der Motorsensoren Motorparameter steuert;
- 2.1.23. „Emissionsminderungssystem“ ist jedes Gerät, System oder Konstruktionsmerkmal, mit dem die Emissionen von geregelten Schadstoffen aus dem Motor gesteuert oder vermindert werden;
- 2.1.24. „Emissionsminderungsstrategie“ sind ein oder mehrere Konstruktionselemente, das oder die Teil des Gesamtkonzepts von Motoren oder von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen oder Geräten, in die ein Motor eingebaut ist, sind und zur Begrenzung der Emissionen genutzt werden;
- 2.1.25. „Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode“ oder „EDP“ (Emission durability period) ist die zur Ermittlung der Verschlechterungsfaktoren erforderliche Anzahl von Stunden oder gegebenenfalls Distanz;

- 2.1.26. „Endnutzer“ ist jede natürliche oder juristische Person mit Ausnahme des Herstellers oder des Originalgeräteherstellers, die für den Betrieb des in einer/einem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder Gerät oder eines Fahrzeugs der Klasse T eingebauten Motors verantwortlich ist;
- 2.1.27. „Motorenfamilie“ ist eine vom Hersteller vorgenommene Klassifizierung von Motortypen, die aufgrund ihrer Bauart ähnliche Abgasemissionseigenschaften aufweisen und die geltenden Emissionsgrenzwerte einhalten;
- 2.1.28. „geregelte Motordrehzahl“ ist die Betriebsdrehzahl des Motors, wenn sie vom eingebauten Regler gesteuert wird;
- 2.1.29. „Motorproduktionsdatum“ ist das Datum, angegeben als Monat und Jahr, an dem der Motor nach Verlassen der Fertigungsstraße die Endkontrolle durchlaufen hat und ausgeliefert oder auf Lager genommen werden kann;
- 2.1.30. „Motortyp“ ist eine Gruppe von Motoren, die sich untereinander nicht in den wesentlichen Motormerkmalen gemäß Anhang 10 dieser UNECE-Regelung unterscheiden;
- 2.1.31. „Inbetriebnahme“ ist der erstmalige bestimmungsgemäße Einsatz eines Fahrzeugs der Klasse T auf dem Hoheitsgebiet einer Vertragspartei;
- 2.1.32. „Abgasnachbehandlungssystem“ ist ein Katalysator, ein Partikelfilter, ein DeNO<sub>x</sub>-System oder jede andere emissionsmindernde Vorrichtung — einschließlich jeglicher Kombination von Systemen, die dieselben physischen Merkmale aufweisen —, die hinter dem Motor eingebaut ist; Die Abgasrückführung und Turbolader gelten nicht als Abgasnachbehandlungssystem, sondern als Bestandteil des Motors;
- 2.1.33. „Abgasrückführung“ oder „AGR“ ist eine technische Vorrichtung, die zum Emissionsminderungssystem gehört und Emissionen dadurch verringert, dass aus dem/den Verbrennungsraum/-räumen austretendes Abgas in den Motor zurückgeführt wird, indem es vor oder während der Verbrennung mit der Einlassluft vermischt wird, wobei hierzu nicht die Beeinflussung der Ventilsteuerzeiten mit der Absicht gehört, die Menge des in den Verbrennungsräumen verbleibenden Abgases zu erhöhen, das vor oder während der Verbrennung mit der Einlassluft vermischt wird;
- 2.1.34. „Vollstromverdünnung“ ist das Verfahren der Vermischung des Abgasstroms mit Verdünnungsluft vor Abtrennung eines Teils des verdünnten Abgases zur Analyse;
- 2.1.35. „gasförmiger Kraftstoff“ ist ein Kraftstoff, der sich unter normalen Umweltbedingungen (298 K bei einem absoluten Umgebungsdruck von 101,3 kPa) vollständig im gasförmigen Aggregatzustand befindet;
- 2.1.36. „gasförmige Schadstoffe“ sind die folgenden vom Motor ausgestoßenen Schadstoffe in gasförmigem Zustand: Kohlenmonoxid (CO), Gesamtkohlenwasserstoffe (HC) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>), bestehend aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), ausgedrückt als Stickstoffdioxid-(NO<sub>2</sub>)-Äquivalent;
- 2.1.37. „Generatorsatz“ ist eine unabhängige, nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine, die nicht Teil eines Antriebsstrangs und hauptsächlich dazu bestimmt ist, elektrischen Strom zu erzeugen;
- 2.1.38. „Gas-Energie-Verhältnis“ oder „GER“ (Gas Energy Ratio) ist im Falle eines Zweistoffmotors das Verhältnis des Energiegehalts des gasförmigen Kraftstoffs gegenüber dem Energiegehalt beider Kraftstoffe; im Falle von Einstoffmotoren beträgt das Gas-Energie-Verhältnis je nach Art des Kraftstoffs definitionsgemäß entweder 1 oder 0;
- 2.1.39. „bestes fachliches Ermessen“ sind Entscheidungen, die im Einklang mit allgemein anerkannten wissenschaftlichen und technischen Grundsätzen sowie verfügbaren einschlägigen Informationen getroffen werden;
- 2.1.40. „Regler“ ist eine Vorrichtung oder eine Steuerstrategie, welche die Motordrehzahl oder die Last automatisch steuert, ausgenommen Drehzahlbegrenzer, wie sie in Motoren der Klasse NRSh eingebaut sind, um die maximale Motordrehzahl zu dem ausschließlichen Zweck zu begrenzen, den Betrieb des Motors oberhalb einer bestimmten Drehzahl zu verhindern;
- 2.1.41. „handgehaltener Fremdzündungsmotor“ ist ein Fremdzündungsmotor mit einer Bezugsleistung von weniger als 19 kW, der in einem Gerät verwendet wird, das mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt:
- a) es wird vom Bediener während der gesamten Ausübung der Funktion oder der Funktionen, für die es bestimmt ist, getragen;

- b) es wird zur Ausübung der Funktionen, für die es bestimmt ist, in mehreren Positionen betrieben, z. B. kopfstehend oder in Seitenlage;
- c) sein Trockengewicht einschließlich Motor beträgt weniger als 20 kg, und es wird außerdem mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt:
- i) der Bediener muss das Gerät während der Ausübung der Funktion(en), für die es bestimmt ist, halten oder tragen;
  - ii) der Bediener muss das Gerät während der Ausübung der Funktion(en), für die es bestimmt ist, halten oder dessen Lage steuern;
  - iii) es wird in einem Generator oder einer Pumpe eingesetzt;
- 2.1.42. „HEPA-Filter“ sind Hochleistungsschwebstoff-Filter, die ihrer Einstufung zufolge gemäß der Norm ASTM F 1471–93 bei der Abscheidung von Partikeln einen anfänglichen Wirkungsgrad von 99,97 % erreichen;
- 2.1.43. „hohe Drehzahl“ oder „ $n_{hi}$ “ ist die höchste Motordrehzahl, bei der sich 70 % der Höchstleistung einstellen;
- 2.1.44. „Leerlaufdrehzahl“ ist die niedrigste Motordrehzahl bei kleinster Last (größer oder gleich Nulllast), bei der die Motordrehzahl durch eine Motorreglerfunktion gesteuert wird. Bei Motoren ohne Reglerfunktionen zur Steuerung der Leerlaufdrehzahl gilt als Leerlaufdrehzahl der Wert, den der Hersteller für die geringstmögliche Drehzahl bei kleinster Last angibt. Hinweis: Die Warmleerlaufdrehzahl ist die Leerlaufdrehzahl des warmgefahrenen Motors;
- 2.1.45. „erstmalige Inbetriebnahme“ ist:
- a) die Erstzulassung, wenn die Zulassung obligatorisch ist, oder
  - b) das Inverkehrbringen, wenn die Zulassung nicht oder nur für den Straßenverkehr obligatorisch ist;
- 2.1.46. „Verbrennungsmotor“ oder „Motor“ ist eine Wärmekraftmaschine, mit Ausnahme einer Gasturbine, die chemische Energie (Eingangenergie) durch einen inneren Verbrennungsvorgang in mechanische Energie (Ausgangenergie) umwandelt; sie umfasst, sofern vorhanden, das Emissionsminderungssystem und die Kommunikationsschnittstelle (Hardware und Meldungen) zwischen den elektronischen Steuergeräten des Motors und etwaigen anderen Steuergeräten des Antriebsstrangs von Fahrzeugen der Klasse T und von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten, die zur Erfüllung der Anforderungen dieser Regelung erforderlich sind;
- 2.1.47. „ $\lambda$ -Verschiebungsfaktor“ oder „ $S_\lambda$ “ ist ein Begriff, der die erforderliche Flexibilität eines Motorsteuerungssystems gegenüber einer Änderung des Luftüberschussfaktors  $\lambda$  beschreibt, wenn der Motor mit einem Gas betrieben wird, das nicht aus reinem Methan besteht;
- 2.1.48. „Flüssigkraftstoff“ ist ein Kraftstoff, der sich unter normalen Umweltbedingungen (298 K bei einem absoluten Umgebungsdruck von 101,3 kPa) in flüssigem Aggregatzustand befindet;
- 2.1.49. „Flüssigkraftstoffbetrieb“ ist der Normalbetrieb eines Zweistoffmotors, wenn für sämtliche Motor-Betriebsbedingungen keine gasförmigen Kraftstoffe eingesetzt werden;
- 2.1.50. „niedrige Drehzahl“ oder „ $n_{lo}$ “ ist die niedrigste Motordrehzahl, bei der sich 50 % der Höchstleistung einstellen;
- 2.1.51. „Bereitstellung auf dem Markt“ ist jede entgeltliche oder unentgeltliche Abgabe eines Motors oder einer/eines nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder Geräts zum Vertrieb oder zur Verwendung auf dem Markt einer der Vertragsparteien im Rahmen einer Geschäftstätigkeit;
- 2.1.52. „Hersteller“ ist jede natürliche oder juristische Person, die gegenüber der Typgenehmigungsbehörde für alle Belange der Genehmigung von Motoren und für die Sicherstellung der Übereinstimmung der Produktion der hergestellten Motoren verantwortlich ist, und zwar unabhängig davon, ob sie an allen Konstruktions- und Fertigungsstufen eines Motors, der Gegenstand des Genehmigungsverfahrens ist, beteiligt ist;
- 2.1.53. „Bevollmächtigter des Herstellers“ oder „Bevollmächtigter“ ist eine in der Vertragspartei ansässige natürliche oder juristische Person, die vom Hersteller ordnungsgemäß schriftlich dazu bevollmächtigt wurde, ihn in den von dieser Regelung geregelten Angelegenheiten bei der Typgenehmigungsbehörde der Vertragspartei zu vertreten und in seinem Namen zu handeln;
- 2.1.54. „höchste Nutzleistung“ ist der Höchstwert der Nutzleistung auf der Nennleistungskurve des Motortyps bei Vollast;

- 2.1.55. „Drehzahl des maximalen Drehmoments“ ist die Motordrehzahl, bei der nach Angabe des Herstellers das höchste Drehmoment zur Verfügung steht;
- 2.1.56. „Nutzleistung“ ist die Leistung in „kW“, die auf dem Prüfstand am Ende der Kurbelwelle oder einem entsprechenden Bauteil abgenommen und nach dem in der UNECE-Regelung Nr. 120 beschriebenen Verfahren zur Messung der Nutzleistung, des Nettodrehmoments und des spezifischen Kraftstoffverbrauchs von Verbrennungsmotoren für land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen und nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte ermittelt wird;
- 2.1.57. „nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte“ sind mobile Maschinen, transportable Ausrüstungen oder Fahrzeuge mit oder ohne Aufbau oder Räder, die nicht zur Beförderung von Personen oder Gütern auf der Straße bestimmt sind; hierzu gehören auch Maschinen und Geräte, die auf dem Fahrgestell von Fahrzeugen angebaut sind, die für die Beförderung von Personen- oder Gütern auf der Straße bestimmt sind;
- 2.1.58. „Emissionen aus dem offenen Kurbelgehäuse“ ist jeder beliebige Strom, der aus dem Kurbelgehäuse eines Motors unmittelbar in die Umwelt gelangt;
- 2.1.59. „Bedieneingabe“ ist eine Eingabe des Bedienpersonals zur Steuerung des Motors;
- 2.1.60. „Originalgerätehersteller“ oder „OEM“ ist jede natürliche oder juristische Person, die nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte oder Fahrzeuge der Klasse T herstellt;
- 2.1.61. „Stammmotor“ ist ein Motortyp, der aus einer Motorenfamilie so ausgewählt wird, dass dessen Emissionseigenschaften für diese Motorenfamilie repräsentativ sind;
- 2.1.62. „Partikelnachbehandlungssystem“ ist ein Abgasnachbehandlungssystem zur Verringerung luftverunreinigender Partikel mittels mechanischer, aerodynamischer, Diffusions- oder Trägheitsabscheidung;
- 2.1.63. „Teilstromverdünnung“ ist das Verfahren zur Analyse des Abgases bei Abtrennung eines Teils des Gesamtabgasstroms und die Vermischung dieses Teils mit einer ausreichenden Menge Verdünnungsluft vor dem Eintritt in den Partikel-Probenahmefilter;
- 2.1.64. „Partikelzahl“ oder „PN“ ist die Anzahl der von einem Motor ausgestoßenen Feststoffpartikel mit einem Durchmesser von über 23 nm;
- 2.1.65. „Partikelmaterie“ oder „PM“ sind Stoffe, die nach Verdünnung der Motorabgase mit gefilterter reiner Luft zur Herabsetzung der Temperatur auf höchstens 325 K (52 °C) an einem angegebenen Filtermaterial abgeschieden werden;
- 2.1.66. „luftverunreinigende Partikel“ sind alle von einem Motor ausgestoßenen Stoffe, die in PM oder PN gemessen werden;
- 2.1.67. „Teillastverhältnis“ ist der prozentuale Anteil des höchsten zur Verfügung stehenden Drehmoments bei einer bestimmten Motordrehzahl;
- 2.1.68. „auf Dauer aufgestellt“ ist die Befestigung mit Bolzen oder in einer anderen wirksamen Weise — sodass die Maschine oder das Gerät nicht ohne Verwendung von Werkzeug oder Ausrüstung bewegt werden kann — auf einem Fundament oder an einer anderen Vorrichtung, die bewirken soll, dass die Maschine oder das Gerät an einem einzigen Ort in einem Gebäude, Bauwerk, Betrieb oder einer Anlage betrieben wird;
- 2.1.69. „Inverkehrbringen“ ist die erste Bereitstellung eines Motors oder einer/eines nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder Geräts auf dem Markt einer Vertragspartei; bei Fahrzeugen der Klasse T ist „Inverkehrbringen“ als „erstmalige Inbetriebnahme“ des Fahrzeugs zu verstehen;
- 2.1.70. „Sonde“ ist der erste Abschnitt der Leitung, durch die die Probe zum nächsten Bestandteil des Probenahmesystems befördert wird;
- 2.1.71. „Nennwert der Nutzleistung“ ist die vom Hersteller des Motors in kW angegebene Nutzleistung bei Nenndrehzahl;
- 2.1.72. „Nenndrehzahl“ ist die von einem Hersteller festgelegte Motordrehzahl, bei der bei Volllast abgeregelt wird, oder, wenn kein Regler vorhanden ist, die Drehzahl, bei der die vom Hersteller festgelegte höchste Nutzleistung des Motors erreicht wird;
- 2.1.73. „Reagens“ ist jedes sich verbrauchende oder nicht rückgewinnbare Medium, das für das ordnungsgemäße Arbeiten des Abgasnachbehandlungssystems erforderlich ist und entsprechend verwendet wird;
- 2.1.74. „Bezugsleistung“ ist die Nutzleistung, die zur Bestimmung der anwendbaren Emissionsgrenzwerte für den Motor herangezogen wird;

- 2.1.75. „Regenerierung“ ist ein Vorgang, bei dem sich die Emissionswerte ändern, während die Wirkung des Abgasnachbehandlungssystems bauartbedingt wiederhergestellt wird, wobei zwischen kontinuierlicher und periodischer Regenerierung unterschieden wird;
- 2.1.76. „Wartungsbetrieb“ ist eine besondere Betriebsart von Zweistoffmotoren, die aktiviert wird, um nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte instand zu setzen oder um sie an einen sicheren Ort zu bewegen, wenn der Zweistoffbetrieb nicht möglich ist;
- 2.1.77. „Fremdzündungsmotor“ ist ein nach dem Fremdzündungsprinzip („SI“ — Spark Ignition) funktionierender Motor;
- 2.1.78. „Side-by-Side-Fahrzeug“ oder „SbS“ ist eine/ein vom Benutzer gesteuerte/s nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine oder Gerät oder ein Fahrzeug der Klasse T mit eigenem Antrieb ohne Gelenk, die/das hauptsächlich zum Fahren auf unbefestigtem Untergrund auf mindestens vier Rädern bestimmt ist, deren/dessen Mindestgewicht in fahrbereitem Zustand 300 kg (einschließlich der normalen Ausrüstung, der Kühl- und Schmiermittel, des Kraftstoffs, des Werkzeugs, aber ohne optionales Zubehör und ohne den Fahrer) und deren/dessen bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit mindestens 25 km/h beträgt; es ist ferner dafür ausgelegt, Personen und/oder Fracht zu transportieren sowie Ausrüstungsgegenstände zu ziehen und/oder zu schieben, wird nicht mit einer Lenkstange gelenkt, ist für Freizeitwecke oder als Nutzfahrzeug und dazu bestimmt, höchstens sechs Personen einschließlich des Fahrers zu befördern, die nebeneinander auf einem oder mehreren Sitzen, die keine Sattelsitze sind, sitzen;
- 2.1.79. „Einstoffmotor“ ist ein Motor, der kein Zweistoffmotor ist;
- 2.1.80. „Motorschlitten“ ist eine Maschine mit eigenem Antrieb, die für Fahrten im Gelände hauptsächlich auf Schnee bestimmt ist, durch in Kontakt mit dem Schnee befindliche Ketten angetrieben und von mindestens einem Ski gelenkt wird, der sich in Kontakt mit dem Schnee befindet, und eine Leermasse in fahrbereitem Zustand (einschließlich der normalen Ausrüstung, Kühl- und Schmiermittel, des Kraftstoffs und des Bordwerkzeugs, aber ohne optionales Zubehör und ohne Fahrer) von höchstens 454 kg hat;
- 2.1.81. „Justieren“ ist die Anpassung eines Messgeräts, sodass es ein sachgerechtes Ergebnis für ein Kalibrierungsnormal liefert, das zwischen 75 % und 100 % des Höchstwerts des Messbereichs oder des voraussichtlich genutzten Bereichs darstellt;
- 2.1.82. „Justiergas“ ist ein gereinigtes Gasgemisch, das zum Justieren von Gasanalysatoren dient;
- 2.1.83. „spezifische Emissionen“ sind als Masse in g/kWh ausgedrückte Emissionen;
- 2.1.84. „orts feste Maschinen und Geräte“ sind Maschinen und Geräte, die bestimmungsgemäß auf Dauer am Ort ihrer ersten Verwendung aufgestellt werden und außer während des Transports vom Herstellungsort an den Ort der ersten Aufstellung weder über die Straße noch auf andere Weise bewegt werden sollen;
- 2.1.85. „stationärer Prüfzyklus“ ist ein Prüfzyklus, bei dem die Drehzahl und das Drehmoment des Motors eine endliche Zahl nominell konstanter Werte annehmen; stationäre Prüfungen sind entweder Einzelphasen-Prüfzyklen oder gestufte Mehrphasenzyklen;
- 2.1.86. „Stöchiometrisch“ ist das besondere Verhältnis von Luft zu Kraftstoff, bei dem weder Kraftstoff noch Sauerstoff übrig bliebe, wenn der Kraftstoff vollständig oxidiert würde;
- 2.1.87. „Speichermedium“ ist ein besonderer Filter, Probenahmebeutel oder jede sonstige Aufbewahrungsvorrichtung, die für Losprüfungen verwendet wird;
- 2.1.88. „Manipulation“ ist die Deaktivierung, Anpassung oder Änderung des Emissionsminderungssystems, einschließlich Software oder anderer Steuerungselemente solcher Einrichtungen, sodass sich das Emissionsverhalten des Motors beabsichtigt oder unbeabsichtigt verschlechtert;
- 2.1.89. „Prüfzyklus“ ist eine Abfolge von Prüfphasen mit jeweils einer bestimmten Drehzahl und einem bestimmten Drehmoment, die der Motor unter stationären bzw. dynamischen Bedingungen durchlaufen muss;
- 2.1.90. „Prüfintervall“ ist die Zeitspanne, in der die spezifischen Emissionen im Bremsbetrieb ermittelt werden;
- 2.1.91. „Toleranz“ ist die Spanne, innerhalb deren 95 % der aufgezeichneten Werte einer bestimmten Menge liegen, während die übrigen 5 % der aufgezeichneten Werte außerhalb der Toleranz liegen;
- 2.1.92. „dynamischer Prüfzyklus“ ist ein Prüfzyklus, bei dem normierte Drehzahl- und Drehmomentwerte im Sekundentakt wechseln;

- 2.1.93. „Typgenehmigung“ ist das Verfahren, nach dem eine Typgenehmigungsbehörde bescheinigt, dass ein Motortyp oder eine Motorenfamilie den technischen Anforderungen und einschlägigen Verwaltungsvorschriften dieser Regelung entspricht;
- 2.1.94. „Aktualisierungsrate“ ist die Häufigkeit, mit der das Analysegerät neue, aktuelle Werte liefert;
- 2.1.95. „Motor mit variabler Drehzahl“ ist ein Motor, der kein Motor mit konstanter Drehzahl ist;
- 2.1.96. „stationärer Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte mit variabler Drehzahl“ („variable speed non-road steady-state test cycle“ — im Folgenden „NRSC mit variabler Drehzahl“) ist ein stationärer Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte, der kein NRSC mit konstanter Drehzahl ist;
- 2.1.97. „Überprüfung“ ist die Bewertung, ob die Ergebnisse eines Messsystems einer Spanne angewandter Bezugssignale innerhalb einer oder mehrerer zuvor festgelegter Anerkennungsschwellen entsprechen; unterscheidet hiervon „Kalibrierung“;
- 2.1.98. „Wandstrom-Partikelnachbehandlungssystem“ ist ein Partikelnachbehandlungssystem, in dem alle Abgase eine Wand durchströmen müssen, welche die festen Stoffe herausfiltert;
- 2.1.99. „Wobbe-Index“ oder „W“ ist der Quotient aus dem Heizwert eines Gases pro Volumeneinheit und der Quadratwurzel der relativen Dichte des Gases unter denselben Bezugsbedingungen:

$$W = H_{gas} \times \sqrt{\frac{\rho_{air}}{\rho_{gas}}}$$

- 2.1.100. „nullen“ bedeutet, dass ein Instrument so angepasst wird, dass es für ein Null-Kalibrierungsnormal, etwa gereinigten Stickstoff oder gereinigte Luft, ein Null-Ergebnis liefert;
- 2.1.101. „Nullgas“ bezeichnet ein Gas, das bei Eingabe in einen Analysator den Wert null erzielt.

## 2.2. Symbole und Abkürzungen

### 2.2.1. Symbole

Die Symbole sind in Anhang 4 Absatz 3.2 erläutert und besondere Zeichen finden sich in den entsprechenden Anhängen.

### 2.2.2. Abkürzungen

ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikanische Gesellschaft für Materialprüfung)
BMD	Beutel-Kleinverdünner
BSFC	Kraftstoffverbrauch im Bremsbetrieb
CFV	Venturirohr mit kritischer Strömung
CI	Selbstzündung
CLD	Chemilumineszenzdetektor
CVS	Entnahmesystem mit konstantem Volumen
De NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub> -Nachbehandlungssystem
DF	Verschlechterungsfaktor
ECM	elektronisches Steuergerät
EFC	elektronischer Durchsatzmesser
AGR	Abgasrückführung
FID	Flammenionisationsdetektor
GC	Gaschromatograf

HCLD	beheizter Chemilumineszenzdetektor
HFID	beheizter Flammenionisationsdetektor
IBP	Siedebeginn
ISO	Internationale Organisation für Normung
LPG	Flüssiggas
NDIR	nichtdispersives Infrarot (Analysator)
NDUV	nichtdispersives Ultraviolett (Analysator)
NIST	US National Institute for Standards and Technology
NMC	Nichtmethan-Cutter
PDP	Verdrängerpumpe
% FS	% vom Skalenendwert
PFD	Teilstromverdünnung
PFS	Teilstromsystem
PTFE	Polytetrafluorethylen (allgemein bekannt als Teflon™)
RMC	gestufter Mehrphasenzyklus
RMS	Effektivwert
RTD	Widerstandsthermometer
SAE	Society of Automotive Engineers (Verband der Automobilingenieure)
SSV	Venturirohr mit subsonischer Strömung
UCL	obere Vertrauensgrenze
UFM	Ultraschall-Durchflussmessgerät

### 3. ANTRAG AUF GENEHMIGUNG EINES MOTORTYPS ODER EINER MOTORENFAMILIE

- 3.1. Der Antrag auf Erteilung einer Genehmigung für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie hinsichtlich der Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel ist vom Motorhersteller oder seinem Bevollmächtigten einzureichen.
- 3.2. Der Antragsteller legt der Typgenehmigungsbehörde eine Beschreibungsmappe vor, die Folgendes enthält:
- einen Beschreibungsbogen, einschließlich einer Liste der Bezugskraftstoffe und auf Anfrage des Herstellers alle sonstigen spezifizierten, in Absatz 5.1.3 genannten Kraftstoffe, Kraftstoffmischungen oder Kraftstoffemulsionen, die gemäß Anhang 6 dieser Regelung beschrieben werden;
  - alle sachdienlichen Daten, Zeichnungen, Fotografien und sonstigen Angaben zu dem Motortyp oder gegebenenfalls zum Stammmotor;
  - alle zusätzlichen Informationen, die von der Typgenehmigungsbehörde im Rahmen des Antragverfahrens für eine Typgenehmigung angefordert werden.
  - Eine Beschreibung des Motortyps, gegebenenfalls mit den Angaben zur Motorenfamilie nach Anhang 10 dieser Regelung.

- 3.3. Die Beschreibungsmappe kann in Papierform oder in einem vom technischen Dienst und von der Typgenehmigungsbehörde akzeptierten elektronischen Format vorgelegt werden.
- 3.3.1. Anträge auf Papier sind in dreifacher Ausfertigung einzureichen. Liegen Zeichnungen bei, so müssen diese das Format A4 haben oder auf das Format A4 gefaltet sein und hinreichende Einzelheiten in geeignetem Maßstab enthalten. Liegen Fotos bei, so müssen diese hinreichende Einzelheiten zeigen.
- 3.4. Die Hersteller stellen dem für die Durchführung der in Absatz 5 beschriebenen Typgenehmigungsprüfungen zuständigen technischen Dienst einen Motor zur Verfügung, der dem Motortyp oder — im Falle einer Motorenfamilie — den in Anhang 1 Anlage A.3 dieser Regelung aufgeführten Merkmalen des Stammmotors entspricht.
- 3.5. Wenn der technische Dienst im Falle eines Antrags auf Typgenehmigung für eine Motorenfamilie feststellt, dass der eingereichte Antrag hinsichtlich des ausgewählten Stammmotors für die in Anhang 1 Anlage A.3 beschriebene Motorenfamilie nicht vollständig repräsentativ ist, so ist vom Hersteller ein Alternativmotor und gegebenenfalls ein zusätzlicher Stammmotor, der vom technischen Dienst als repräsentativ für die Motorenfamilie erachtet wird, zur Verfügung zu stellen.

#### 4. GENEHMIGUNG

- 4.1. Entspricht der zur Genehmigung nach Absatz 3 dieser Regelung vorgeführte Motor den Vorschriften des folgenden Absatzes 5, so ist die Genehmigung für diesen Motortyp oder diese Motorenfamilie zu erteilen. Die Typgenehmigungsbehörde stellt die entsprechende Mitteilung gemäß Anhang 2 aus.

Damit klare Angaben vorliegen und maßgebliche Daten leicht zugänglich sind, muss die Mitteilung ein Beiblatt mit den wichtigsten Angaben über den typgenehmigten Motortyp oder die typgenehmigte Motorenfamilie enthalten.

Für die Erteilung einer Typgenehmigung für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie muss der Hersteller in Bezug auf den Motortyp oder die Motorenfamilie die Einhaltung der Vorschriften der Absätze 5, 6, 8 und der Anhänge 4, 7, 8, 9 und 10 dieser Regelung nachweisen. Im Hinblick auf Anlage 4 dieser Regelung muss der Hersteller außerdem die Verwendung der in Anhang 6 genannten Bezugskraftstoffe gewährleisten.

Des Weiteren, um eine Typgenehmigung für ein Fahrzeug mit einem hinsichtlich der Emissionen genehmigten Motor oder eine Typgenehmigung für ein Fahrzeug hinsichtlich der Emissionen zu erhalten, gewährleistet der Originalgeräteehersteller die Übereinstimmung mit den in Absatz 6 aufgeführten Einbauvorschriften.

- 4.2. Erlaubt der Hersteller die Verwendung von handelsüblichen Kraftstoffen, die nicht den in Anhang 6 genannten entsprechen, so gelten die Vorschriften von Anlage 4 dieser Regelung.
- 4.3. Typgenehmigungszeichen und Kennzeichnungen für Motoren
- 4.3.1. Jede Genehmigung eines Motortyps oder einer Motorenfamilie umfasst die Zuteilung einer Genehmigungsnummer. Ihre ersten beiden Ziffern bezeichnen die Änderungsserie mit den neuesten, wichtigsten technischen Änderungen, die zum Zeitpunkt der Erteilung der Genehmigung in diese Regelung aufgenommen sind. Der Typgenehmigungsnummer folgt die Motorenklassenkennung für die jeweilige Motorenklasse und -unterklasse gemäß Anhang 3 Anlage A.1 Tabelle 1. Danach folgt ein Schrägstrich („/“) und der geltende Code der Kraftstoffart aus Anhang 3 Anlage A.1 Tabelle 2. Bei Zweitstoffmotoren ist der geltende Zweitstoffsuffix gemäß Anhang 3 Anlage A.1 Tabelle 3 hinzuzufügen, um den gasförmigen Kraftstoff zu bezeichnen. Dieselbe Vertragspartei darf diese Nummer weder einem anderen Motortyp noch einer anderen Motorenfamilie zuteilen.
- 4.3.2. Über die Erteilung oder Erweiterung oder Versagung einer Genehmigung für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie nach dieser Regelung sind die Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwenden, mit einem Mitteilungsblatt zu unterrichten, das gegebenenfalls dem Muster in Anhang 2 dieser Regelung entspricht. Die während der Typprüfung gemessenen Werte sind ebenfalls anzugeben.
- 4.3.3. An jedem Motor, der einem Motortyp oder einer Motorenfamilie entspricht, die nach dieser Regelung genehmigt worden ist, ist sichtbar und an gut zugänglicher Stelle ein internationales Genehmigungszeichen anzubringen, bestehend aus
- 4.3.3.1. einem Kreis, in dem sich der Buchstabe „E“ und die Kennzahl des Landes befinden, das die Genehmigung erteilt hat;
- 4.3.3.2. der Nummer dieser Regelung mit dem nachgestellten Buchstaben „R“, einem Bindestrich und der Genehmigungsnummer rechts neben dem Kreis nach Absatz 4.3.3.1.

(<sup>2</sup>) 2 Die Kennzahlen der Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958 finden sich in Anhang 3 der Gesamtsresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3), Dokument TRANS/WP.29/78/Rev.6/Anhang 3 — [www.unece.org/trans/main/wp29/wgs/wp29gen/wp29resolutions.html](http://www.unece.org/trans/main/wp29/wgs/wp29gen/wp29resolutions.html).

- 4.3.4. Entspricht der Motor einem Motortyp oder einer Motorenfamilie, die auch nach einer oder mehreren anderen Regelungen zum Übereinkommen in dem Land genehmigt wurde, das die Genehmigung nach dieser Regelung erteilt hat, so braucht das vorgeschriebene Zeichen nicht wiederholt zu werden; in diesem Fall sind die Regelungs- und Genehmigungsnummern und die zusätzlichen Zeichen aller Regelungen, aufgrund deren die Genehmigung erteilt wurde, untereinander rechts neben dem Zeichen nach Absatz 4.3.3.1 anzuordnen.
- 4.3.5. Das Genehmigungszeichen ist in der Nähe des vom Hersteller an dem Motor des genehmigten Typs angebrachten Typschilds oder auf diesem selbst anzugeben.
- 4.3.6. Wenn die gesetzlich vorgeschriebene Kennzeichnung des Motors nicht ohne Entfernung von Teilen sichtbar ist, bringt der Fahrzeughersteller ein vom Hersteller bereitgestelltes Duplikat der Kennzeichnung sichtbar an dem Fahrzeug der Klasse T oder der/dem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät an.
- 4.3.7. Beispiele für die Anordnung der Genehmigungszeichen sind in Anhang 3 dieser Regelung wiedergegeben.
- 4.3.8. Genehmigte Motoren müssen zusätzlich zum Genehmigungszeichen folgende Kennzeichnungen tragen:
- a) die Handelsmarke oder den Handelsnamen des Motorherstellers und seine Kontaktadresse
  - b) die Bezeichnung des Motortyps oder der Motorenfamilie (falls der Motortyp einer Familie angehört) durch den Hersteller
  - c) die eindeutige Motorkennnummer
  - d) Motorproduktionsdatum gemäß Absatz 2.1.29 dieser Regelung.
- 4.3.9. Methode zur Befestigung der gesetzlich vorgeschriebenen Kennzeichnung
- 4.3.9.1. Die gesetzlich vorgeschriebene Kennzeichnung muss an einem Motorteil angebracht sein, das für den normalen Betrieb des Motors notwendig ist und in der Regel während der Nutzlebensdauer des Motors keiner Auswechslung bedarf.
- 4.3.9.2. Sie ist so anzubringen, dass sie die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode des Motors übersteht, und sie muss deutlich lesbar und dauerhaft sein.
- 4.3.9.3. Werden Etiketten oder Schilder verwendet, müssen sie so angebracht werden, dass sie nicht entfernt werden können, ohne sie zu zerstören oder unkenntlich zu machen.
- 4.4. Die Typgenehmigungsbehörde stellt Beschreibungsunterlagen zusammen, die aus der Beschreibungsmappe sowie dem Prüfbericht und allen weiteren vom technischen Dienst oder der Typgenehmigungsbehörde im Zuge der Wahrnehmung seiner/ihrer Aufgaben der Beschreibungsmappe hinzugefügten Unterlagen bestehen („Beschreibungsunterlagen“). Die Beschreibungsunterlagen enthalten ein Inhaltsverzeichnis, das den Inhalt der Beschreibungsunterlagen mit geeigneter Seitennummerierung oder mit einer anderen Kennzeichnung angibt, die das Auffinden aller Seiten und das Erkennen des Formats aller Unterlagen zweifelsfrei ermöglicht; dieses Dokument ist so zu gestalten, dass die aufeinanderfolgenden Schritte des Typgenehmigungsverfahrens, insbesondere das Datum von Revisionen und Aktualisierungen, festgehalten werden.
- Die Typgenehmigungsbehörde stellt sicher, dass die Informationen aus den Beschreibungsunterlagen nach dem Ende der Gültigkeit der betreffenden Typgenehmigung mindestens 25 Jahre lang bereitstehen.
5. VORSCHRIFTEN UND PRÜFUNGEN
- 5.1. Allgemeines
- Die Motoren müssen so konstruiert, beschaffen und montiert sein, dass sie den Bestimmungen dieser Regelung entsprechen.
- 5.1.1. Die vom Hersteller getroffenen technischen Vorkehrungen müssen die Emissionen gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel gemäß Anlage 2 dieser Regelung wirksam begrenzen, und zwar während der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode des Motors gemäß Anlage 3 dieser Regelung und unter normalen Betriebsbedingungen.
- 5.1.1.1. Zu diesem Zweck darf das gemäß den Vorschriften von Absatz 5.1.2 berechnete endgültige Emissionsprüfergebnis für den Motor nicht die in Anlage 2 dieser Regelung enthaltenen Emissionsgrenzwerte überschreiten, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
- a) Die Prüfungen wurden gemäß den in Anhang 4 dieser Regelung enthaltenen Prüfbedingungen und detaillierten technischen Verfahren durchgeführt.

- b) Es wurden die in Absatz 5.1.3 genannten Kraftstoffe verwendet.
- c) Es wurden die in Anhang 4 Anlage A.6 dieser Regelung genannten Prüfzyklen angewendet.
- 5.1.2. Zur Berechnung der endgültigen Ergebnisse der Abgasemissionsprüfungen für Motoren, für die diese Regelung gilt, wird Folgendes auf die Ergebnisse der Laborprüfungen angewendet:
- a) die Gasemissionen aus dem Kurbelgehäuse gemäß Absatz 5.7,
- b) jeder erforderliche Anpassungsfaktor bei Motoren mit Abgasnachbehandlungssystemen mit sporadischer Regenerierung,
- c) für alle Motoren, als letzter Berechnungsschritt, die Verschlechterungsfaktoren, die für diejenigen Emissions-Dauerhaltbarkeitsperioden angemessen sind, die in Anlage 2 dieser Regelung angegeben sind und gemäß der Vorschrift in Anhang 8 berechnet werden.
- 5.1.3. Gemäß Anlage 4 dieser Regelung ist die Prüfung eines Motortyps oder einer Motorenfamilie zur Überprüfung der Einhaltung der in dieser Regelung festgelegten Grenzwerte mit den folgenden Bezugskraftstoffen oder Kraftstoffkombinationen durchzuführen:
- a) Diesel
- b) Benzin
- c) Benzin-Öl-Gemisch für Zweitaktmotoren mit Fremdzündung
- d) Erdgas/Biomethan
- e) Flüssiggas (LPG)
- f) Ethanol.
- Der Motortyp oder die Motorenfamilie muss darüber hinaus die in dieser Regelung für jedwede weitere spezifizierte Kraftstoffe, Kraftstoffmischungen oder Kraftstoffemulsionen festgelegten Abgasemissionsgrenzwerte einhalten, die von einem Hersteller in einen Antrag auf Typgenehmigung aufgenommen werden und in Anlage 4 dieser Regelung beschrieben sind.
- 5.1.4. Bei der Durchführung von Messungen und Prüfungen sind die technischen Anforderungen in Bezug auf folgende Gesichtspunkte einzuhalten:
- a) Geräte und Verfahren zur Durchführung der Prüfungen
- b) Geräte und Verfahren zur Messung und Stichprobenahme von Emissionen
- c) Methoden zur Datenauswertung und zu Berechnungen
- d) Methoden zur Bestimmung der Verschlechterungsfaktoren
- e) Methoden zur Berücksichtigung der Gasemissionen aus dem Kurbelgehäuse
- f) Methoden zur Bestimmung und Berücksichtigung der kontinuierlichen oder periodischen Regenerierung von Abgasnachbehandlungssystemen
- g) hinsichtlich elektronisch gesteuerter Motoren der Klassen NRE und NRG, die die Emissionsgrenzwerte gemäß Anlage 2 dieser Regelung einhalten und die sowohl die Menge als auch den Zeitpunkt der Einspritzung des Kraftstoffs elektronisch steuern oder die das Emissionsminderungssystem, das zur Minderung von NO<sub>x</sub> dient, mit einer elektronischen Steuerung einschalten, ausschalten oder modulieren:
- i) Emissionsminderungsstrategien, einschließlich der für den Nachweis dieser Strategien erforderlichen Unterlagen
- ii) Maßnahmen zur Verringerung von NO<sub>x</sub>, einschließlich der Methode für den Nachweis dieser Maßnahmen

- iii) der zum jeweiligen stationären Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte gehörende Bereich, innerhalb dessen die Menge, um die die Emissionen die in Anlage 2 dieser Regelung festgelegten Emissionsgrenzwerte übersteigen dürfen, geregelt wird
    - iv) die Auswahl zusätzlicher Messpunkte aus dem Regelbereich während der Emissionsprüfung auf dem Prüfstand durch den technischen Dienst.
- 5.1.5. Jede in regelmäßigen Abständen erfolgende Einstellung, Reparatur, Demontage, Reinigung oder Auswechslung von Motorbauteilen oder Systemen mit dem Ziel, eine Funktionsstörung des Motors zu verhindern, darf nur in dem Umfang durchgeführt werden, der technisch erforderlich ist, um eine ordnungsgemäße Funktion des Emissionsminderungssystems gemäß Anhang 8 Absatz 3.4 zu gewährleisten.
- 5.2. Deckt eine Motorenfamilie entsprechend den in Anhang 10 festgelegten Parametern zur Definition der Motorenfamilien mehr als einen Leistungsbereich ab, müssen der Stammotor (für die Zwecke der Typgenehmigung) und alle Motortypen innerhalb derselben Familie (für die Zwecke der Übereinstimmung der Produktion) hinsichtlich der jeweiligen Leistungsbereiche:
  - a) die strengsten Emissionsgrenzwerte erfüllen
  - b) unter Verwendung der Prüfzyklen geprüft werden, die den strengsten Emissionsgrenzwerten entsprechen
  - c) den frühesten der in Absatz 12 angegebenen Daten für die Typgenehmigung und das Inverkehrbringen unterliegen.
- 5.3. Es gelten die technischen Anforderungen für Emissionsminderungsstrategien gemäß Anhang 9 dieser Regelung.
- 5.4. Die Verwendung von Umgehungsstrategien ist untersagt.
- 5.5. Motortypen und Motorenfamilien sind so zu gestalten und mit Emissionsminderungsstrategien zu versehen, dass Manipulationen so weit wie möglich verhindert werden. Für diese Zwecke gelten Anhang 9 Absätze 3 und 4 sowie Anhang 9 Anlage A.3.
- 5.6. Messungen und Prüfungen hinsichtlich des zum jeweiligen stationären Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte gehörenden Bereichs
- 5.6.1. Allgemeine Anforderungen

Dieser Absatz gilt für elektronisch gesteuerte Motoren der Klassen NRE und NRG, die die Emissionsgrenzwerte gemäß Anlage 2 dieser Regelung einhalten und die sowohl die Menge als auch den Zeitpunkt der Einspritzung des Kraftstoffs elektronisch steuern oder die das Emissionsminderungssystem, das zur Minderung von NO<sub>x</sub> dient, mit einer elektronischen Steuerung einschalten, ausschalten oder modulieren.

Dieser Absatz enthält die technischen Anforderungen an den Bereich im Zusammenhang mit den einschlägigen NRSC, innerhalb dessen der Wert, um den die Emissionen die Emissionsgrenzwerte gemäß Anlage 2 dieser Regelung überschreiten dürfen, überwacht wird.

Wird ein Motor auf die Art und Weise geprüft, die den Prüfungsanforderungen in Absatz 5.6.4 entspricht, so dürfen die an jedem zufällig ausgewählten Punkt innerhalb des geltenden Regelbereichs nach Absatz 5.6.2 gemessenen Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln die anzuwendenden Emissionsgrenzwerte in Anlage 2 dieser Regelung multipliziert mit dem Faktor 2,0 nicht übersteigen.

Absatz 5.6.3 enthält die zusätzlichen Messpunkte, die vom technischen Dienst aus dem Prüfbereich während der Emissionsprüfung auf dem Prüfstand ausgewählt wurden, um nachzuweisen, dass die Anforderungen dieses Absatzes 5.6.1 erfüllt wurden.

Der Hersteller kann beantragen, dass der technische Dienst während des Nachweises gemäß Absatz 5.6.3 Betriebspunkte von jedem der in Absatz 5.6.2 aufgeführten Prüfbereiche ausschließt. Der technische Dienst kann diesem Antrag stattgegeben, wenn der Hersteller nachweisen kann, dass der Motor in gleich welcher Kombination mit einer/einem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder Gerät oder einem Fahrzeug der Klasse T solche Punkte niemals erreichen kann.

Die Einbauanweisungen des Herstellers an den Originalgerätehersteller gemäß Anlage 5 dieser Regelung müssen die oberen und unteren Grenzen des geltenden Prüfbereichs angeben und eine Erklärung enthalten, in der klargestellt wird, dass der Originalgerätehersteller den Motor nicht so einbauen darf, dass der Motor zwangsläufig ständig nur bei Kombinationen von Drehzahl- und Drehmomentwerten arbeitet, die außerhalb des Prüfbereichs für die Drehmomentkurve des genehmigten Motortyps oder der genehmigten Motorenfamilie liegen.

#### 5.6.2. Prüfbereich für Motoren

Der für die Durchführung der Motorprüfung geltende Prüfbereich ist der in diesem Absatz aufgeführte Bereich, der dem anzuwendenden stationären Prüfzyklus für mobile Maschinen und Geräte (NRSC) für den geprüften Motor entspricht.

##### 5.6.2.1. Prüfbereich für Motoren, die nach dem NRSC-Zyklus C1 geprüft werden

Diese Motoren werden mit variablen Drehzahlen und Lasten betrieben. Es gelten verschiedene Ausschlüsse von den Prüfbereichen, abhängig von der (Unter-)Klasse und der Betriebsdrehzahl des Motors.

##### 5.6.2.1.1. Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRE mit einer höchsten Nutzleistung $\geq 19$ kW und Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRG

Der Prüfbereich (siehe Abbildung 1) ist wie folgt festgelegt:

obere Drehmomentgrenze: Vollast-Drehmomentkurve

Motordrehzahlbereich: Drehzahl A bis  $n_{hi}$

Dabei gilt

$$\text{Drehzahl A} = n_{lo} + 0,15 \cdot (n_{hi} - n_{lo})$$

$$n_{hi} = \text{hohe Drehzahl (siehe Absatz 2.1.43)}$$

$$n_{lo} = \text{niedrige Drehzahl (siehe Absatz 2.1.50)}$$

Die folgenden Motorbetriebsbedingungen werden bei der Prüfung nicht berücksichtigt:

- a) Punkte unterhalb 30 % des Höchstdrehmoments
- b) Punkte unterhalb 30 % der höchsten Nutzleistung.

Liegt die gemessene Motordrehzahl A innerhalb eines Bereichs von  $\pm 3$  % um die vom Hersteller angegebene Motordrehzahl, werden die angegebenen Motordrehzahlen verwendet. Liegen sie für eine Prüfdrehzahl außerhalb des Toleranzbereichs, werden die gemessenen Motordrehzahlen verwendet.

Zwischenprüfpunkte innerhalb des Prüfbereichs werden wie folgt festgelegt:

% torque = % des Höchstdrehmoments

$$\%speed = \frac{(n - n_{idle})}{(n_{100\%} - n_{idle})} \cdot 100$$

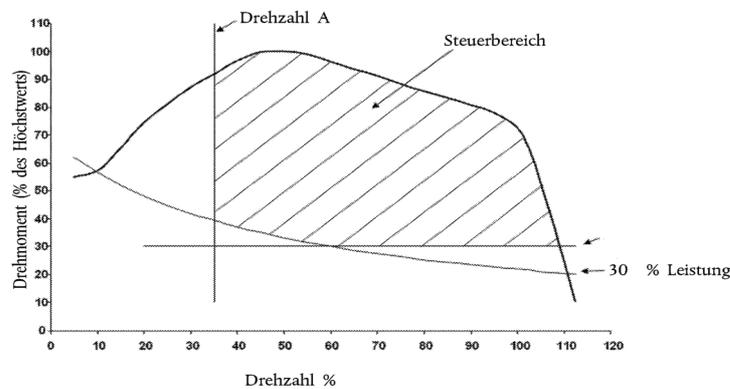
Dabei gilt:

$n_{100\%}$  = 100 %-Drehzahl des entsprechenden Prüfzyklus

$n_{idle}$  = die Leerlaufdrehzahl.

Abbildung 1

**Prüfbereich für Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRE mit einer höchsten Nutzleistung  $\geq 19$  kW und Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRG**



5.6.2.1.2. Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRE mit einer höchsten Nutzleistung  $< 19$  kW

Der in Absatz 5.6.2.1.1 angegebene Prüfbereich gilt, jedoch zusätzlich unter Ausschluss der in diesem Absatz angegebenen und in den Abbildungen 2 und 3 veranschaulichten Motorbetriebsbedingungen.

- Nur für Partikelmaterie, wenn die Motordrehzahl C unter  $2400 \text{ min}^{-1}$  liegt, rechts oder unter der Linie liegt, die die Punkte 30 % des größten Drehmoments oder 30 % der höchsten Nutzleistung (je nachdem, welche Zahl höher ist) mit der Motordrehzahl B und 70 % der höchsten Nutzleistung bei hoher Drehzahl verbindet;
- nur für Partikelmaterie, wenn die Motordrehzahl C bei oder über  $2400 \text{ min}^{-1}$  liegt, rechts der Linie liegt, die die Punkte 30 % des größten Drehmoments oder 30 % der höchsten Nutzleistung (je nachdem, welche Zahl höher ist) mit der Motordrehzahl B und 50 % der höchsten Nutzleistung bei  $2400 \text{ min}^{-1}$  und 70 % der höchsten Nutzleistung bei hoher Drehzahl verbindet.

Dabei gilt

$$\text{Motordrehzahl B} = n_{l0} + 0,5 \cdot (n_{hi} - n_{l0})$$

$$\text{Motordrehzahl C} = n_{l0} + 0,75 \cdot (n_{hi} - n_{l0})$$

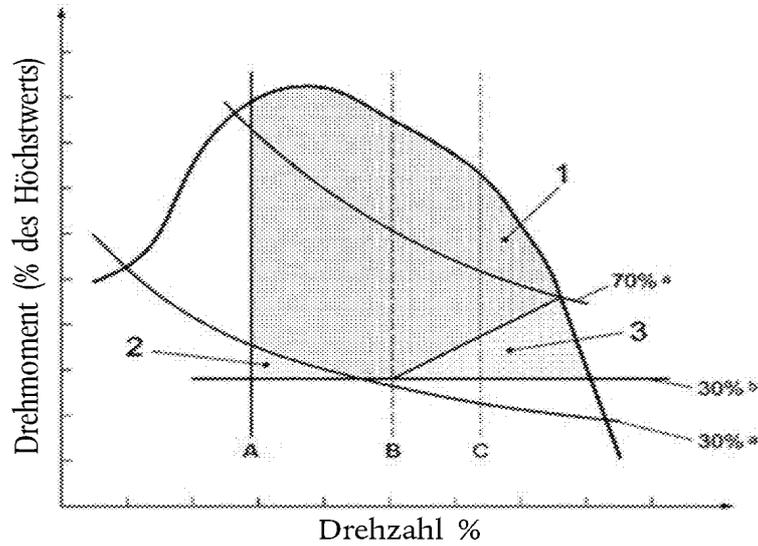
$n_{hi}$  = hohe Drehzahl (siehe Absatz 2.1.43)

$n_{l0}$  = niedrige Drehzahl (siehe Absatz 2.1.50)

Liegt die Abweichung der gemessenen Motordrehzahlen A, B und C von der vom Hersteller angegebenen Motordrehzahl bei höchstens  $\pm 3$  %, so sind die angegebenen Motordrehzahlen zu verwenden. Liegen sie für eine Prüfdrehzahl außerhalb des Toleranzbereichs, werden die gemessenen Motordrehzahlen verwendet.

Abbildung 2

**Prüfbereich für Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRE mit einer höchsten Nutzleistung < 19 kW und der Drehzahl C < 2400 min<sup>-1</sup>**

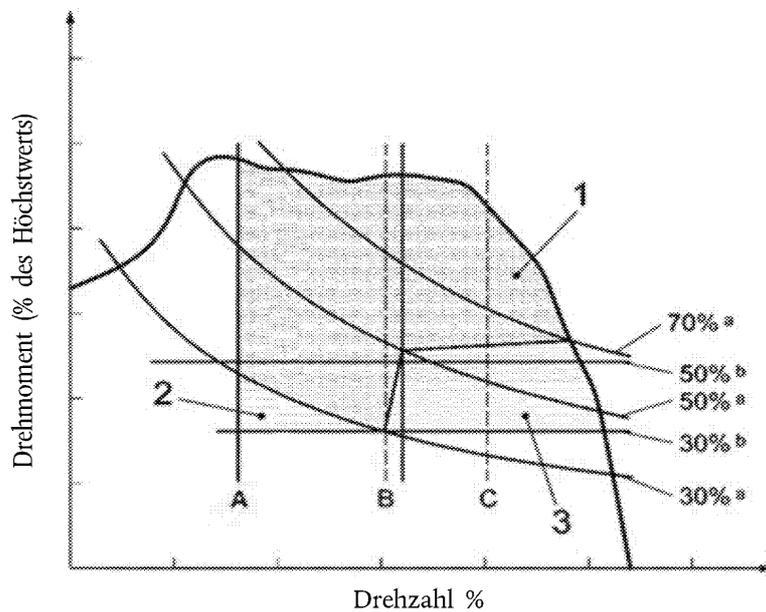


Legende

- 1 Motorprüfbereich
- 2 Ausnahmeregelung alle Emissionen
- 3 PM-Ausnahmeregelung
- a % der höchsten Nutzleistung
- b % des größten Drehmoments

Abbildung 3

**Prüfbereich für Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRE mit einer höchsten Nutzleistung < 19 kW und der Drehzahl C ≥ 2400 min<sup>-1</sup>**



## Legende

- 1 Motorprüfbereich
- 2 Ausnahmeregelung alle Emissionen
- 3 PM-Ausnahmeregelung
  - a % der höchsten Nutzleistung
  - b % des größten Drehmoments

### 5.6.2.2. Prüfbereich für Motoren, die nach den NRSC-Zyklen D2 und G2 geprüft werden

Diese Motoren werden hauptsächlich nahe ihrer festgelegten Betriebsdrehzahl betrieben, daher wird der Prüfbereich wie folgt definiert:

*Motordrehzahl:* 100 Prozent

*Drehmomentbereich:* 50 % des Drehmoments, das der Höchstleistung entspricht.

### 5.6.3. Anforderungen an den Nachweis

Der technische Dienst wählt nach dem Zufallsprinzip zu Prüfzwecken innerhalb des Steuerbereichs Last- und Motordrehzahlpunkte aus. Für Motoren nach Absatz 5.6.2.1 sind bis zu drei Punkte auszuwählen. Für Motoren nach Absatz 5.6.2.2 ist ein Punkt auszuwählen. Ferner legt der technische Dienst eine zufällige Ablaufreihenfolge dieser Prüfpunkte fest. Die Prüfung wird gemäß den Grundanforderungen des NRSC durchgeführt, wobei aber jeder Prüfpunkt gesondert ausgewertet wird.

#### 5.6.3.1. Für die nach Absatz 5.6.3 erforderlichen Zufallsauswahlen sind anerkannte statistische Zufallsgenerierungsverfahren anzuwenden.

### 5.6.4. Prüfanforderungen

Die Prüfung ist unmittelbar im Anschluss an den anzuwendenden NRSC wie folgt durchzuführen.

- a) Die Prüfung der nach dem Zufallsverfahren ausgewählten Drehmoment- und Drehzahlpunkte wird entweder unmittelbar nach der Prüffolge der Einzelphasen-NRSC gemäß der Beschreibung in Anhang 4 Absatz 7.8.1.2 Buchstaben a bis e durchgeführt, jedoch vor den Verfahren nach der Prüfung (Buchstabe f), oder wahlweise nach der Prüfung mit dem gestuften stationären Mehrphasen-Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte (RMC) nach Anhang 4 Absatz 7.8.2.3 Buchstaben a bis d, jedoch gegebenenfalls vor den Verfahren nach der Prüfung (Buchstabe e).
- b) Die Prüfungen werden nach den Vorschriften des Anhangs 4 Absatz 7.8.1.2 Buchstaben b bis e mit der Mehrfiltermethode (ein Filter für jeden Prüfpunkt) für jeden der gemäß Absatz 3 ausgewählten Prüfpunkte durchgeführt.
- c) Für jeden Prüfpunkt wird ein spezifischer Emissionswert (in g/kWh oder gegebenenfalls #kWh) berechnet.
- d) Emissionswerte können auf Massebasis gemäß Anhang 5 Anlage A.1 oder auf Molbasis gemäß Anhang 5 Anlage A.2 berechnet werden, müssen jedoch mit dem für die Messung bei der Einzelphasen-NRSC- oder -RMC-Prüfung gewählten Verfahren übereinstimmen.
- e) Für Berechnungen zur Bestimmung der Gas- und Partikelzahlsummen wird  $N_{mode}$  in den Gleichungen A.5-64 oder A.5-136 und A.5-180 auf 1 gesetzt und der Gewichtungsfaktor 1 verwendet.
- f) Für Berechnungen der Partikelzahl wird die Mehrfiltermethode verwendet; für Berechnungen zur Bestimmung der Summen wird  $N_{mode}$  in Gleichung A.5-67 auf 1 gesetzt und der Gewichtungsfaktor 1 verwendet.

### 5.6.5. Regenerierung

Tritt ein Regenerierungsereignis während oder unmittelbar vor dem unter Absatz 5.6.4 dargelegten Verfahren auf, kann die Prüfung auf Antrag des Herstellers unabhängig von der Ursache für die Regenerierung für ungültig erklärt werden. In diesem Fall ist die Prüfung zu wiederholen. Es sind dieselben Drehmoment- und Drehzahlpunkte zu verwenden, jedoch kann die Reihenfolge verändert sein. Es erübrigt sich, Drehmoment- und Drehzahlpunkte, für die bereits ein positives Ergebnis vorliegt, nochmals zu verwenden. Das folgende Verfahren ist für die Wiederholung von Prüfungen anzuwenden:

- a) Der Motor ist in einer Weise zu betreiben, die gewährleistet, dass die Regenerierung abgeschlossen und gegebenenfalls die Rußbelastung im Partikelnachbehandlungssystem wiederhergestellt ist.
- b) Das Warmlaufen des Motors ist gemäß Anhang 4 Absatz 7.8.1.1 durchzuführen.
- c) Das in Absatz 5.6.4 genannte Prüfverfahren ist ab dem Verfahrensschritt in Absatz 5.6.4 Buchstabe b zu wiederholen.

### 5.7. Prüfung der Gasemissionen aus dem Kurbelgehäuse

5.7.1. Motoren dürfen Kurbelgehäuseemissionen während des gesamten Betriebs vor Durchströmen einer beliebigen Abgasnachbehandlungseinrichtung in das Abgas leiten.

5.7.2. Emissionen, die aus dem Kurbelgehäuse direkt in die Umgebungsluft geleitet werden, sind zu den Auspuffemissionen während der gesamten Dauer der Emissionsprüfungen hinzuzuzählen. Zu diesem Zweck muss der Hersteller die Motoren so aufbauen, dass die gesamten Kurbelgehäuseemissionen gemäß den Anforderungen von Anhang 4 Absatz 6.10 in das System der Emissionsprobenahme geleitet werden können

## 6. EINBAU IN DAS FAHRZEUG

### 6.1. Informationen und Anweisungen für die Originalgerätehersteller und die Endnutzer

6.1.1. Ein Hersteller darf Originalgeräteherstellern und Endnutzern keine technischen Informationen über die Einzelangaben, die in dieser Regelung vorgesehen sind, liefern, welche von den Einzelangaben abweichen, die die Typgenehmigungsbehörde genehmigt hat.

6.1.2. Der Hersteller stellt Originalgeräteherstellern alle sachdienlichen Informationen und Anweisungen zur Verfügung, die für den korrekten Einbau eines Motors in nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen oder Geräte oder in Fahrzeuge der Klasse T erforderlich sind, einschließlich einer Beschreibung aller besonderen Bedingungen oder Einschränkungen im Zusammenhang mit dem Einbau oder dem Betrieb des Motors.

6.1.3. Die Hersteller stellen Originalgeräteherstellern alle sachdienlichen Informationen und Anweisungen für den Endnutzer zur Verfügung, einschließlich einer Beschreibung aller besonderen Bedingungen oder Einschränkungen im Zusammenhang mit dem Betrieb des Motors.

6.1.4. Die Hersteller teilen den Originalgeräteherstellern den Wert der Kohlendioxid-Emissionen (CO<sub>2</sub>) mit, der während des Typgenehmigungsverfahrens ermittelt wurde, und weisen die Originalgerätehersteller an, diese Angabe zusammen mit Erläuterungen zu den Prüfbedingungen dem Endnutzer der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder Fahrzeugs der Klasse T mitzuteilen, in die bzw. das der Motor eingebaut werden soll.

6.1.5. Die Einzelheiten zu den einschlägigen Informationen und Anweisungen für Originalgerätehersteller sind in Anlage 5 dieser Regelung aufgeführt.

### 6.2. Pflichten der Originalgerätehersteller bezüglich des Einbaus von Motoren

6.2.1. Die Originalgerätehersteller bauen Motoren mit Typgenehmigung in nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte nach den vom Hersteller gemäß Absatz 6.1.2 bereitgestellten Anweisungen und in einer Weise ein, die sich nicht nachteilig auf das Emissionsverhalten des Motors in Bezug auf gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel auswirkt.

6.2.2. Wenn ein Originalgerätehersteller sich nicht an die in Absatz 6.2.1 genannten Anweisungen hält oder einen Motor beim Einbau in nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte oder in Fahrzeuge der Klasse T in einer Weise verändert, die sich nachteilig auf das Emissionsverhalten des Motors in Bezug auf gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel auswirkt, gilt dieser Originalgerätehersteller als Hersteller für die Zwecke dieser Regelung und unterliegt insbesondere den Pflichten gemäß den Absätzen 5, 7, 8 und 9.

6.2.3. Originalgerätehersteller dürfen typgenehmigte Motoren in nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte oder in Fahrzeuge der Klasse T nur in Übereinstimmung mit den ausschließlichen Einsatzarten, die für die in Absatz 1.1 genannten Motoren vorgesehen sind, einbauen.

- 6.2.4. Wenn das in Anhang 3 genannte Genehmigungszeichen nicht ohne Entfernung von Teilen sichtbar ist, bringt der Originalgerätehersteller ein vom Hersteller bereitgestelltes Duplikat des Zeichens gemäß dem genannten Anhang und dem einschlägigen Durchführungsrechtsakt sichtbar an der/dem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät oder dem Fahrzeug der Klasse T an.
- 6.2.5. Die Einzelheiten zu den einschlägigen Informationen und Anweisungen für Endnutzer sind in Anlage 6 dieser Regelung aufgeführt.
7. MOTORENFAMILIE UND MOTORTYP
- 7.1. Kenndaten für die Festlegung der Motorenfamilie
- Die Motorenfamilie gemäß der Festlegung durch den Motorenhersteller muss den in Anhang 10 genannten Kriterien entsprechen.
- 7.2. Wahl des Stammmotors
- Der Stammmotor der Motorenfamilie ist in Übereinstimmung mit den Anforderungen von Anhang 10 auszuwählen.
- 7.3. Kenndaten für die Festlegung des Motortyps
- Die technischen Merkmale eines Motortyps sind in seinem nach dem Muster in Anhang 1 Anlage A.3 zu erstellenden Beschreibungsbogen festgelegt.
8. ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION
- 8.1. Jeder Motor, der mit einem Genehmigungszeichen nach dieser Regelung versehen ist, muss so gebaut sein, dass er dem genehmigten Typ insofern entspricht, als die Beschreibung im Mitteilungsblatt für die Genehmigung und in den Anhängen eingehalten wird. Die Verfahren zur Kontrolle der Übereinstimmung der Produktion müssen den folgenden sowie den in Verzeichnis 1 zum Übereinkommen (E/ECE/TRANS/505/Rev.3) beschriebenen Verfahren entsprechen.
- 8.2. Begriffsbestimmungen
- Für die Zwecke dieses Absatzes gelten folgende Begriffsbestimmungen:
- 8.2.1. „Qualitätsmanagementsystem“ bezeichnet einen Satz miteinander in Verbindung und Wechselwirkung stehender Elemente, mit denen Organisationen lenken und überprüfen können, wie Qualitätsstrategien umgesetzt und Qualitätsziele erreicht werden;
- 8.2.2. „Audit“ bezeichnet ein Verfahren zur Sammlung von Nachweisen, die dazu dienen zu bewerten, wie gut Auditkriterien im Hinblick auf das Ziel, objektiv, unparteiisch und unabhängig vorzugehen, angewendet werden, und das geregelt durchgeführt sowie dokumentiert wird;
- 8.2.3. „Abhilfemaßnahmen“ bezeichnet einen Problemlösungsprozess, bei dem die Ursachen einer Nichtübereinstimmung oder nicht wünschenswerten Situation schrittweise beseitigt werden und durch den deren Wiederauftreten verhindert werden soll;
- 8.3. Zweck
- 8.3.1. Die Regelungen im Hinblick auf die Übereinstimmung der Produktion sollen gewährleisten, dass hergestellte Motoren den Spezifikationen, Leistungs- und Kennzeichnungsanforderungen des genehmigten Motortyps oder der genehmigten Motorenfamilie entsprechen
- 8.3.2. Die Verfahren beinhalten untrennbar die Bewertung der in Absatz 8.4 dargestellten Qualitätsmanagementsysteme („Anfangsbewertung“) sowie die Überprüfung und produktbezogenen Kontrollen gemäß Absatz 8.5 („Vorkehrungen für die Übereinstimmung der Produkte“).
- 8.4. Anfangsbewertung
- 8.4.1. Vor Erteilung einer Typgenehmigung überprüft die Typgenehmigungsbehörde das Vorhandensein angemessener Vorkehrungen und Verfahren, die der Hersteller getroffen bzw. geschaffen hat, um eine wirksame Kontrolle zu gewährleisten, damit Motoren während der Produktion mit dem genehmigten Motortyp oder der genehmigten Motorenfamilie übereinstimmen.
- 8.4.2. Die Leitfäden für Audits von Qualitätsmanagement- und/oder Umweltmanagementsystemen gemäß der Norm EN ISO 19011:2011 gelten für die Anfangsbewertung.
- 8.4.3. Die Typgenehmigungsbehörde gibt sich mit der Anfangsbewertung und den Vorkehrungen für die Übereinstimmung der Produkte gemäß Absatz 8.5 zufrieden, wobei sie erforderlichenfalls eine der Bestimmungen nach den Absätzen 8.4.3.1 bis 8.4.3.3 oder gegebenenfalls eine Kombination dieser Bestimmungen ganz oder teilweise berücksichtigt.

- 8.4.3.1. Die Anfangsbewertung und/oder Überprüfung der Vorkehrungen für die Übereinstimmung der Produkte wird von der Typgenehmigungsbehörde, die die Genehmigung erteilt, oder von einer notifizierten Stelle im Auftrag der Typgenehmigungsbehörde durchgeführt.
- 8.4.3.1.1. Bei der Erwägung des Umfangs der durchzuführenden Anfangsbewertung kann die Typgenehmigungsbehörde vorliegende Informationen bezüglich der Zertifizierung des Herstellers berücksichtigen, die nach Absatz 8.4.3.3 nicht anerkannt wurde.
- 8.4.3.2. Die Anfangsbewertung und/oder Überprüfung der Vorkehrungen für die Übereinstimmung des Produkts kann auch von der Typgenehmigungsbehörde einer anderen Vertragspartei oder der von der Typgenehmigungsbehörde dafür benannten Stelle durchgeführt werden.
- 8.4.3.2.1. In diesem Fall stellt die Typgenehmigungsbehörde der anderen Vertragspartei eine Übereinstimmungserklärung aus, in der die Bereiche und Produktionsanlagen angegeben sind, die für die Motoren, für die eine Typgenehmigung erteilt werden soll, von Bedeutung sind.
- 8.4.3.2.2. Auf Antrag der Typgenehmigungsbehörde einer Vertragspartei, die die Typgenehmigung erteilt, übermittelt die Typgenehmigungsbehörde einer anderen Vertragspartei unverzüglich die Übereinstimmungserklärung oder teilt mit, dass sie nicht in der Lage ist, eine solche Erklärung zu liefern.
- 8.4.3.2.3. In der Übereinstimmungserklärung sollten mindestens aufgeführt werden:
- 8.4.3.2.3.1. Unternehmensgruppe oder Unternehmen (z. B. Fahrzeugbau XYZ)
- 8.4.3.2.3.2. jeweilige Organisation: (z. B. Unternehmensbereich Europa)
- 8.4.3.2.3.3. Werke/Standorte (z. B. Motorenwerk 1 (Türkei) — Motorenwerk 2 (Deutschland))
- 8.4.3.2.3.4. erfasste Motortypen/Motorenfamilien
- 8.4.3.2.3.5. bewertete Bereiche (z. B. Motorenfertigung, Motorprüfung, Herstellung von Nachbehandlungssystemen)
- 8.4.3.2.3.6. geprüfte Unterlagen (z. B. Qualitätshandbuch und -verfahren des Unternehmens und des betreffenden Werks)
- 8.4.3.2.3.7. Datum der Bewertung (z. B. Audit vom 18. bis zum 30. Mai 2018)
- 8.4.3.2.3.8. geplanter Kontrollbesuch (z. B. Oktober 2020).
- 8.4.3.3. Die Typgenehmigungsbehörde erkennt auch die ordnungsgemäße Zertifizierung des Herstellers nach der harmonisierten Norm EN ISO 9001:2008 oder einer gleichwertigen harmonisierten Norm als Erfüllung der Anforderungen der Anfangsbewertung gemäß Absatz 8.4 an. Der Hersteller liefert detaillierte Angaben über die Zertifizierung und sorgt dafür, dass die Typgenehmigungsbehörde über jede Änderung der Geltungsdauer oder des Geltungsbereichs unterrichtet wird.
- 8.5. Vorkehrungen für die Übereinstimmung der Produkte
- 8.5.1. Jeder Motor, der gemäß dieser Regelung eine Typgenehmigung erhält, ist so herzustellen, dass er mit dem genehmigten Motortyp oder der genehmigten Motorenfamilie übereinstimmt, indem er die Anforderungen dieses Absatzes erfüllt.
- 8.5.2. Vor der Erteilung einer Typgenehmigung nach dieser Regelung, muss die Typgenehmigungsbehörde prüfen, ob ausreichende Vorkehrungen und durch Unterlagen belegte Überprüfungspläne vorhanden sind, die bei jeder Genehmigung mit dem Hersteller abzustimmen sind, um so jene Prüfungen oder die damit verbundenen Nachprüfungen in bestimmten Abständen durchzuführen, die für die Überprüfung der kontinuierlichen Übereinstimmung mit dem genehmigten Motortyp oder der genehmigten Motorenfamilie erforderlich sind, sowie gegebenenfalls einschließlich der in Absatz 5 dieser Regelung vorgeschriebenen Prüfungen.
- 8.5.3. Der Inhaber einer Typgenehmigung muss
- 8.5.3.1. sicherstellen, dass Verfahren für eine wirksame Kontrolle der Übereinstimmung der Motoren mit dem genehmigten Motortyp oder der genehmigten Motorenfamilie zur Verfügung stehen und angewendet werden;
- 8.5.3.2. Zugang zu Prüfeinrichtungen oder sonstigen geeigneten Einrichtungen haben, die für die Kontrolle der Übereinstimmung mit dem jeweils genehmigten Motortyp oder der jeweils genehmigten Motorenfamilie erforderlich sind;
- 8.5.3.3. sicherstellen, dass die Prüf- oder Kontrollergebnisse aufgezeichnet werden und die dazugehörigen Unterlagen während eines mit der Typgenehmigungsbehörde zu vereinbarenden Zeitraums von bis zu zehn Jahren eingesehen werden können;

- 8.5.3.4. für Motoren der Klassen NRS<sub>h</sub> und NRS, außer für NRS-v-2b und NRS-v-3, sicherstellen, dass für jeden Motortyp mindestens die in dieser Regelung vorgeschriebenen Kontrollen und Prüfungen durchgeführt werden; für andere Klassen können Prüfungen auf der Ebene des Bauteils oder der Anordnung von Bauteilen anhand eines angemessenen Kriteriums zwischen dem Hersteller und der Typgenehmigungsbehörde vereinbart werden;
- 8.5.3.5. die Ergebnisse jeder Art von Prüfung oder Kontrolle auswerten, um die Beständigkeit der Produktmerkmale unter Berücksichtigung der in der Serienproduktion üblichen Streuung nachweisen und gewährleisten zu können;
- 8.5.3.6. sicherstellen, dass alle Stichproben oder Prüfteilmuster, die bei einer bestimmten Prüfung oder Kontrolle als Nachweis einer Nichtübereinstimmung gedient haben, Anlass für eine weitere Probenahme und Prüfung oder Kontrolle sind.
- 8.5.4. Werden die in Absatz 8.5.3.6 genannten Audit- oder Kontrollergebnisse von der Typgenehmigungsbehörde als nicht zufriedenstellend erachtet, muss der Hersteller sicherstellen, dass die Übereinstimmung der Produktion durch Abhilfemaßnahmen zur Zufriedenheit der Typgenehmigungsbehörde baldmöglichst wiederhergestellt wird.
- 8.6. Bestimmungen für die fortlaufende Überprüfung
- 8.6.1. Die Behörde, die die Typgenehmigung erteilt hat, kann jederzeit die in jeder Fertigungsanlage angewandten Verfahren zur Kontrolle der Übereinstimmung der Produktion im Rahmen von regelmäßigen Audits überprüfen. Hierzu gestattet der Hersteller den Zugang zu den Stätten der Herstellung, Begutachtung, Prüfung und Lagerung sowie des Vertriebs und stellt alle erforderlichen Informationen über die Unterlagen und Aufzeichnungen des Qualitätsmanagementsystems bereit.
- 8.6.1.1. Das normale Konzept für solche regelmäßigen Audits besteht darin, dass die fortdauernde Wirksamkeit der in den Absätzen 8.4 und 8.5 beschriebenen Verfahren überwacht wird. (Anfangsbewertung und Vorkehrungen für die Übereinstimmung der Produkte).
- 8.6.1.1.1. Von technischen Diensten durchgeführte Überwachungstätigkeiten müssen als Erfüllung der Anforderung nach Absatz 8.6.1.1 bezüglich der bei der Anfangsbewertung eingeführten Verfahren akzeptiert werden.
- 8.6.1.1.2. Die (nicht unter Absatz 8.6.1.1.1 genannten anderen) Überprüfungen zur Gewährleistung, dass die entsprechenden gemäß den Absätzen 8.4 und 8.5 durchgeführten Überprüfungen der Übereinstimmung der Produktion über einen Zeitraum wiederholt werden, der sich mit dem von der Typgenehmigungsbehörde geschaffenen vertrauensvollen Klima im Einklang befindet, sind mindestens einmal alle zwei Jahre durchzuführen. Die Typgenehmigungsbehörde führt jedoch zusätzliche Überprüfungen durch, abhängig von der jährlichen Produktion, den Ergebnissen früherer Bewertungen, dem Erfordernis, Abhilfemaßnahmen zu überwachen sowie auf begründeten Antrag einer anderen Typgenehmigungsbehörde oder einer Marktüberwachungsbehörde.
- 8.6.2. Bei jeder Überprüfung sind dem Prüfer die Aufzeichnungen über Prüfungen und Kontrollen und über die Produktion zur Verfügung zu stellen, insbesondere die Aufzeichnungen über die dokumentierten Prüfungen und Kontrollen gemäß Absatz 8.5.2.
- 8.6.3. Der Prüfer kann stichprobenweise Muster für die Prüfung im Labor des Herstellers oder in den Einrichtungen des technischen Dienstes auswählen, wobei in Letzteren nur physische Prüfungen durchgeführt werden. Die Mindestanzahl von Mustern kann aufgrund der Ergebnisse der herstellereitigen Überprüfungen festgelegt werden.
- 8.6.4. Erscheint die Qualität der Kontrollen als nicht zufriedenstellend oder erscheint es angebracht, die Gültigkeit der nach Absatz 8.6.2 durchgeführten Prüfungen nachzuprüfen, oder aufgrund eines begründeten Antrags einer anderen Typgenehmigungsbehörde, muss der Prüfer Stichproben auswählen, die im Labor des Herstellers geprüft oder dem technischen Dienst zugesandt werden, damit dann physische Prüfungen entsprechend den Anforderungen nach Absatz 8.7 dieser Regelung durchgeführt werden.
- 8.6.5. Wenn die Typgenehmigungsbehörde, die die Typgenehmigung erteilt hat, bei einer Inspektion oder einer Überprüfung zu unbefriedigenden Ergebnissen kommt, so stellt sie sicher, dass alle notwendigen Maßnahmen getroffen werden, um die Übereinstimmung der Produktion so schnell wie möglich wiederherzustellen. Dies kann den Entzug der Typgenehmigung einschließen, falls die Abhilfemaßnahmen des Herstellers nicht ausreichen.
- 8.6.6. Wenn eine Typgenehmigungsbehörde im Hoheitsgebiet einer anderen Vertragspartei zu unbefriedigenden Ergebnissen kommt, kann sie beantragen, dass die Typgenehmigungsbehörde, die die Typgenehmigung erteilt hat, prüft, ob der sich in Produktion befindliche Motor weiterhin mit dem genehmigten Motortyp oder der genehmigten Motorenfamilie übereinstimmt. Bei Erhalt eines derartigen Antrags ergreift die Typgenehmigungsbehörde, die die Typgenehmigung erteilt hat, die in Absatz 8.6.5 beschriebenen Maßnahmen.
- 8.7. Anforderungen an Prüfungen der Übereinstimmung der Produktion in Fällen einer in Absatz 8.6 genannten unzureichenden Kontrolle der Übereinstimmung der Produkte
- 8.7.1. Bei einer nicht zufriedenstellenden Qualität der Kontrollen der Übereinstimmung der Produkte gemäß den Absätzen 8.6.4, 8.6.5 oder 8.6.6 ist die Übereinstimmung der Produktion durch Emissionsprüfungen auf der Grundlage der Beschreibung in der Mitteilung der Genehmigung zu überprüfen.

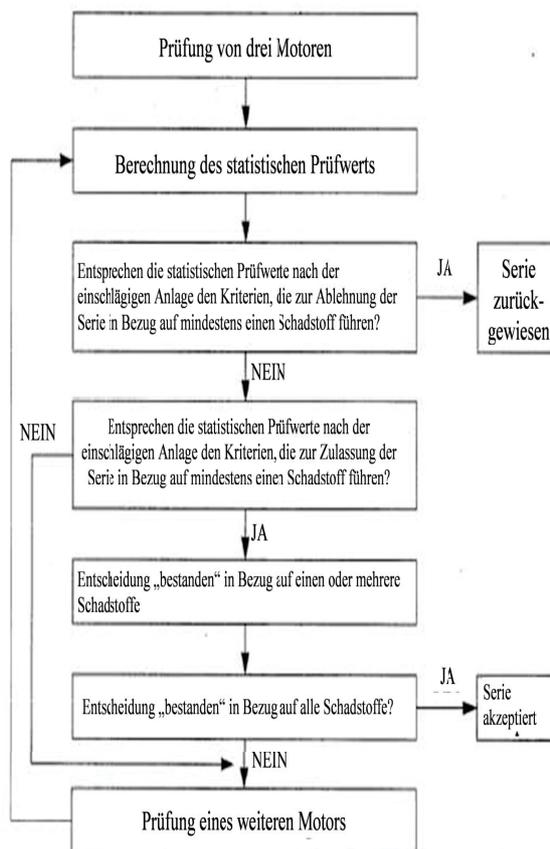
- 8.7.2. Sofern in Absatz 8.7.3 nicht anders angegeben, gilt folgendes Verfahren:
- 8.7.2.1. Der Serienproduktion sind drei Motoren und gegebenenfalls drei Abgasnachbehandlungssysteme nach dem Zufallsprinzip für die Kontrolle zu entnehmen. Zusätzliche Motoren werden nach Bedarf entnommen, um eine positive oder negative Entscheidung zu ermöglichen. Für eine positive Entscheidung sind mindestens vier Motoren zu prüfen.
- 8.7.2.2. Nach Auswahl der Motoren durch den Prüfer darf der Hersteller an den ausgewählten Motoren keinerlei Einstellung vornehmen.
- 8.7.2.3. Die Motoren werden einer Emissionsprüfung gemäß den Anforderungen in Anhang 4 oder, bei Zweistoffmotoren, gemäß Anhang 7 sowie den gemäß Anhang 4 Anlage A.6 für diesen Motortyp relevanten Prüfzyklen unterzogen.
- 8.7.2.4. Es gelten die Grenzwerte in Anlage 2 dieser Regelung. Bei einem Motor mit Abgasnachbehandlungssystem mit sporadischer Regenerierung gemäß Anhang 4 Absatz 6.6.2 muss jedes Emissionsergebnis für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel um den für den Motortyp oder die Motorenfamilie geltenden Faktor korrigiert werden. In allen Fällen werden Emissionsergebnisse für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel durch Anwendung der entsprechenden, gemäß Absatz 5 dieser Regelung bestimmten Verschlechterungsfaktoren (DF) für diesen Motortyp oder diese Motorenfamilie korrigiert.
- 8.7.2.5. Die Prüfungen werden an neu gefertigten Motoren durchgeführt.
- 8.7.2.5.1. Auf Antrag des Herstellers können die Prüfungen an Motoren durchgeführt werden, die entweder 2 % der Emissionsdauerhaltbarkeitsperiode oder, sofern es sich dabei um einen kürzeren Zeitraum handelt, 125 Stunden eingefahren wurden. Dabei wird das Einfahrverfahren vom Hersteller durchgeführt; dieser verpflichtet sich, an den Motoren keinerlei Einstellung vorzunehmen. Hat der Hersteller im Beschreibungsbogen gemäß Anhang 1 ein Einfahrverfahren angegeben, so ist das Einfahren nach diesem Verfahren durchzuführen.
- 8.7.2.6. Die Serienproduktion der in Betracht kommenden Motoren gilt auf der Grundlage von Stichprobenprüfungen der Motoren gemäß der Anlage 7 dieser Regelung als übereinstimmend bzw. nicht übereinstimmend mit dem genehmigten Typ, wenn nach den Prüfkriterien der Anlage 7 dieser Regelung und gemäß Abbildung 4 eine positive Entscheidung in Bezug auf alle Schadstoffe oder eine negative Entscheidung in Bezug auf einen Schadstoff gefällt wurde.
- 8.7.2.7. Wurde eine positive Entscheidung in Bezug auf einen Schadstoff getroffen, so wird diese nicht durch zusätzliche Prüfungen beeinflusst, die zu einer Entscheidung in Bezug auf die übrigen Schadstoffe führen sollen.
- Wird keine positive Entscheidung in Bezug auf sämtliche Schadstoffe und keine negative Entscheidung in Bezug auf keinen Schadstoff erreicht, so ist eine Prüfung an einem anderen Motor durchzuführen.
- 8.7.2.8. Der Hersteller kann die Prüfung jederzeit unterbrechen, wenn keine Entscheidung erzielt wird. In diesem Fall wird eine negative Entscheidung in das Protokoll aufgenommen.
- 8.7.3. Abweichend von Absatz 8.7.2.1 findet bei Motortypen mit Verkaufszahlen von weniger als 100 Einheiten pro Jahr folgendes Verfahren Anwendung:
- 8.7.3.1. Der Serienproduktion des betrachteten Motortyps ist einer der Motoren und gegebenenfalls ein Abgasnachbehandlungssystem nach dem Zufallsprinzip für die Kontrolle zu entnehmen.
- 8.7.3.2. Erfüllt der Motor die Anforderungen in Absatz 8.7.2.4, so wird eine positive Entscheidung getroffen und eine weitere Prüfung ist nicht erforderlich.
- 8.7.3.3. Erfüllt der Motor die Anforderungen in Absatz 8.7.2.4 nicht, so wird das Verfahren gemäß den Absätzen 8.7.2.6 bis 8.7.2.8 angewandt.
- 8.7.4. Bei all diesen Prüfungen ist der entsprechende handelsübliche Kraftstoff zulässig. Auf Antrag des Herstellers können jedoch die in Anlage 5 dieser Regelung beschriebenen Bezugskraftstoffe verwendet werden. Bei Motoren, die mit gasförmigen Kraftstoffen betrieben werden, sind die Prüfungen, wie in Anlage 4 dieser Regelung beschrieben, mit mindestens zwei der Bezugskraftstoffe für jeden gasbetriebenen Motor durchzuführen, außer bei einem gasbetriebenen Motor mit kraftstoffspezifischer Typgenehmigung, für die nur ein Bezugskraftstoff erforderlich ist. Wird mehr als ein gasförmiger Bezugskraftstoff verwendet, so müssen die Ergebnisse nachweisen, dass der Motor mit jedem Bezugskraftstoff die Grenzwerte einhält.

## 8.7.5. Nichtübereinstimmung von gasbetriebenen Motoren

Bei Meinungsverschiedenheiten bezüglich der Einhaltung der Grenzwerte durch gasbetriebene Motoren, einschließlich Zweistoffmotoren, bei Betrieb mit handelsüblichem Kraftstoff sind die Prüfungen mit jedem Bezugskraftstoff durchzuführen, mit dem der Stammotor geprüft wurde, und auf Antrag des Herstellers gegebenenfalls mit dem zusätzlichen dritten Kraftstoff, auf den in den Absätzen A.3.2.3.1.1.1, A.3.2.3.2.1 und A.3.2.4.1.2 der Anlage 4 dieser Regelung Bezug genommen wird und der gegebenenfalls zur Prüfung des Stammotors verwendet wurde. Gegebenenfalls ist das Ergebnis durch eine Berechnung unter Anwendung der einschlägigen Faktoren „r“, „ra“ oder „rb“ gemäß den Absätzen A.3.2.3.3, A.3.2.3.4.1 und A.3.2.4.1.3 der Anlage 4 dieser Regelung umzuformen. Falls r, ra oder rb kleiner als 1 sind, ist keine Umrechnung vorzunehmen. Aus den Messergebnissen und gegebenenfalls den berechneten Ergebnissen muss hervorgehen, dass der Motor die Grenzwerte beim Betrieb mit allen entsprechenden Kraftstoffen (z. B. Kraftstoffe 1, 2 und gegebenenfalls 3 bei Erdgas-/Biomethanmotoren und Kraftstoffe A und B bei LPG-Motoren) einhält.

Abbildung 4

## Ablaufschema für die Überprüfung der Übereinstimmung der Produktion



## 9. MABNAHMEN BEI ABWEICHUNG IN DER PRODUKTION

9.1. Die für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie nach dieser Regelung erteilte Genehmigung kann zurückgenommen werden, wenn die Vorschriften des vorangehenden Absatzes 5 nicht eingehalten sind oder der entnommene Motor (die entnommenen Motoren) die Prüfungen nach Absatz 8 nicht bestanden hat (haben).

9.2. Nimmt eine Vertragspartei des Übereinkommens, die diese Regelung anwendet, eine von ihr erteilte Genehmigung zurück, so hat sie unverzüglich die anderen Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, hierüber mit einem Mitteilungsblatt zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 2 dieser Regelung entspricht.

## 10. ÄNDERUNGEN DES FAHRZEUGTYP UND ERWEITERUNG DER GENEHMIGUNG

10.1. Der Hersteller unterrichtet die Typgenehmigungsbehörde, die die Typgenehmigung erteilt hat, unverzüglich über jede Änderung der Angaben in den Beschreibungsunterlagen. Diese Typgenehmigungsbehörde entscheidet im Falle einer solchen Änderung, welches der in Absatz 10.2 festgelegten Verfahren anzuwenden ist. Sofern erforderlich, kann die Typgenehmigungsbehörde nach Konsultation des Herstellers entscheiden, dass eine neue Typgenehmigung zu erteilen ist.

10.1.1. Ein Antrag auf Änderung einer Typgenehmigung wird ausschließlich bei der Typgenehmigungsbehörde eingereicht, die die ursprüngliche Typgenehmigung erteilt hat.

10.1.2. Stellt die Typgenehmigungsbehörde fest, dass für eine Änderung Kontrollen oder Prüfungen wiederholt werden müssen, so unterrichtet sie den Hersteller entsprechend. Die in Absatz 10.2 festgelegten Verfahren gelten erst, nachdem die Typgenehmigungsbehörde auf der Grundlage dieser Kontrollen oder Prüfungen zu dem Schluss gelangt ist, dass die Anforderungen für die Typgenehmigung weiterhin erfüllt sind.

10.2. Wurden Angaben in den Beschreibungsunterlagen geändert, ohne dass Kontrollen oder Prüfungen wiederholt werden müssen, so wird eine solche Änderung als „Revision“ bezeichnet.

Im Falle einer solchen Revision revidiert die Typgenehmigungsbehörde, soweit erforderlich, ohne unangemessene Verzögerung die relevanten Seiten der Beschreibungsunterlagen, einschließlich des revidierten Inhaltsverzeichnisses, und kennzeichnet sie auf leicht ersichtliche Weise mit der Art der Änderung und gibt das Datum der Revision an. Eine konsolidierte, aktualisierte Fassung der Beschreibungsunterlagen mit einer ausführlichen Beschreibung der Änderungen erfüllt die Anforderung dieses Absatzes.

10.2.1. Jede in Absatz 10.2 genannte Änderung wird als „Erweiterung“ bezeichnet, wenn sich in den Beschreibungsunterlagen angeführte Angaben geändert haben und wenn

- a) weitere Kontrollen oder Prüfungen erforderlich sind;
- b) Angaben — gleicher welcher Art — in der Mitteilung, außer in den zugehörigen Anlagen, geändert wurden;
- c) eine neue, in dieser Regelung enthaltene Anforderung auf den genehmigten Motortyp oder die genehmigte Motorenfamilie anzuwenden ist.

10.2.2. Im Fall einer Erweiterung erstellt die Typgenehmigungsbehörde eine aktualisierte Mitteilung mit einer Erweiterungsnummer, die gegenüber der fortlaufenden Nummer der vorherigen Erweiterung um eins erhöht wurde. In dieser Mitteilung müssen eindeutig der Grund für die Erweiterung und das Datum der Erweiterung angegeben sein. Die Typgenehmigungsbehörde unterrichtet die anderen Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwenden, über die erteilte Erweiterung.

10.2.3. Werden Seiten der Beschreibungsunterlagen geändert oder wird eine konsolidierte, aktualisierte Fassung erstellt, so ist das Inhaltsverzeichnis zu den Beschreibungsunterlagen, das der Mitteilung als Anlage beigefügt ist, ebenfalls so zu ändern, dass daraus das Datum der jüngsten Erweiterung oder Revision oder das Datum der jüngsten Konsolidierung der aktualisierten Fassung ersichtlich ist.

10.2.4. Ist eine neue, in Absatz 10.2.1 Buchstabe c genannte Anforderung unter technischen Gesichtspunkten für den Motortyp oder die Motorenfamilie in Bezug auf sein/ihr Emissionsverhalten nicht von Belang, so ist keine Änderung der Typgenehmigung für den Motortyp oder die Motorenfamilie erforderlich.

10.3. Bei einer Revision einer Typgenehmigung stellt die Typgenehmigungsbehörde dem Antragsteller ohne unangemessene Verzögerung die revidierten Dokumente oder die konsolidierte, aktualisierte Fassung, gegebenenfalls einschließlich des geänderten Inhaltsverzeichnisses zu den Beschreibungsunterlagen, gemäß Absatz 10.2 Unterabsatz 2 aus.

10.4. Bei einer Erweiterung einer Typgenehmigung stellt die Typgenehmigungsbehörde dem Antragsteller ohne unangemessene Verzögerung die aktualisierte Mitteilung gemäß Absatz 10.2.2 einschließlich der zugehörigen Anlagen und das Inhaltsverzeichnis zu den Beschreibungsunterlagen aus.

## 11. ENDGÜLTIGE EINSTELLUNG DER PRODUKTION

Stellt der Inhaber einer Genehmigung die Produktion eines nach dieser Regelung genehmigten Typs bzw. einer solchen Familie endgültig ein, so hat er die Behörde, die die Genehmigung erteilt hat, hiervon zu verständigen. Nach Erhalt der entsprechenden Mitteilung hat diese Behörde die anderen Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, hierüber mit einem Mitteilungsblatt zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 2 dieser Regelung entspricht.

## 12. ÜBERGANGSBESTIMMUNGEN

- 12.1. Ab dem offiziellen Datum des In-Kraft-Tretens der Änderungsserie 05 darf keine Vertragspartei, die diese Regelung anwendet, die Erteilung von Genehmigungen nach dieser Regelung in ihrer durch die Änderungsserie 05 geänderten Fassung versagen.
- 12.2. Ab dem jeweiligen in den Tabellen 1 bis 6 angegebenen Typgenehmigungsdatum dürfen Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, die Erteilung von Typgenehmigungen für Motortypen oder für Motorenfamilien der in Absatz 1 festgelegten Klassen, die den Vorschriften dieser Regelung in ihrer durch die Änderungsserie 05 geänderten Fassung nicht entsprechen, versagen.
- 12.3. Ab dem jeweiligen in den Tabellen 23 bis 28 angegebenen Datum des Inverkehrbringens dürfen Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, das Inverkehrbringen von Motortypen oder von Motorenfamilien der in Absatz 1 festgelegten Klassen, die nicht nach dieser Regelung in ihrer durch die Änderungsserie 05 geänderten Fassung genehmigt wurden, versagen.
- 12.4. Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, können weiterhin Genehmigungen für Motoren erteilen, die die Anforderungen dieser Regelung in der Fassung einer der früheren Änderungsserien erfüllen oder die Anforderungen einer beliebigen Stufe dieser Regelung erfüllen, sofern die Motoren oder die Fahrzeuge für die Ausfuhr in Länder bestimmt sind, die die entsprechenden Bestimmungen in ihren nationalen Rechtsvorschriften anwenden. Für die Kennzeichnungen für diese Motoren gilt das in der jeweiligen Änderungsserie dieser UN-Regelung festgelegte Format.
- 12.5. Unbeschadet des Absatzes 12.4 dieser Regelung können Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, weiterhin Genehmigungen für Motoren erteilen, die die Anforderungen dieser Regelung in der Fassung einer der früheren Änderungsserien oder die Anforderungen einer beliebigen Stufe dieser Regelung erfüllen, sofern der Motor für den Austausch eines bestehenden, in ein in Betrieb befindliches Fahrzeug eingebauten Motors mit demselben oder einem weniger strengen Emissionswert bestimmt ist.

Tabelle 1

**Daten der Anwendung dieser Regelung auf Motoren der Klasse NRE**

Klasse	Art der Zündung	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Typgenehmigung von Motoren	Inverkehrbringen von Motoren und Fahrzeugen	
NRE	CI	$0 < P < 8$	NRE-v-1 NRE-c-1	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018	
	CI	$8 \leq P < 19$	NRE-v-2 NRE-c-2			
	CI	$19 \leq P < 37$	NRE-v-3 NRE-c-3	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018	
		$37 \leq P < 56$	NRE-v-4 NRE-c-4			
	alle		$56 \leq P < 130$	NRE-v-5 NRE-c-5	29. Dezember 2018	1. Januar 2020
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-v-6 NRE-c-6	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018
			$P > 560$	NRE-v-7 NRE-c-7	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018

Tabelle 2

**Daten der Anwendung dieser Regelung auf Motoren der Klasse NRG**

Klasse	Art der Zündung	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Typgenehmigung von Motoren	Inverkehrbringen von Motoren und Fahrzeugen
NRG	alle	$P > 560$	NRG-v-1 NRG-c-1	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018

Tabelle 3

**Daten der Anwendung dieser Regelung auf Motoren der Klasse NRSh**

Klasse	Art der Zündung	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Typgenehmigung von Motoren	Inverkehrbringen von Motoren und Fahrzeugen
NRSh	SI	0<P<19	NRSh-v-1a NRSh-v-1b	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018

Tabelle 4

**Daten der Anwendung dieser Regelung auf Motoren der Klasse NRS**

Klasse	Art der Zündung	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Typgenehmigung von Motoren	Inverkehrbringen von Motoren und Fahrzeugen
NRS	SI	0<P<56	NRS-vr-1a NRS-vi-1a NRS-vr-1b NRS-vi-1b NRS-v-2a NRS-v-2b NRS-v-3	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018

Tabelle 5

**Daten der Anwendung dieser Regelung auf Motoren der Klasse SMB**

Klasse	Art der Zündung	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Typgenehmigung von Motoren	Inverkehrbringen von Motoren und Fahrzeugen
SMB	SI	P>0	SMB-v-1	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018

Tabelle 6

**Daten der Anwendung dieser Regelung auf Motoren der Klasse ATS**

Klasse	Art der Zündung	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Typgenehmigung von Motoren	Inverkehrbringen von Motoren und Fahrzeugen
ATS	SI	P>0	ATS-v-1	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018

13. NAMEN UND ANSCHRIFTEN DER TECHNISCHEN DIENSTE, DIE DIE PRÜFUNGEN FÜR DIE GENEHMIGUNG DURCHFÜHREN, UND DER TYPGENEHMIGUNGSBEHÖRDEN

Die Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958, die diese Regelung anwenden, übermitteln dem Sekretariat der Vereinten Nationen die Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, und der Typgenehmigungsbehörden, die die Genehmigung erteilen und denen die in den anderen Ländern ausgestellten Formblätter über die Erteilung, die Versagung oder den Entzug der Genehmigung zu übersenden sind.

---

## ANLAGE 1

## DEFINITION DER IN ARTIKEL 1 GENANNTEN MOTOREN-UNTERKLASSEN

Tabelle 7

## Unterklassen der Motorenklasse NRE gemäß Absatz 1.1.1

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Bezugsleistung
NRE	Selbstzündungsmotor (CI)	variabel	$0 < P < 8$	NRE-v-1	Höchste Nutzleistung
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-v-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-v-3	
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-v-4	
	alle		$56 \leq P < 130$	NRE-v-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-v-6	
			$P > 560$	NRE-v-7	
	CI	konstant	$0 < P < 8$	NRE-c-1	Nennwert der Nutzleistung
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-c-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-c-3	
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-c-4	
	alle		$56 \leq P < 130$	NRE-c-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-c-6	
			$P > 560$	NRE-c-7	

Tabelle 8

## Unterklassen der Motorenklasse NRG gemäß Absatz 1.1.2

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Bezugsleistung
NRG	alle	variabel	$P > 560$	NRG-v-1	Höchste Nutzleistung
		konstant	$P > 560$	NRG-c-1	Nennwert der Nutzleistung

Tabelle 9

**Unterklassen der Motorenklasse NRSh gemäß Absatz 1.1.3**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Gesamthubraum (cm <sup>3</sup> )	Unterklasse	Bezugsleistung
NRSh	SI	variabel oder konstant	0 < P < 19	SV < 50	NRSh-v-1a	Höchste Nutzleistung
				SV ≥ 50	NRSh-v-1b	

Tabelle 10

**Unterklassen der Motorenklasse NRS gemäß Absatz 1.1.4**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Gesamthubraum (cm <sup>3</sup> )	Unterklasse	Bezugsleistung
NRS	SI	variabel ≥ 3600 min <sup>-1</sup> oder konstant	0 < P < 19	80 ≤ SV < 225	NRS-vr-1a	Höchste Nutzleistung
				SV ≥ 225	NRS-vr-1b	
		80 ≤ SV < 225		NRS-vi-1a		
		SV ≥ 225		NRS-vi-1b		
		variabel < 3600 min <sup>-1</sup>	19 ≤ P < 30	SV ≤ 1 000	NRS-v-2a	Höchste Nutzleistung
				SV > 1 000	NRS-v-2b	
			variabel oder konstant	30 ≤ P < 56	alle	NRS-v-3

Für Motoren < 19 kW mit SV < 80 cm<sup>3</sup> in anderen als handgehaltenen Maschinen und Geräten sind Motoren der Klasse NRSh zu verwenden.

Tabelle 11

**Unterklassen der Motorenklasse SMB gemäß Absatz 1.1.5**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Bezugsleistung
SMB	SI	variabel oder konstant	P > 0	SMB-v-1	Höchste Nutzleistung

Tabelle 12

**Unterklassen der Motorenklasse ATS gemäß Absatz 1.1.6**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	Bezugsleistung
ATS	SI	variabel oder konstant	P > 0	ATS-v-1	Höchste Nutzleistung

## ANLAGE 2

## EMISSIONSGRENZWERTE DER STUFE V

Tabelle 13

## Emissionsgrenzwerte für die Motorenklasse NRE gemäß Absatz 1.1.1

Motorenunterklasse	Leistungsbereich	Art der Zündung	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM-Masse	PN	A
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
NRE-v-1 NRE-c-1	0<P<8	CI	8,00	(HC+NO <sub>x</sub> ≤ 7,50)		0,40 <sup>(1)</sup>	—	1,10
NRE-v-2 NRE-c-2	8 ≤ P < 19	CI	6,60	(HC+NO <sub>x</sub> ≤ 7,50)		0,40	—	1,10
NRE-v-3 NRE-c-3	19 ≤ P < 37	CI	5,00	(HC+NO <sub>x</sub> ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 <sup>12</sup>	1,10
NRE-v-4 NRE-c-4	37 ≤ P < 56	CI	5,00	(HC+NO <sub>x</sub> ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 <sup>12</sup>	1,10
NRE-v-5 NRE-c-5	56 ≤ P < 130	alle	5,00	0,19	0,40	0,015	1 × 10 <sup>12</sup>	1,10
NRE-v-6 NRE-c-6	130 ≤ P ≤ 560	alle	3,50	0,19	0,40	0,015	1 × 10 <sup>12</sup>	1,10
NRE-v-7 NRE-c-7	P > 560	alle	3,50	0,19	3,50	0,045	—	6,00

<sup>(1)</sup> 0,60 für luftgekühlte Motoren mit Direkteinspritzung und Handstarter

Tabelle 14

## Emissionsgrenzwerte für die Motorenklasse NRG gemäß Absatz 1.1.2

Motorenunterklasse	Leistungsbereich	Art der Zündung	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM-Masse	PN	A
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
NRG-v-1 NRG-c-1	P > 560	alle	3,50	0,19	0,67	0,035	—	6,00

Tabelle 15

**Emissionsgrenzwerte für die Motorenklasse NRSh gemäß Absatz 1.1.3**

Motorenunterklasse	Leistungsbereich	Art der Zündung	CO	HC + NO <sub>x</sub>
	kW		g/kWh	g/kWh
NRSh-v-1a	0<P<19	SI	805	50
NRSh-v-1b			603	72

Tabelle 16

**Emissionsgrenzwerte für die Motorenklasse NRS gemäß Absatz 1.1.4**

Motorenunterklasse	Leistungsbereich	Art der Zündung	CO	HC + NO <sub>x</sub>
	kW		g/kWh	g/kWh
NRSh-vr-1a	0<P<19	SI	610	10
NRSh-vi-1a				
NRSh-vr-1b			610	8
NRSh-vi-1b				
NRSh-v-2a	19≤P≤30	SI	610	8
NRSh-v-2b	19≤P<56		4,40 <sup>(1)</sup>	2,70 <sup>(1)</sup>
NRSh-v-3				

<sup>(1)</sup> Wahlweise stattdessen auch jede Kombination von Werten, die die Gleichung  $(HC+NO_x) \times CO^{0,784} \leq 8,57$  sowie die folgenden Bedingungen:  $CO \leq 20,6$  g/kWh und  $(HC+NO_x) \leq 2,7$  g/kWh erfüllt.

Tabelle 17

**Emissionsgrenzwerte für die Motorenklasse SMB gemäß Absatz 1.1.5**

Motorenunterklasse	Leistungsbereich	Art der Zündung	CO	NO <sub>x</sub>	HC
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh
SMB-v-1	P>0	SI	275	—	75

Tabelle 18

**Emissionsgrenzwerte für die Motorenklasse ATS gemäß Absatz 1.1.6**

Motorenunterklasse	Leistungsbereich	Art der Zündung	CO	HC + NO <sub>x</sub>
	kW		g/kWh	g/kWh
ATS-v-1	P>0	SI	400	8

A.1.1. Besondere Bestimmungen über die Grenzwerte für die gesamten Kohlenwasserstoffe (HC) für Motoren, die ausschließlich oder zum Teil mit Gas betrieben werden

Für die Unterklassen, für die ein A-Faktor definiert ist, wird der in den Tabellen 13 und 14 angegebene HC-Grenzwert für ausschließlich oder zum Teil mit Gas betriebene Motoren durch den mit folgender Formel berechneten Grenzwert ersetzt:

$$HC = 0,19 + (1,5 \times A \times GER)$$

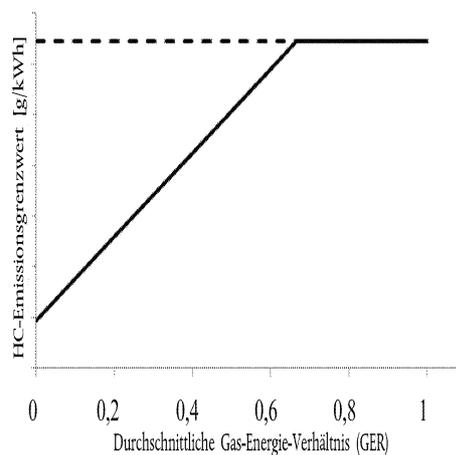
wobei GER das durchschnittliche Gas-Energie-Verhältnis während des jeweiligen Prüfzyklus ist.

Wenn sowohl ein stationärer als auch ein dynamischer Prüfzyklus anzuwenden sind, wird das Gas-Energie-Verhältnis mit dem dynamischen Warmstart-Prüfzyklus ermittelt. Wenn mehr als ein stationärer Prüfzyklus anzuwenden ist, wird das durchschnittliche Gas-Energie-Verhältnis für jeden Zyklus einzeln ermittelt.

Ist der berechnete Grenzwert für HC höher als der Wert von  $0,19 + A$ , wird der Grenzwert für HC auf  $0,19 + A$  festgelegt.

Abbildung 5

**Diagramm mit Darstellung des HC-Emissionsgrenzwertes in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis**



Für Unterklassen mit einem kombinierten Grenzwert für HC und  $NO_x$  wird der kombinierte Grenzwert für HC und  $NO_x$  um  $0,19 \text{ g/kWh}$  vermindert und gilt nur für  $NO_x$ .

Für Motoren, die nicht mit Gas betrieben werden, wird die Formel nicht angewendet.

## ANLAGE 3

## EMISSIONS-DAUERHALTBARKEITSPERIODEN (EDP)

Tabelle 19

## EDP für die Motorenklasse NRE

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	EDP (Stunden)
NRE	CI	variabel	$0 < P < 8$	NRE-v-1	3 000
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-v-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-v-3	5 000
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-v-4	8 000
	alle		$56 \leq P < 130$	NRE-v-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-v-6	
			$P > 560$	NRE-v-7	
	CI	konstant	$0 < P < 8$	NRE-c-1	3 000
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-c-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-c-3	
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-c-4	8 000
	alle		$56 \leq P < 130$	NRE-c-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-c-6	
			$P > 560$	NRE-c-7	

Tabelle 20

## EDP für die Motorenklasse NRG

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	EDP (Stunden)
NRG	alle	konstant	$P > 560$	NRG-v-1	8 000
		variabel		NRG-c-1	

Tabelle 21

**EDP für die Motorenklasse NRSh**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Hubraum (cm <sup>3</sup> )	Unterklasse	EDP (Stunden)
NRSh	SI	variabel oder konstant	0 < P < 19	SV < 50	NRSh-v-1a	50/125/300 <sup>(1)</sup>
				SV ≥ 50	NRSh-v-1b	

<sup>(1)</sup> Die EDP-Stunden entsprechen den EDP-Klassen Klasse 1/Klasse 2/Klasse 3 gemäß Anhang 8 Tabelle A.8-2 dieser Regelung.

Tabelle 22

**EDP für die Motorenklasse NRS**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Hubraum (cm <sup>3</sup> )	Unterklasse	EDP (Stunden)
NRS	SI	variabel, Nenndrehzahl oder konstant	0 < P < 19	80 ≤ SV < 225	NRS-vr-1a	125/250/500 <sup>(1)</sup>
		variabel, Zwischendrehzahl			NRS-vi-1a	
		variabel, Nenndrehzahl oder konstant		SV ≥ 225	NRS-vr-1b	250/500/1 000 <sup>(1)</sup>
		variabel, Zwischendrehzahl			NRS-vi-1b	
		variabel oder konstant	19 ≤ P < 30	SV ≤ 1 000	NRS-v-2a	1 000
				SV > 1000	NRS-v-2b	5 000
		variabel oder konstant	30 ≤ P < 56	alle	NRS-v-3	5 000

<sup>(1)</sup> Die EDP-Stunden entsprechen den EDP-Klassen Klasse 1/Klasse 2/Klasse 3 gemäß Anhang 8 Tabelle A.8-2 dieser Regelung.

Tabelle 23

**EDP für die Motorenklasse SMB**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	EDP (Stunden)
SMB	SI	variabel oder konstant	P > 0	SMB-v-1	400 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Wahlweise ist eine Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode (EDP) von 8 000 km zulässig.

Tabelle 24

**EDP für die Motorenklasse ATS**

Klasse	Art der Zündung	Drehzahl	Leistungsbereich (kW)	Unterklasse	EDP (Stunden)
ATS	SI	variabel oder konstant	P > 0	ATS-v-1	500/1 000 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Die EDP-Stunden entsprechen folgenden Gesamthubräumen: < 100 cm<sup>3</sup>/≥ 100 cm<sup>3</sup>.

## ANLAGE 4

**ANFORDERUNGEN FÜR SPEZIFIZIERTE KRAFTSTOFFE, KRAFTSTOFFMISCHUNGEN ODER KRAFTSTOFFEMULSIONEN**

- A.4.1. Anforderungen an mit Flüssigkraftstoffen betriebene Motoren
- A.4.1.1. Bei der Beantragung einer Genehmigung können die Hersteller in Bezug auf die Kraftstofffähigkeit des Motors eine der folgenden Optionen wählen:
- a) Motor mit normaler Kraftstofffähigkeit gemäß den Anforderungen in Absatz A.4.1.2 oder
  - b) kraftstoffspezifischer Motor gemäß den Anforderungen in Absatz A.4.1.3.
- A.4.1.2. Anforderungen an einen Motor mit normaler Kraftstofffähigkeit (Diesel, Benzin)
- Ein Motor mit normaler Kraftstofffähigkeit muss die in den Absätzen A.4.1.2.1 bis A.4.1.2.4 angegebenen Anforderungen erfüllen.
- A.4.1.2.1. Der Stammmotor muss die in Anlage 2 dieser Regelung angegebenen anzuwendenden Grenzwerte und die in dieser Regelung angegebenen anderen Anforderungen erfüllen, wenn der Motor mit den in Anhang 6 Absätze 1.1 oder 2.1 genannten Bezugskraftstoffen betrieben wird.
- A.4.1.2.2. In Ermangelung einer internationalen Norm für nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl muss der Diesel-Bezugskraftstoff (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl) in Anhang 6 handelsüblichen, nicht für den Straßenverkehr bestimmten Gasölen mit einem Schwefelgehalt nicht höher als 10 mg/kg, einer Cetanzahl von mindestens 45 und einem Fettsäuremethylestergehalt (im Folgenden „FAME“) von höchstens 8,0 % v/v entsprechen. Der Hersteller gibt den Endnutzern eine entsprechende Erklärung gemäß den Anforderungen von Anlage 6 dieser Regelung ab, dass der Betrieb des Motors mit nicht für den Straßenverkehr bestimmtem Gasöl auf Kraftstoffe mit einem Schwefelgehalt von höchstens 10 mg/kg (20 mg/kg am letzten Punkt der Verteilung), einer Cetanzahl von mindestens 45 und einem FAME-Gehalt von höchstens 8,0 % v/v begrenzt ist, es sei denn, die Absätze A.4.1.2.2.1, A.4.1.2.3 und A.4.1.2.4 lassen etwas anderes zu. Der Hersteller kann fakultativ andere Kenngrößen angeben (z. B. für die Schmierfähigkeit).
- A.4.1.2.2.1. Der Motorhersteller darf zu keinem Zeitpunkt angeben, dass ein Motortyp oder eine Motorenfamilie innerhalb des Hoheitsgebiets einer Vertragspartei mit anderen handelsüblichen Kraftstoffen als denen, die den Anforderungen in diesem Absatz entsprechen, betrieben werden darf, es sei denn, der Hersteller erfüllt auch die Anforderung in Absatz A.4.1.2.3.
- a) Für Benzin gilt die CEN-Norm EN 228:2012. Schmieröl kann entsprechend den Angaben des Herstellers zugesetzt werden.
  - b) Für Diesel (außer nicht für den Straßenverkehr zugelassenes Gasöl) gilt die CEN-Norm EN 590:2013.
  - c) Für Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl) gelten ein höchstzulässiger Schwefelgehalt von 10 mg/kg sowie eine Cetanzahl von mindestens 45 und ein FAME-Gehalt von höchstens 8,0 % v/v.
- A.4.1.2.3. Gestattet der Hersteller den Betrieb von Motoren mit anderen handelsüblichen Kraftstoffen als den in Absatz A.4.1.2.2 genannten, etwa den Betrieb mit B100 (EN 14214:2012+A1:2014), B20 oder B30 (EN 16709:2015) oder mit bestimmten Kraftstoffen, Kraftstoff-Gemischen oder Kraftstoff-Emulsionen, muss der Hersteller zusätzlich zu den in Absatz A.4.1.2.2.1 genannten Anforderungen alle nachfolgend aufgeführten Maßnahmen ergreifen:
- a) im Beschreibungsbogen, der in Anhang 1A enthalten ist, die Spezifikation der handelsüblichen Kraftstoffe, Kraftstoff-Gemische oder -Emulsionen angeben, mit denen die Motorenfamilie betrieben werden kann;
  - b) nachweisen, dass der Stammmotor in der Lage ist, die Anforderungen dieser Regelung in Bezug auf die angegebenen Kraftstoffe, Kraftstoff-Gemische oder -Emulsionen zu erfüllen;
  - c) sich verpflichten, die Anforderungen für die Überwachung während des Betriebs zu erfüllen, die von einer Vertragspartei hinsichtlich der angegebenen Kraftstoffe, Kraftstoff-Gemische oder -Emulsionen vorgeschrieben sind, einschließlich jeder Mischung aus den angegebenen Kraftstoffen, Kraftstoff-Gemischen oder -Emulsionen und dem entsprechenden handelsüblichen Kraftstoff nach Absatz A.4.1.2.2.1.
- A.4.1.2.4. Bei Fremdzündungsmotoren muss das Mischungsverhältnis von Kraftstoff und Öl der in Anlage 6 dieser Regelung enthaltenen Empfehlung des Herstellers entsprechen. Der Prozentsatz von Öl in der Kraftstoff-/Schmierstoff-Mischung muss in dem in Anhang 1A enthaltenen Beschreibungsbogen angegeben sein.

- A.4.1.3. Anforderungen an einen kraftstoffspezifischen (ED 95 oder E 85) Motor
- Ein kraftstoffspezifischer (ED 95 oder E 85) Motor muss die in den Absätzen A.4.1.3.1 und A.4.1.3.2 angegebenen Anforderungen erfüllen.
- A.4.1.3.1. Für ED 95 muss der Stammmotor die in Anlage 2 dieser Regelung angegebenen anzuwendenden Grenzwerte einhalten und die in dieser Regelung enthaltenen Anforderungen erfüllen, wenn der Motor mit dem in Anhang 6 Absatz 1.2 genannten Bezugskraftstoff betrieben wird.
- A.4.1.3.2. Für E 85 muss der Stammmotor die in Anlage 2 dieser Regelung angegebenen anzuwendenden Grenzwerte einhalten und die in dieser Regelung enthaltenen Anforderungen erfüllen, wenn der Motor mit dem in Anhang 6 Absatz 2.2 genannten Bezugskraftstoff betrieben wird.
- A.4.2. Anforderungen an Motoren, die mit Erdgas/Biomethan (NG) oder Flüssiggas (LPG) betrieben werden, einschließlich Zweistoffmotoren
- A.4.2.1. Bei der Beantragung einer Typgenehmigung können die Hersteller in Bezug auf die Kraftstofffähigkeit des Motors eine der folgenden Optionen wählen:
- Motor mit Vielstofffähigkeit gemäß den Anforderungen in Absatz A.4.2.3;
  - Motor mit beschränkter Kraftstofffähigkeit gemäß den Anforderungen in Absatz A.4.2.4;
  - kraftstoffspezifischer Motor gemäß den Anforderungen in Absatz A.4.2.5.
- A.4.2.2. In Absatz A.4.3 sind die Anforderungen für die Typgenehmigung von mit Erdgas/Biomethan (NG) oder Flüssiggas (LPG) betriebenen Motoren und von Zweistoffmotoren tabellarisch zusammengefasst.
- A.4.2.3. Anforderungen an einen Motor mit Vielstofffähigkeit
- A.4.2.3.1. Bei mit Erdgas/Biomethan betriebenen Motoren, einschließlich Zweistoffmotoren, muss der Hersteller nachweisen, dass die Stammmotoren in der Lage sind, sich an jede am Markt möglicherweise angebotene Erdgas-/Biomethanzusammensetzung anzupassen. Dieser Nachweis muss nach diesem Absatz A.4.2 erbracht werden, sowie bei Zweistoffmotoren auch gemäß den zusätzlichen Bestimmungen für das Verfahren für die Anpassung an den Kraftstoff gemäß Anhang 7 Absatz 6.4.
- A.4.2.3.1.1. Bei komprimiertem Erdgas/Biomethan (CNG) gibt es in der Regel zwei Arten von Kraftstoff: Kraftstoff mit hohem Heizwert („Gasgruppe H“) und Kraftstoff mit niedrigem Heizwert („Gasgruppe L“), innerhalb der beiden Gruppen ist die Spannbreite jedoch groß; erhebliche Unterschiede treten in Bezug auf den mit dem Wobbe-Index ausgedrückten Energiegehalt und den  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor ( $S_\lambda$ ) auf. Erdgas mit einem  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor zwischen 0,89 und 1,08 ( $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$ ) wird der Gasgruppe H zugerechnet, während Erdgas mit einem  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor zwischen 1,08 und 1,19 ( $1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$ ) der Gasgruppe L zugerechnet wird. Die Zusammensetzung der Bezugskraftstoffe trägt der extremen Veränderlichkeit von  $S_\lambda$  Rechnung.
- Der Stammmotor muss mit den in Anhang 6 spezifizierten Bezugskraftstoffen  $G_R$  (Kraftstoff 1) und  $G_{25}$  (Kraftstoff 2) oder den entsprechenden Kraftstoffen, die durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen gemäß Anhang 6 Anlage A.1 entstehen, die Anforderungen dieser Regelung erfüllen, ohne dass zwischen den beiden Prüfungen eine manuelle Neueinstellung des Kraftstoffzufuhrsystems des Motors erforderlich ist (Selbstanpassung vorgeschrieben). Nach dem Kraftstoffwechsel ist ein Anpassungslauf zulässig. Beim Anpassungslauf wird die Vorkonditionierung für die anschließende Emissionsprüfung gemäß den jeweiligen Prüfzyklen durchgeführt. Bei Motoren, die der NRSC-Prüfung unterzogen werden und bei denen der Vorkonditionierungszyklus für die Kraftstoff-Selbstanpassung nicht geeignet ist, kann vor der Vorkonditionierung des Motors ein vom Hersteller spezifizierter alternativer Anpassungslauf durchgeführt werden.
- A.4.2.3.1.1.1. Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit einem dritten Kraftstoff (Kraftstoff 3) geprüft werden, wenn der  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor ( $S_\lambda$ ) zwischen 0,89 (d. h. im unteren Bereich von  $G_R$ ) und 1,19 (d. h. im oberen Bereich von  $G_{25}$ ) liegt, z. B. wenn Kraftstoff 3 ein handelsüblicher Kraftstoff ist. Die Ergebnisse dieser Prüfung können als Grundlage für die Bewertung der Übereinstimmung der Produktion herangezogen werden.
- A.4.2.3.1.2. Bei Motoren, die mit Flüssigerdgas/verflüssigtem Biomethan (LNG) betrieben werden, muss der Stammmotor mit den in Anhang 6 dieser Regelung spezifizierten Bezugskraftstoffen  $G_R$  (Kraftstoff 1) und  $G_{20}$  (Kraftstoff 2) oder den entsprechenden Kraftstoffen, die durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen gemäß Anhang 6 Anlage A.1 entstehen, die Anforderungen dieser Regelung erfüllen, ohne dass zwischen den beiden Prüfungen eine manuelle Neueinstellung des Kraftstoffzufuhrsystems des Motors erforderlich ist (Selbstanpassung vorgeschrieben). Nach dem Kraftstoffwechsel ist ein Anpassungslauf zulässig. Beim Anpassungslauf wird die Vorkonditionierung für die anschließende Emissionsprüfung gemäß den jeweiligen Prüfzyklen durchgeführt. Bei Motoren, die der NRSC-Prüfung unterzogen werden und bei denen der Vorkonditionierungszyklus für die Kraftstoff-Selbstanpassung nicht geeignet ist, kann vor der Vorkonditionierung des Motors ein vom Hersteller spezifizierter alternativer Anpassungslauf durchgeführt werden.

- A.4.2.3.2. Im Fall eines mit komprimiertem Erdgas/Biomethan (CNG) betriebenen Motors, der sich an die Gasgruppe H einerseits und die Gasgruppe L andererseits selbst anpassen kann und bei dem die Umschaltung zwischen der Gasgruppe H und der Gasgruppe L mittels eines Schalters erfolgt, ist der Stammmotor bei jeder Schalterstellung mit dem jeweiligen in Anhang 6 für jede Gasgruppe spezifizierten Bezugskraftstoff zu prüfen. Die Kraftstoffe sind  $G_R$  (Kraftstoff 1) und  $G_{23}$  (Kraftstoff 3) für die Gasgruppe H und  $G_{25}$  (Kraftstoff 2) und  $G_{23}$  (Kraftstoff 3) für die Gasgruppe L oder die entsprechenden Kraftstoffe, die durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen gemäß Anhang 6 Anlage A.1 entstehen. Der Stammmotor muss die Anforderungen dieser Regelung in beiden Schalterstellungen erfüllen, ohne dass zwischen den beiden Prüfungen bei der jeweiligen Schalterstellung eine Neueinstellung der Kraftstoffzufuhr erfolgt. Nach dem Kraftstoffwechsel ist ein Anpassungslauf zulässig. Beim Anpassungslauf wird die Vorkonditionierung für die anschließende Emissionsprüfung gemäß den jeweiligen Prüfzyklen durchgeführt. Bei Motoren, die der NRSC-Prüfung unterzogen werden und bei denen der Vorkonditionierungszyklus für die Kraftstoff-Selbstanpassung nicht geeignet ist, kann vor der Vorkonditionierung des Motors ein vom Hersteller spezifizierter alternativer Anpassungslauf durchgeführt werden.
- A.4.2.3.2.1. Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit einem dritten Kraftstoff (Kraftstoff 3) anstelle von  $G_{23}$  geprüft werden, wenn der  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor ( $S_\lambda$ ) zwischen 0,89 (d. h. im unteren Bereich von  $G_R$ ) und 1,19 (d. h. im oberen Bereich von  $G_{25}$ ) liegt, z. B. wenn Kraftstoff 3 ein handelsüblicher Kraftstoff ist. Die Ergebnisse dieser Prüfung können als Grundlage für die Bewertung der Übereinstimmung der Produktion herangezogen werden.
- A.4.2.3.3. Bei Erdgas-/Biomethanmotoren ist das Verhältnis der Emissionsmessergebnisse „r“ für jeden Schadstoff wie folgt zu ermitteln:

$$r = \frac{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 2}}{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 1}}$$

oder

$$r_a = \frac{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 2}}{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 3}}$$

und

$$r_b = \frac{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 1}}{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 3}}$$

- A.4.2.3.4. Bei Flüssiggasbetrieb muss der Hersteller nachweisen, dass die Stammmotoren in der Lage sind, sich an jede am Markt möglicherweise angebotene Kraftstoffzusammensetzung anzupassen.

Bei Flüssiggas gibt es Unterschiede bei der Zusammensetzung aus C3/C4. Diese Unterschiede werden bei den Bezugskraftstoffen deutlich. Der Stammmotor muss die Emissionsanforderungen hinsichtlich der Bezugskraftstoffe A und B gemäß der Beschreibung in Anhang 6 erfüllen, ohne dass zwischen den beiden Prüfungen eine Neueinstellung der Kraftstoffzufuhr erfolgt. Nach dem Kraftstoffwechsel ist ein Anpassungslauf zulässig. Beim Anpassungslauf wird die Vorkonditionierung für die anschließende Emissionsprüfung gemäß den jeweiligen Prüfzyklen durchgeführt. Bei Motoren, die der NRSC-Prüfung unterzogen werden und bei denen der Vorkonditionierungszyklus für die Kraftstoff-Selbstanpassung nicht geeignet ist, kann vor der Vorkonditionierung des Motors ein vom Hersteller spezifizierter alternativer Anpassungslauf durchgeführt werden.

- A.4.2.3.4.1. Das Verhältnis der Emissionsmessergebnisse „r“ für jeden Schadstoff ist wie folgt zu ermitteln:

$$r = \frac{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff B}}{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff A}}$$

- A.4.2.4. Anforderungen an einen Motor mit beschränkter Kraftstofffähigkeit

Ein Motor mit beschränkter Kraftstofffähigkeit muss die in den Absätzen A.4.2.4.1 bis A.4.2.4.3 angegebenen Anforderungen erfüllen.

- A.4.2.4.1. Typgenehmigung hinsichtlich der Abgasemissionen eines Motors, der mit CNG betrieben wird und für den Betrieb entweder mit der Gasgruppe H oder mit der Gasgruppe L ausgelegt ist.

- A.4.2.4.1.1. Der Stammmotor ist mit dem entsprechenden Bezugskraftstoff gemäß Anhang 6 für die jeweilige Gasgruppe zu prüfen. Die Kraftstoffe sind  $G_R$  (Kraftstoff 1) und  $G_{23}$  (Kraftstoff 3) für die Gasgruppe H und  $G_{25}$  (Kraftstoff 2) und  $G_{23}$  (Kraftstoff 3) für die Gasgruppe L oder die entsprechenden Kraftstoffe, die durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen gemäß Anhang 6 Anlage A.1 entstehen. Der Stammmotor muss die Anforderungen dieser Regelung erfüllen, ohne dass zwischen den beiden Prüfungen eine Neueinstellung der Kraftstoffzufuhr erfolgt. Nach dem Kraftstoffwechsel ist ein Anpassungslauf zulässig. Beim Anpassungslauf wird die Vorkonditionierung für die anschließende Emissionsprüfung gemäß den jeweiligen Prüfzyklen durchgeführt. Bei Motoren, die der NRSC-Prüfung unterzogen werden und bei denen der Vorkonditionierungszyklus für die Kraftstoff-Selbstanpassung nicht geeignet ist, kann vor der Vorkonditionierung des Motors ein vom Hersteller spezifizierter alternativer Anpassungslauf durchgeführt werden.

A.4.2.4.1.2. Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit einem dritten Kraftstoff (Kraftstoff 3) anstelle von  $G_{23}$  geprüft werden, wenn der  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor ( $S_\lambda$ ) zwischen 0,89 (d. h. im unteren Bereich von  $G_R$ ) und 1,19 (d. h. im oberen Bereich von  $G_{25}$ ) liegt, z. B. wenn Kraftstoff 3 ein handelsüblicher Kraftstoff ist. Die Ergebnisse dieser Prüfung können als Grundlage für die Bewertung der Übereinstimmung der Produktion herangezogen werden.

A.4.2.4.1.3. Das Verhältnis der Emissionsmessergebnisse „r“ für jeden Schadstoff ist wie folgt zu ermitteln:

$$r = \frac{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 2}}{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 1}}$$

oder

$$r_a = \frac{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 2}}{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 3}}$$

und

$$r_b = \frac{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 1}}{\text{Emissionsergebnis Bezugskraftstoff 3}}$$

A.4.2.4.2. Genehmigung hinsichtlich der Abgasemissionen eines Motors, der mit Erdgas oder Flüssiggas betrieben wird und für den Betrieb mit Kraftstoff einer bestimmten Zusammensetzung ausgelegt ist.

A.4.2.4.2.1. Der Stammmotor muss im Falle von CNG den Emissionsanforderungen für die Bezugskraftstoffe  $G_R$  und  $G_{25}$  oder die entsprechenden Kraftstoffe, die durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen gemäß Anhang 6 Anlage A.1 entstehen, entsprechen; im Falle von LNG muss er den Emissionsanforderungen für die Bezugskraftstoffe  $G_R$  und  $G_{20}$  oder die entsprechenden Kraftstoffe, die durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen gemäß Anhang 6 Anlage A.2 entstehen, entsprechen; im Falle von LPG muss er den Emissionsanforderungen für die Bezugskraftstoffe A und B gemäß Anhang 6 entsprechen. Zwischen den Prüfungen ist eine Feinabstimmung des Kraftstoffsystems zulässig. Diese Feinabstimmung besteht in einer Nachkalibrierung der Datenbasis des Kraftstoffsystems, ohne dass es zu einer Änderung der grundlegenden Steuerstrategie oder der grundlegenden Struktur der Datenbasis kommt. Erforderlichenfalls ist der Austausch von Teilen zulässig, die unmittelbaren Einfluss auf den Kraftstoffdurchsatz haben (z. B. Einspritzdüsen).

A.4.2.4.2.2. Im Falle von CNG kann der Motor auf Ersuchen des Herstellers mit den Bezugskraftstoffen  $G_R$  und  $G_{23}$  oder mit den Bezugskraftstoffen  $G_{25}$  und  $G_{23}$  oder mit den entsprechenden Kraftstoffen, die durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen gemäß Anhang 6 Anlage A.1 entstehen, geprüft werden; in diesem Fall gilt die Typgenehmigung nur für die Gasgruppe H bzw. die Gasgruppe L.

A.4.2.5. Anforderungen an einen kraftstoffspezifischen Motor, der mit Flüssigerdgas/Flüssigbiomethan (LNG) betrieben wird

Ein kraftstoffspezifischer Motor, der mit Flüssigerdgas/Flüssigbiomethan (LNG) betrieben wird, muss die in den Absätzen A.4.2.5.1 und A.4.2.5.2 angegebenen Anforderungen erfüllen.

A.4.2.5.1. Bedingungen für die Beantragung der Typgenehmigung für einen kraftstoffspezifischen Motor, der mit Flüssigerdgas/Flüssigbiomethan (LNG) betrieben wird

A.4.2.5.1.1. Der Hersteller kann nur dann einen Antrag auf Erteilung einer kraftstoffspezifischen Typgenehmigung stellen, wenn der Motor für eine spezielle LNG-Gaszusammensetzung kalibriert ist, woraus ein  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor des in Anhang 6 genannten  $G_{20}$ -Kraftstoffs abweicht, und dessen Ethan-Gehalt 1,5 % nicht übersteigt.

A.4.2.5.1.2. In allen anderen Fällen beantragt der Hersteller eine Typgenehmigung für einen Motor mit Vielstofffähigkeit gemäß den Bestimmungen in Absatz A.4.2.1.3.2.

A.4.2.5.2. Besondere Prüfanforderungen bei einem kraftstoffspezifischen Zweistoffmotor (LNG)

A.4.2.5.2.1. Bei einer Zweistoff-Motorenfamilie, deren Motoren für eine spezielle LNG-Gaszusammensetzung kalibriert sind, woraus ein  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem  $\lambda$ -Verschiebungsfaktor des in Anhang 6 genannten  $G_{20}$ -Kraftstoffs abweicht, und dessen Ethan-Gehalt 1,5 % nicht übersteigt, ist der Stammmotor gemäß den Bestimmungen von Anhang 6 Anlage A.1 nur mit dem  $G_{20}$ -Bezugsgaskraftstoff oder mit dem entsprechenden Kraftstoff, der durch Beimischung von Leitungsgas zu anderen Gasen entsteht, zu prüfen.

## A.4.2.6. Typgenehmigung der Abgasemissionen von Motoren einer Motorenfamilie

A.4.2.6.1. Außer in dem in Absatz A.4.2.6.2 genannten Fall wird die Typgenehmigung eines Stammotors für jede Kraftstoffzusammensetzung innerhalb derselben Gasgruppe, für die die Typgenehmigung des Stammotors gilt (im Fall von Motoren nach Absatz A.4.2.5), oder für dieselben Kraftstoffe, für die die Typgenehmigung des Stammotors gilt (im Fall von Motoren nach Absatz A.4.2.3 oder A.4.2.4), ohne erneute Prüfung auf alle Motoren einer Motorenfamilie erweitert.

A.4.2.6.2. Stellt der technische Dienst fest, dass der eingereichte Antrag hinsichtlich des ausgewählten Stammotors für die in Absatz 7 dieser Regelung beschriebene Motorenfamilie nicht vollständig repräsentativ ist, so kann er einen anderen und gegebenenfalls einen zusätzlichen Bezugsprüfmotor auswählen und prüfen.

## A.4.2.7. Zusätzliche Anforderungen an Zweistoffmotoren

Um eine Typgenehmigung für einen Zweistoffmotor oder eine Zweistoffmotorenfamilie zu erhalten, muss der Hersteller:

- die Prüfungen gemäß Tabelle 25 durchführen;
- zusätzlich zu den Anforderungen in Absatz A.4.2 nachweisen, dass die Zweistoffmotoren den Prüfungen unterzogen werden und den Anforderungen in Anhang 7 entsprechen.

## A.4.3. Zusammenfassung des Genehmigungsverfahrens für mit Erdgas und LPG betriebene Motoren einschließlich Zweistoffmotoren

A.4.3.1. Die Tabellen 19 bis 21 enthalten eine Zusammenfassung des Genehmigungsverfahrens für mit Erdgas und LPG betriebene Motoren und der Mindestanzahl der für die Typgenehmigung von Zweistoffmotoren erforderlichen Prüfungen.

Tabelle 25

## Typgenehmigung von mit Erdgas betriebenen Motoren

	Absatz A.4.2.3: Anforderungen an einen Motor mit Vielstofffähigkeit	Anzahl der Prüfläufe	Berechnung von „r“	Absatz A.4.2.4: Anforderungen an einen Motor mit beschränkter Kraft- stofffähigkeit	Anzahl der Prüfläufe	Berechnung von „r“
Siehe Absatz A.4.2.3. 1 Erdgasmotor mit Anpassung an jede Kraftst- offzusammen- setzung	$G_R$ (1) und $G_{25}$ (2) Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit einem zusätzli- chen han- delsüblichen Kraftstoff (3) geprüft werden, wenn $0,89 \leq S_\lambda$ $\leq 1,19$	2  (höchstens 3)	$r = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel1(G_R)}$ und, falls mit einem zusätzlichen Kraftst- off geprüft, $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(market\ fuel)}$ und $r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$			
Siehe Absatz A.4.2.3.2 Erdgasmotor mit Umschaltung durch Schalter	$G_R$ (1) und $G_{23}$ (3) für H und $G_{25}$ (2) und $G_{23}$ (3) für L Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit einem markt- üblichen Kraftst- stoff (Kraftstoff 3) anstelle von $G_{23}$ geprüft werden, wenn $0,89 \leq S_\lambda$ $\leq 1,19$	2 für die Gasgruppe H und 2 für die Gasgruppe L bei der jew- eiligen Schal- terstellung	$r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ und $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$			

	Absatz A.4.2.3: Anforderungen an einen Motor mit Vielstofffähigkeit	Anzahl der Prüfläufe	Berechnung von „r“	Absatz A.4.2.4: Anforderungen an einen Motor mit beschränkter Kraft- stofffähigkeit	Anzahl der Prüfläufe	Berechnung von „r“
Siehe Absatz A.4.2.4.1 Erdgasmotor für den Betrieb mit Kraftstoff ent- weder der Gasgruppe H oder L				$G_R$ (1) und $G_{23}$ (3) für H oder $G_{25}$ (2) und $G_{23}$ (3) für L  Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit einem markt- üblichen Kraft- stoff (Kraftstoff 3) anstelle von $G_{23}$ geprüft werden, wenn $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,19$	2 für die Gasgrup- pe H oder 2 für die Gasgrup- pe L  2	$r_s = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23} \text{ or market fuel})}$ für die Gasgruppe H oder $r_s = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(G_{23} \text{ or market fuel})}$ für die Gasgruppe L
Siehe Absatz A.4.2.4.2 Erdgasmotor für den Betrieb mit Kraftstoff einer bestimmten Zusammen- setzung				$G_R$ (1) und $G_{25}$ (2), zwischen den Prüfungen ist eine Feinabstim- mung zulässig;  Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit folgenden Kraft- stoffen geprüft werden: $G_R$ (1) und $G_{23}$ (3) für H oder $G_{25}$ (2) und $G_{23}$ (3) für L	2  2 für die Gasgrup- pe H oder 2 für die Gasgrup- pe L	

Tabelle 26

**Typgenehmigung von mit LPG betriebenen Motoren**

	Absatz A.4.2.3: Anforderungen an einen Motor mit Vielstofffähigkeit	Anzahl der Prü- fläufe	Berechnung von „r“	Absatz A.4.2.4: Anforderungen an einen Motor mit beschränkter Kraft- stofffähigkeit	Anzahl der Prü- fläufe	Berechnung von „r“
Siehe Absatz A.4.2.3.4 Flüssiggas-Motor mit Anpassung an jede Kraftst- offzusammen- setzung	Kraftstoff A und Kraftstoff B	2	$r = \frac{fuel B}{fuel A}$			
Siehe Absatz A.4.2.4.2 Flüssiggas-Motor für den Betrieb mit Kraftstoff einer bestimmten Zusammen- setzung				Kraftstoff A und Kraftstoff B zwischen den Prüfungen ist eine Feinabstimmung zulässig	2	

Tabelle 27

**Mindestanzahl der für die Typgenehmigung von Zweistoffmotoren erforderlichen Prüfungen**

Zweistoffmotortyp	Flüssigkraftstoffbetrieb	Zweistoffbetrieb			
		komprimiertes Erdgas (CNG)	Flüssigerdgas (LNG)	LNG <sub>20</sub>	LPG
1 A		Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)	Vielstofffähigkeit (2 Prüfungen)	kraftstoffspezifisch (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)
1 B	Vielstofffähigkeit (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)	Vielstofffähigkeit (2 Prüfungen)	kraftstoffspezifisch (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)
2A		Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)	Vielstofffähigkeit (2 Prüfungen)	kraftstoffspezifisch (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)
2 B	Vielstofffähigkeit (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)	Vielstofffähigkeit (2 Prüfungen)	kraftstoffspezifisch (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)
3B	Vielstofffähigkeit (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)	Vielstofffähigkeit (2 Prüfungen)	kraftstoffspezifisch (1 Prüfung)	Vielstofffähigkeit oder Gasgruppeneinschränkung (2 Prüfungen)

## ANLAGE 5

**EINZELHEITEN DER EINSCHLÄGIGEN INFORMATIONEN UND ANWEISUNGEN FÜR ORIGINALGERÄTEHERSTELLER**

- A.5.1. Der Hersteller stellt dem Originalgerätehersteller gemäß Absatz 6.1 alle sachdienlichen Informationen und Anweisungen zur Verfügung, um sicherzustellen, dass der Motor beim Einbau in nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte und in Fahrzeuge der Klasse T mit dem genehmigten Motortyp übereinstimmt. Die zu diesem Zweck erteilten Anweisungen sind dem Originalgerätehersteller deutlich kenntlich zu machen.
- A.5.2. Die Anweisungen können auf Papier oder in einem allgemein üblichen elektronischen Format erteilt werden.
- A.5.3. Erhält ein und derselbe Originalgerätehersteller mehrere Motoren, zu denen die gleichen Anweisungen nötig sind, so ist die einmalige Erteilung der Anweisungen ausreichend.
- A.5.4. Die Informationen und Anweisungen für Originalgerätehersteller umfassen zumindest Folgendes:
- A.5.4.1. zum Erzielen der Emissionsleistung des betreffenden Motortyps einschließlich der Emissionsminderungsanlage einzuhaltende Einbauerfordernisse, die berücksichtigt werden müssen, um die ordnungsgemäße Funktion der Emissionsminderungsanlage sicherzustellen;
- A.5.4.2. eine Beschreibung etwaiger besonderer Bedingungen oder Einschränkungen im Zusammenhang mit dem Einbau oder dem Betrieb des Motors laut Mitteilung gemäß Anhang 2;
- A.5.4.3. einen Hinweis darauf, dass der Motor durch den Einbau nicht dauerhaft so stark gedrosselt werden darf, dass er ausschließlich in einem Leistungsbereich funktioniert, der einer (Unter-)Klasse entspricht, für die strengere Emissionsgrenzwerte für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel gelten als für die (Unter-)Klasse, zu der der Motor gehört;
- A.5.4.4. bei Motorenfamilien, für die Absatz 5.6 dieser Regelung gilt, die oberen und unteren Grenzen des geltenden Prüfbereichs sowie einen Hinweis darauf, dass der Motor durch den Einbau nicht dauerhaft so stark gedrosselt werden darf, dass er ausschließlich bei Drehzahlen und Lastpunkten funktioniert, die außerhalb des Prüfbereichs für die Drehmomentkurve des Motors liegen;
- A.5.4.5. gegebenenfalls Konstruktionsanforderungen an die vom Originalgerätehersteller bereitgestellten Bauteile, die nicht Bestandteil des Motors sind und benötigt werden, um sicherzustellen, dass dieser nach dem Einbau dem genehmigten Motortyp entspricht;
- A.5.4.6. gegebenenfalls Anforderungen an die Auslegung des Reagensbehälters, u. a. in Bezug auf Frostschutz, Füllstandüberwachung und Möglichkeiten zur Entnahme einer Probe des Reagens;
- A.5.4.7. gegebenenfalls Informationen zum möglichen Einbau eines unbeheizten Reagenssystems;
- A.5.4.8. Reserviert
- A.5.4.9. gegebenenfalls einen Hinweis darauf, dass der Originalgerätehersteller ein Warnsystem gemäß Anhang 9 Anlagen A.1 und A.2 bereitzustellen hat;
- A.5.4.10. gegebenenfalls Informationen zur Schnittstelle zwischen dem Motor und den nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T für das in Absatz A.5.4.9 genannte Warnsystem für das Bedienpersonal;
- A.5.4.11. gegebenenfalls Informationen zur Schnittstelle zwischen dem Motor und den nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T für das in Anhang 9 genannte Aufforderungssystem für das Bedienpersonal;
- A.5.4.12. gegebenenfalls Informationen über eine Funktion zur zeitweiligen Deaktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal gemäß Anhang 9;
- A.5.4.13. gegebenenfalls Informationen über die Funktion zur Übersteuerung des Aufforderungssystems gemäß Anhang 9;

A.5.4.14. bei Zweistoffmotoren:

- a) einen Hinweis darauf, dass der Originalgerätehersteller einen Zweistoffbetriebsanzeiger gemäß Anhang 7 Anlage A.5 bereitzustellen hat;
- b) einen Hinweis darauf, dass der Originalgerätehersteller ein Zweistoff-Warnsystem gemäß Anhang 7 Anlage A.5 bereitzustellen hat;
- c) gegebenenfalls Informationen zur Schnittstelle zwischen dem Motor und den nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T für das Anzeige- und Warnsystem für das Bedienpersonal nach den Absatz A.5.4.14 Buchstaben a und b;

A.5.4.15. Reserviert

A.5.4.16. bei einem für andere Drehzahlen eingerichteten Motor mit konstanter Drehzahl gemäß Anhang 10 Absatz 1.1.2.3:

- a) einen Hinweis darauf, dass der Einbau des Motors sicherstellen muss, dass
  - i) der Motor angehalten wird, bevor der Regler für die konstante Drehzahl auf eine andere Drehzahl eingestellt wird, und
  - ii) der Regler für die konstante Drehzahl nur auf die Drehzahl eingestellt wird, die der Motorhersteller zugelassen hat;
- b) Einzelheiten zu allen (Unter-)Klassen und Betriebsarten (Drehzahlen), für die der Motor typgenehmigt ist und beim Einbau eingerichtet werden darf;

A.5.4.17. falls bei dem Motor eine Leerlaufdrehzahl für das Anlaufen und das Abstellen vorgesehen ist, einen Hinweis darauf, dass der Einbau des Motors sicherstellen muss, dass die Regelfunktion für die konstante Drehzahl eingeschaltet ist, bevor von der Einstellung ohne Last aus die Lastanforderung an den Motor erhöht wird.

A.5.5. Der Hersteller dem Originalgerätehersteller alle Informationen und notwendigen Anweisungen zur Verfügung, die der Originalgerätehersteller gemäß Anlage 6 dieser Regelung dem Endnutzer zur Verfügung stellt.

A.5.6. Der Hersteller teilt dem Originalgerätehersteller den im Zuge des Typgenehmigungsverfahrens ermittelten und in der Mitteilung zum Motor verzeichneten Wert der Kohlendioxid-Emissionen (CO<sub>2</sub>) in g/kWh mit. Der Originalgerätehersteller teilt diesen Wert dem Endnutzer zusammen mit folgendem Hinweis mit: „Dieser CO<sub>2</sub>-Emissionswert ist das Ergebnis der Prüfung eines für den Motortyp bzw. die Motorenfamilie repräsentativen (Stamm-)Motors in einem festen Prüfzyklus unter Laborbedingungen und stellt keine ausdrückliche oder implizite Garantie der Leistung eines bestimmten Motors dar, wenn dieser in einen Typ von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen oder Geräten oder in Fahrzeuge der Klasse T eingebaut ist“.

## ANLAGE 6

**EINZELHEITEN DER EINSCHLÄGIGEN INFORMATIONEN UND ANWEISUNGEN FÜR ENDNUTZER**

- A.6.1. Der Originalgerätehersteller stellt dem Endnutzer alle Informationen und Anweisungen zur Verfügung, die für den ordnungsgemäßen Betrieb des Motors notwendig sind, um stets die für den genehmigten Motortyp oder die genehmigte Motorenfamilie geltenden Emissionsgrenzwerte für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel einzuhalten. Die zu diesem Zweck erteilten Anweisungen sind den Endnutzern deutlich kenntlich zu machen.
- A.6.2. Für die Anweisungen für Endnutzer gilt Folgendes:
- A.6.2.1. Sie müssen deutlich und in einer für Laien verständlichen Sprache verfasst sein, wobei dieselben Begriffe zu verwenden sind wie in den Anweisungen für Endnutzer der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräte oder Fahrzeuge der Klasse T.
- A.6.2.2. Sie können auf Papier oder in einem allgemein üblichen elektronischen Format erteilt werden.
- A.6.2.3. Sie können Teil der Anweisungen für Endnutzer der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräte oder Fahrzeuge der Klasse T oder ein gesondertes Dokument sein.
- A.6.2.3.1. Werden sie als von den Anweisungen für Endnutzer von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T gesondertes Dokument vorgelegt, so sind sie in derselben Form bereitzustellen.
- A.6.3. Die Informationen und Anweisungen für Endnutzer umfassen zumindest Folgendes:
- A.6.3.1. eine Beschreibung etwaiger besonderer Bedingungen oder Einschränkungen im Zusammenhang mit dem Betrieb des Motors laut Mitteilung zur Typgenehmigung;
- A.6.3.2. einen Hinweis darauf, dass der Motor einschließlich Emissionsminderungsanlage nach den den Endnutzern erteilten Anweisungen betrieben, verwendet und gewartet werden muss, damit dessen Emissionsleistung stets den für die betreffende Motorenklasse geltenden Anforderungen genügt;
- A.6.3.3. einen Hinweis darauf, dass vorsätzliche Manipulationen der Emissionsminderungsanlage und deren unsachgemäßer Betrieb, insbesondere die Deaktivierung oder mangelnde Wartung eines Abgasrückführungssystems (AGR) oder eines Reagens-Dosiersystems, zu unterlassen sind;
- A.6.3.4. einen Hinweis darauf, dass bei unsachgemäßem Betrieb oder unsachgemäßer Nutzung oder Wartung der Emissionsminderungsanlage unbedingt umgehende Abhilfemaßnahmen entsprechend den Warnhinweisen gemäß den Absätzen A.6.3.5 und A.6.3.6 zu treffen sind;
- A.6.3.5. ausführliche Erläuterungen der durch unsachgemäßen Betrieb oder unsachgemäße Nutzung oder Wartung des eingebauten Motors möglicherweise verursachten Fehlfunktionen der Emissionsminderungsanlage, zugehörige Warnsignale und entsprechende Abhilfemaßnahmen;
- A.6.3.6. ausführliche Erläuterungen der durch unsachgemäße Nutzung der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräte oder Fahrzeuge der Klasse T möglicherweise verursachten Fehlfunktionen der Emissionsminderungsanlage, zugehörige Warnsignale und entsprechende Abhilfemaßnahmen;
- A.6.3.7. Reserviert
- A.6.3.8. Reserviert

- A.6.3.9. bei nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T mit einem Warnsystem für das Bedienpersonal einen Hinweis darauf, dass das Bedienpersonal bei nicht ordnungsgemäßer Funktion des Emissionsminderungssystems vom Warnsystem einen entsprechenden Hinweis erhält;
- A.6.3.10. bei nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T mit einem Aufforderungssystem für das Bedienpersonal einen Hinweis darauf, dass die Nichtbeachtung der Warnsignale für das Bedienpersonal zur Aktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal führt und die effektive Deaktivierung des Betriebs der Maschine bzw. des Geräts oder des Fahrzeugs der Klasse T nach sich zieht;
- A.6.3.11. bei nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T mit einer Funktion zur Übersteuerung des Aufforderungssystems, mit der die volle Motorleistung erreicht werden kann, um berechtigten Sicherheitsaspekten Rechnung zu tragen und eine Selbstreparaturdiagnose zu ermöglichen, Informationen über den Betrieb dieser Funktion;
- A.6.3.12. gegebenenfalls Erläuterungen zur Funktionsweise des Warn- und des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal gemäß den Absätzen A.6.3.9, A.6.3.10 und A.6.3.11; ferner ist zu erläutern, welche Folgen für Leistung und Störungsprotokollierung sich aus der Nichtbeachtung von Warnhinweisen und aus unterlassenem Nachfüllen des gegebenenfalls verwendeten Reagens oder unterlassener Fehlerbehebung ergeben;
- A.6.3.13. Reserviert
- A.6.3.14. bei nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten oder Fahrzeugen der Klasse T mit einer Funktion zur Deaktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal Informationen zum Betrieb dieser Funktion sowie einen Hinweis darauf, dass diese Funktion nur im Notfall genutzt werden darf, dass jede Aktivierung derselben im Bordcomputerprotokoll aufgezeichnet wird und dass die nationalen Kontrollbehörden solche Aufzeichnungen mit einem Lesegerät lesen können;
- A.6.3.15. Informationen über die zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Emissionsminderungsanlage erforderlichen Kraftstoffe, insbesondere:
- a) falls der Motor mit Diesel oder nicht für den Straßenverkehr bestimmtem Gasöl betrieben werden soll, einen Hinweis darauf, dass ein Kraftstoff mit einem Schwefelgehalt von höchstens 10 mg/kg (20 mg/kg am letzten Punkt der Verteilung), einer Cetanzahl von mindestens 45 und einem Fettsäuremethylestergehalt von höchstens 8 Volumenprozent zu verwenden ist;
  - b) kann der Motor nach Herstellerangabe und Angabe in der Mitteilung zur Typgenehmigung mit weiteren Kraftstoffen, Kraftstoffmischungen oder Kraftstoffemulsionen betrieben werden, so sind diese anzugeben;
- A.6.3.16. Informationen über die zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Emissionsminderungsanlage erforderliche Schmierölspezifikation;
- A.6.3.17. sofern das Emissionsminderungssystem mit einem Reagens funktioniert, die Eigenschaften desselben (Art, Konzentration in Lösung, Betriebstemperatur, Verweise auf internationale Normen für die Zusammensetzung und Qualität), die mit der Spezifikation in der Typgenehmigung des Motors in Einklang stehen müssen;
- A.6.3.18. gegebenenfalls Anweisungen mit der Angabe, ob das Bedienpersonal zwischen den planmäßigen Wartungen selbstverbrauchendes Reagens nachfüllen muss. Dabei ist das Befüllen des Reagensbehälters durch das Bedienpersonal zu beschreiben und anzugeben, mit welcher Häufigkeit je nach Verwendung der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Fahrzeugs der Klasse T ein Nachfüllen voraussichtlich erforderlich ist;
- A.6.3.19. einen Hinweis darauf, dass zur Wahrung der Emissionsleistung des Motors die Verwendung und das Nachfüllen des Reagens gemäß den Spezifikationen nach den Absätzen A.6.3.17 und A.6.3.18 wesentlich sind;
- A.6.3.20. planmäßige emissionsrelevante Wartungserfordernisse, darunter der etwaige planmäßige Austausch kritischer emissionsrelevanter Bauteile;

A.6.3.21. Bei Zweistoffmotoren:

- a) gegebenenfalls Informationen über die Zweistoffbetriebsanzeiger;
- b) bestehen bei einem Zweistoffmotor Betriebsbeschränkungen im Wartungsbetrieb, einen Hinweis darauf, dass die Aktivierung des Wartungsbetriebs die effektive Deaktivierung des Betriebs der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräte oder Fahrzeuge der Klasse T nach sich zieht;
- c) besteht eine Funktion zur Übersteuerung des Aufforderungssystems, mit der die volle Motorleistung erreicht werden kann, Informationen über deren Betrieb;

A.6.4. Der Originalgerätehersteller teilt dem Endnutzer den im Zuge des Typgenehmigungsverfahrens ermittelten und im Typgenehmigungsbogen verzeichneten Wert der Kohlendioxid-Emissionen (CO<sub>2</sub>) in g/kWh zusammen mit folgendem Hinweis mit: „Dieser CO<sub>2</sub>-Emissionswert ist das Ergebnis der Prüfung eines für den Motortyp bzw. die Motorenfamilie repräsentativen (Stamm-)Motors in einem festen Prüfzyklus unter Laborbedingungen und stellt keine ausdrückliche oder implizite Garantie der Leistung eines bestimmten Motors dar, wenn dieser in einen Typ von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen oder Geräten oder in Fahrzeuge der Klasse T eingebaut ist“.

---

## ANLAGE 7

**VERFAHREN ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION**

- A.7.1. In dieser Anlage wird das Verfahren beschrieben, mit dem auf Antrag des Herstellers die Übereinstimmung der Produktion hinsichtlich der Schadstoffemissionen überprüft wird.
- A.7.2. Bei einer Stichprobengröße von mindestens drei Motoren beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass ein zu 30 % fehlerhaftes Los eine Prüfung besteht, 0,90 (Herstellerrisiko = 10 %). Hingegen liegt die Wahrscheinlichkeit, dass ein zu 65 % fehlerhaftes Los angenommen wird, bei 0,10 (Verbraucherrisiko = 10 %).
- A.7.3. Folgendes Verfahren wird für alle Schadstoffemissionen verwendet (siehe Abbildung 4):
- Es sei: n = Stichprobengröße.
- A.7.4. Der statistische Prüfwert, der die kumulierte Anzahl an negativen Prüfungen bei der n-ten Prüfung quantifiziert, ist für die Stichprobe zu ermitteln.
- A.7.5. Dann gilt:
- Liegt der statistische Prüfwert unter dem der Stichprobengröße entsprechenden Wert für eine positive Entscheidung oder ist er gleich diesem (siehe Tabelle 28), so ist in Bezug auf den Schadstoff eine positive Entscheidung zu treffen;
  - liegt der statistische Prüfwert über dem der Stichprobengröße entsprechenden Wert für eine negative Entscheidung oder ist er gleich diesem (siehe Tabelle 28), so ist in Bezug auf den Schadstoff eine negative Entscheidung zu treffen;
  - andernfalls wird ein weiterer Motor gemäß Absatz 8.7.2 geprüft, und das Berechnungsverfahren ist auf die um eine Einheit vergrößerte Stichprobe anzuwenden.

Die Grenzwerte für positive und negative Entscheidungen der Tabelle 28 sind anhand der Internationalen Norm ISO 8422/1991 zu berechnen.

Tabelle 28

**Prüfstatistik für die Überprüfung der Übereinstimmung der Produktion**

Mindeststichprobengröße: 3 Mindeststichprobengröße für positive Entscheidung: 4

Kumulierte Anzahl der geprüften Motoren (Stichprobengröße)	Anzahl der positiven Entscheidungen	Anzahl der negativen Entscheidungen
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6
10	3	7
11	3	7
12	4	8

Kumulierte Anzahl der geprüften Motoren (Stichprobengröße)	Anzahl der positiven Entscheidungen	Anzahl der negativen Entscheidungen
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

## ANHANG 1

**MUSTER FÜR DIE BESCHREIBUNGSMAPPE UND DEN BESCHREIBUNGSBOGEN**

## 1. BESCHREIBUNGSMAPPE

Die in Absatz 3 dieser Regelung genannte Beschreibungsmappe muss Folgendes enthalten:

- 1.1. ein Inhaltsverzeichnis;
- 1.2. Erklärung des Herstellers über die Einhaltung aller Anforderungen dieser Regelung gemäß dem in Anlage A.1 dieses Anhangs wiedergegebenen Muster;
- 1.3. Erklärung des Herstellers über die Einhaltung der Abgasgrenzwerte in Anlage 2 dieser Regelung hinsichtlich näher bezeichneter Flüssigkraftstoffe, Kraftstoffgemische oder Kraftstoffemulsionen, die nicht in Anlage 4 Absatz A.3.1.2.2 dieser Regelung aufgeführt sind, durch den Motortyp oder die Motorenfamilie;
- 1.4. bei elektronisch gesteuerten Motoren der Klassen NRE und NRG, die die Emissionsgrenzwerte in Anlage 2 dieser Regelung erfüllen und sowohl die Menge als auch den Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung elektronisch steuern oder das zur Verminderung von NO<sub>x</sub> verwendete Emissionsminderungssystem elektronisch einschalten, ausschalten oder regeln, eine vollständige Übersicht über die Emissionsminderungsstrategie, einschließlich der Standard-Emissionsminderungsstrategie und der Art und Weise, wie Ausgangsgrößen direkt oder indirekt durch die zusätzliche Emissionsminderungsstrategie gesteuert werden;
  - 1.4.1. zusätzliche vertrauliche Angaben, wie in Anlage A.2 aufgeführt, werden nur dem technischen Dienst, der die Prüfungen durchführt, bereitgestellt und gehen nicht in die Beschreibungsmappe ein;
- 1.5. gegebenenfalls eine vollständige Beschreibung der funktionalen Betriebsmerkmale der NO<sub>x</sub>-Minderungsmaßnahmen und des Aufforderungssystems gemäß Anhang 9 dieser Regelung;
  - 1.5.1. gegebenenfalls eine Kopie der Nachweisberichte gemäß Anhang 9 Anlage A.1 Absätze A.1.10.5 und A.1.13.4;
  - 1.5.2. gegebenenfalls eine Beschreibung des Anschlusses und der Auslesemethode für die Aufzeichnungen, die in Anhang 9 Anlage A.1 Absatz A.1.5.2.1.1 Buchstabe e genannt werden;
  - 1.5.3. gehört der Motortyp oder die Motorenfamilie zu einer NCD-Motorenfamilie, kann stattdessen eine Begründung der Zugehörigkeit zusammen mit den nach den Absätzen 1.5, 1.5.1 und 1.5.2 über die NCD-Motorenfamilie erforderlichen Angaben im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde vorgelegt werden;
- 1.6. gegebenenfalls eine vollständige Beschreibung der funktionalen Betriebsmerkmale der Partikelminderungsmaßnahmen gemäß Anhang 9 dieser Regelung;
  - 1.6.1. gegebenenfalls eine Kopie der Nachweisberichte gemäß Anhang 9 Anlage A.2 Absatz A.2.9.3.6;
  - 1.6.2. gegebenenfalls eine Beschreibung des Anschlusses und der Auslesemethode für die Aufzeichnungen, die in Anhang 9 Anlage A.2 Absatz A.2.5.2 genannt werden;
  - 1.6.3. gehört der Motortyp oder die Motorenfamilie zu einer PCD-Motorenfamilie, kann stattdessen eine Begründung der Zugehörigkeit zusammen mit den nach den Absätzen 1.6, 1.6.1 und 1.6.2 über die PCD-Motorenfamilie erforderlichen Angaben im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde vorgelegt werden;
- 1.7. von Prüfberichten oder -daten gestützte Erklärung des Herstellers über Verschlechterungsfaktoren gemäß Anhang 8 Absatz 5 dieser Regelung;
  - 1.7.1. gehört der Motortyp oder die Motorenfamilie zu einer Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie, kann stattdessen eine Begründung der Zugehörigkeit zusammen mit den nach Absatz 1.7 über die Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie erforderlichen Angaben im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde vorgelegt werden;

- 1.8. gegebenenfalls eine von Prüfberichten oder -daten gestützte Erklärung des Herstellers über die Anpassungsfaktoren für die sporadische Regenerierung gemäß Anhang 4 dieser Regelung;
- 1.8.1. gehört der Motortyp oder die Motorenfamilie zu einer Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie, kann stattdessen eine Begründung der Zugehörigkeit zusammen mit den nach Absatz 1.8 über die Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie erforderlichen Angaben im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde vorgelegt werden;
- 1.9. eine von Daten gestützte Erklärung des Herstellers, mit der nachgewiesen wird, dass die verwendeten Emissionsminderungsstrategien so ausgelegt sind, dass Manipulationen gemäß Absatz 5.5 und Anlage A.3 von Anhang 9 dieser Regelung nach Möglichkeit verhindert werden;
  - 1.9.1. für Motortypen und Motorenfamilien, in deren Emissionsminderungssystem ein elektronisches Steuergerät verwendet wird, müssen die Angaben eine Beschreibung der Vorkehrungen enthalten, mit denen Manipulationen und Änderungen am elektronischen Steuergerät verhindert werden, einschließlich der Möglichkeit der Aktualisierung mit einem vom Hersteller genehmigten Programm oder einer solchen Kalibrierung;
  - 1.9.2. für Motortypen und Motorenfamilien, in deren Emissionsminderungssystem mechanische Vorrichtungen verwendet werden, müssen die Angaben eine Beschreibung der Vorkehrungen enthalten, mit denen Manipulationen und Änderungen an den einstellbaren Kenngrößen des Emissionsminderungssystems verhindert werden. Dies gilt auch für die manipulationssicheren Bauteile wie Vergaser-Begrenzereinsätze, die Versiegelung von Vergaserschrauben oder besondere Schrauben, die der Nutzer nicht einstellen kann;
  - 1.9.3. für die Zusammenfassung von Motoren aus verschiedenen Motorenfamilien zu einer Motorenfamilie in Bezug auf die Manipulationsverhinderung bestätigen die Hersteller der Typgenehmigungsbehörde, dass zur Manipulationsverhinderung ähnliche Maßnahmen ergriffen wurden;
- 1.10. eine Beschreibung des physischen Verbinders, der für den Empfang des Drehmomentsignals vom elektronischen Steuergerät des Motors erforderlich ist, zwecks Beschaffung eines solchen Verbinders, falls die Vertragspartei verlangt, Überwachungsprüfungen im Betrieb durchzuführen;
- 1.11. eine Beschreibung der allgemeinen Qualitätssicherungssysteme für die Übereinstimmung der Produktion gemäß Absatz 8 dieser Regelung;
- 1.12. eine Aufstellung der planmäßigen emissionsrelevanten Wartungserfordernisse und des Zeitraums, in dem sie jeweils vorgenommen werden sollten, einschließlich jedes planmäßigen Austauschs kritischer emissionsrelevanter Bauteile;
- 1.13. den ausgefüllten Beschreibungsbogen gemäß Absatz 2 dieses Anhangs;
  - 1.13.1. falls sich die Angaben im Beschreibungsbogen für eine Motor-Typgenehmigung geändert haben, legt der Hersteller der Typgenehmigungsbehörde die geänderten Seiten vor, aus denen die Art der Änderung(en) und das Datum der Neuausgabe deutlich hervorgehen;
- 1.14. alle sachdienlichen Daten, Zeichnungen, Fotos und sonstigen Angaben, die gemäß dem Beschreibungsbogen erforderlich sind.

## 2. BESCHREIBUNGSBOGEN

Jeder Beschreibungsbogen muss eine vom Antragsteller zugeteilte Kennziffer tragen.

- 2.1. Alle Beschreibungsbögen müssen folgende Angaben enthalten:
  - 2.1.1. die allgemeinen Angaben gemäß Anlage A.3 Teil A;
  - 2.1.2. die allgemeinen Angaben gemäß Anlage A.3 Teil B zur Ermittlung der Konstruktionskenngrößen, die allen Motortypen in einer Motorenfamilie gemeinsam oder die auf den Motortyp anwendbar sind, für den die Typgenehmigung angestrebt wird, wenn dieser zu keiner Motorenfamilie gehört;
  - 2.1.3. die Positionen in Anlage A.3 Teil C in dem unter Absatz 2.1.3.1 aufgeführten Matrixformat zur Ermittlung der Angaben, die für den Stammmotor oder den Motortyp bzw. die Motortypen innerhalb der Motorenfamilie gegebenenfalls gelten;

## 2.1.3.1. Motortyp oder Motorenfamilien-Matrix mit Beispieldaten

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor / Motortyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)			
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n
3.1	Kennzeichnung des Motors					
3.1.1	Motortypbezeichnung	A01	A02	A03	A04	A05
3.2	Leistungskennwerte					
3.2.1	Angegebene Nenndrehzahl(en) (min <sup>-1</sup> ):	2 200	2 200	2 000	1 800	1 800
3.10	Weitere Einrichtungen: Ja/Nein					
3.10.1	Abgasrückführung (AGR)					
3.10.1.1	Eigenschaften (gekühlt/nicht gekühlt, Hochdruck/Niederdruck usw.):					
...	...	...				

## 2.1.3.2. Reserviert

2.1.3.3. Bei Motoren mit konstanter Drehzahl und mehreren Nenndrehzahlen ist für jede Drehzahl in Absatz 3.2 (Leistungskennwerte) eine zusätzliche Datenspalte aufzuzeichnen.

## 2.2. Erläuterung zur Anlage des Beschreibungsbogens:

2.2.1. Mit Einwilligung der Typgenehmigungsbehörde können die Angaben unter den Absätzen 2.1.2 und 2.1.3 in einem anderen Format dargestellt werden.

2.2.2. Jeder Motortyp oder der Stammmotor in der Matrix nach Absatz 2.1.3.1 wird entsprechend der Bezeichnung der Motorenfamilie und der Motortypbezeichnung gemäß Absatz 2.3 gekennzeichnet.

2.2.3. Nur die Absätze dieses Anhangs sind anzugeben, die für die jeweilige Motorenfamilie, die jeweiligen Motortypen innerhalb der Motorenfamilie oder den Motortyp relevant sind; in jedem Fall muss in der Liste das vorgeschlagene Nummerierungsschema befolgt werden.

2.2.4. Werden für einen Eintrag mehrere, durch rechtsgeneigte Schrägstriche voneinander getrennte Wahlmöglichkeiten angeboten, sind die nicht verwendeten Möglichkeiten durchzustreichen oder nur die verwendeten Möglichkeiten anzugeben.

2.2.5. Gilt bei der Beschreibung eines bestimmten Motorenmerkmals ein und derselbe Wert für mehrere oder sämtliche Mitglieder einer Motorenfamilie, können die entsprechenden Tabellenfelder zusammengefasst werden.

2.2.6. Wird ein Bild, ein Diagramm oder eine ausführliche Information benötigt, so kann ein Verweis auf eine Anlage gegeben werden.

2.2.7. Wird die Angabe des „Typs“ eines Bauteils verlangt, so muss sie das Bauteil eindeutig bezeichnen; dies kann durch eine Merkmalsliste, einen Herstellernamen mit Teile- oder Zeichnungsnummer, eine Zeichnung, eine Kombination der genannten Elemente oder andere Methoden, die dasselbe Ergebnis erzielen, geschehen.

## 2.3. Motortyp- und Motorenfamilienbezeichnung

Der Hersteller weist jedem Motortyp oder jeder Motorenfamilie einen eindeutigen alphanumerischen Code zu.

2.3.1. Im Fall eines Motortyps heißt der Code Motortypbezeichnung und muss Motoren mit einer einzigartigen Kombination technischer Merkmale für diejenigen Positionen in Anlage A.3 Teil C dieses Anhangs, die auf den Motortyp anwendbar sind, klar und eindeutig kennzeichnen.

- 2.3.2. Im Fall von Motortypen in einer Motorenfamilie heißt der gesamte Code Familientyp oder FT und besteht aus zwei Abschnitten: Der erste Abschnitt heißt Motorenfamilienbezeichnung und bezeichnet die Motorenfamilie; der zweite Abschnitt ist die Motortypbezeichnung des jeweiligen Motortyps in der Motorenfamilie.

Die Motorenfamilienbezeichnung muss Motoren mit einer einzigartigen Kombination technischer Merkmale für diejenigen Positionen in Anlage A.3 Teile B und C dieses Anhangs, die auf die Motorenfamilie anwendbar sind, klar und eindeutig kennzeichnen.

Der FT muss Motoren mit einer einzigartigen Kombination technischer Merkmale für diejenigen Positionen in Anlage A.3 Teil C dieses Anhangs, die auf den Motortyp in der Motorenfamilie anwendbar sind, klar und eindeutig kennzeichnen.

- 2.3.2.1. Zur Kennzeichnung derselben Motorenfamilie kann der Hersteller in zwei oder mehr Motorenklassen dieselbe Motorenfamilienbezeichnung verwenden.

- 2.3.2.2. Der Hersteller darf dieselbe Motorenfamilienbezeichnung nicht zur Kennzeichnung von mehr als einer Motorenfamilie in derselben Motorenklasse verwenden.

- 2.3.2.3. Darstellung des FT

Im FT ist zwischen der Motorenfamilienbezeichnung und der Motortypbezeichnung ein Freiraum zu lassen, wie in folgendem Beispiel:

„159A[Leerstelle]0054“

- 2.3.3. Anzahl der Zeichen

Die Anzahl der Zeichen darf folgende Werte nicht überschreiten:

- a) 15 für die Motorenfamilienbezeichnung
- b) 25 für die Motortypbezeichnung;
- c) 40 für den FT.

- 2.3.4. Zulässige Zeichen

Die Motortypbezeichnung und die Motorenfamilienbezeichnung bestehen aus lateinischen Buchstaben und/oder arabischen Zahlzeichen.

- 2.3.4.1. Klammern und Bindestriche dürfen verwendet werden, wenn sie keinen Buchstaben und keine Ziffer ersetzen.

- 2.3.4.2. Platzhalterzeichen sind zulässig; Platzhalterzeichen sind mit einem „#“ wiederzugeben, wenn das Platzhalterzeichen zum Zeitpunkt der Meldung unbekannt ist.

- 2.3.4.2.1. Die Gründe für die Verwendung solcher Platzhalterzeichen sind dem technischen Dienst und der Typgenehmigungsbehörde zu erläutern.

---

## ANLAGE A.1

**ERKLÄRUNG DES HERSTELLERS ÜBER DIE ÜBEREINSTIMMUNG MIT DER UNECE-REGELUNG Nr. 96, ÄNDERUNGSSERIE 05**

Der Unterzeichnete: [..... (vollständiger Name und Funktion)] erklärt hiermit, dass der folgende Motortyp/die folgende Motorenfamilie (\*) in jeder Hinsicht den Anforderungen der UN-Regelung Nr. 96, Änderungsserie 05 genügt und keine Umgehungsstrategie anwendet.

Alle Emissionsminderungsstrategien genügen gegebenenfalls den Anforderungen der Standard-Emissionsminderungsstrategie und der zusätzlichen Emissionsminderungsstrategie nach Anhang 9 Absatz 2 der Regelung Nr. 96-05 und wurden gemäß jenem Anhang und gemäß Anhang 1 der Regelung Nr. 96-05 offengelegt.

1. Marke (Handelsmarke(n) des Herstellers):.....

2. Handelsname(n) (sofern vorhanden): .....

3. Firmenname und Anschrift des Herstellers:.....

4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:.....

5. Motortypbezeichnung/Motorenfamilienbezeichnung/FT (\*):

(Ort) (Datum).....

Identität(\*\*) und Unterschrift der Person, die zur Ausstellung der Erklärung im Namen des Herstellers bevollmächtigt ist:.....

*Erläuterungen zu Anhang 1 Anlage A.1:*

*(Fußnotenverweise, Fußnoten und Erläuterungen, die nicht in der Erklärung des Herstellers anzugeben sind)*

(\*) Nicht verwendete Wahlmöglichkeiten durchstreichen oder nur die verwendeten Möglichkeiten angeben.

(\*\*) Die Identität der Person, die vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten für die Unterzeichnung dieser Erklärung bevollmächtigt worden ist, ist neben ihrer Unterschrift anzugeben. Unter der Identität der Person ist die Angabe von Name und Funktion dieser Person zu verstehen.

## ANLAGE A.2

**VERTRAULICHE ANGABEN ZUR EMISSIONSMINDERUNGSSTRATEGIE**

- A.2.1. Diese Anlage gilt für elektronisch gesteuerte Motoren, bei denen sowohl die Menge des eingespritzten Kraftstoffs als auch der Zeitpunkt der Einspritzung elektronisch gesteuert werden.
- A.2.2. Zusätzliche Angaben werden dem technischen Dienst vorgelegt, dem Antrag auf Typgenehmigung jedoch nicht beigelegt. Zu diesen Angaben gehören alle von einer zusätzlichen Emissionsminderungsstrategie geänderten Kenngrößen und die Grenzbedingungen für den Betrieb dieser Strategie sowie insbesondere:
- a) Angaben zur Logik des Kraftstoffregelsystems, zu den Steuerstrategien und zu den Schaltepunkten des Kraftstoffsystems und anderer wesentlicher Systeme bei allen Betriebszuständen, die zu einer wirksamen Emissionsminderung führen (z. B. Abgasrückführung (AGR) oder Reagensdosierung);
  - b) eine Begründung der eventuellen Verwendung einer zusätzlichen Emissionsminderungsstrategie für den Motor, einschließlich Material und Prüfergebnissen, aus denen die Wirkung auf die Abgasemissionen ersichtlich wird; diese Begründung kann auf Prüfdaten, eine eingehende technische Analyse oder eine Kombination aus beidem gestützt werden;
  - c) eine ausführliche Beschreibung der Algorithmen oder der gegebenenfalls vorhandenen Sensoren für die Ermittlung, Analyse oder Diagnose eines nicht ordnungsgemäßen Arbeitens des Systems zur NO<sub>x</sub>-Minderung;
  - d) eine ausführliche Beschreibung der Algorithmen oder der gegebenenfalls vorhandenen Sensoren für die Ermittlung, Analyse oder Diagnose eines nicht ordnungsgemäßen Arbeitens des Systems zur Partikelminderung;
- A.2.3. Die unter Absatz A.2.2 verlangten zusätzlichen Angaben sind streng vertraulich zu behandeln. Sie verbleiben beim Hersteller und werden der Typgenehmigungsbehörde zur Kontrolle zum Zeitpunkt der Typgenehmigung oder auf Verlangen jederzeit während der Gültigkeit der Typgenehmigung zur Verfügung gestellt. In diesem Fall behandelt die Typgenehmigungsbehörde diese Angaben vertraulich und legt sie Dritten gegenüber nicht offen.
-

## ANLAGE A.3

**MUSTER FÜR DEN BESCHREIBUNGSBOGEN**

## TEIL A

1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN
- 1.1. Marke (Handelsmarke(n) des Herstellers):.....
- 1.2. Handelsname(n) (sofern vorhanden): .....
- 1.3. Firmenname und Anschrift des Herstellers:.....
- 1.4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:.....
- 1.5. Name(n) und Anschrift(en) der Fertigungsstätte(n):.....
- 1.6. Motortypbezeichnung/Motorenfamilienbezeichnung/FT: .....
- 1.7. Klasse und Unterklasse des Motortyps/der Motorenfamilie(\*): NRE-v-1/NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2
- 1.8. Klasse der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode: Entfällt/Klasse 1 (Produkte zur privaten Nutzung)/Klasse 2 (Produkte zur halbgewerblichen Nutzung)/ Klasse 3 (Produkte zur gewerblichen Nutzung)
- 1.9. Reserviert
- 1.10. Reserviert
- 1.11. Bezugsleistung: Nennwert der Nutzleistung/höchste Nutzleistung
- 1.12. Primärer NRSC-Prüfzyklus: C1/C2/D2/G1/G2/G3/H
- 1.13. Dynamischer Prüfzyklus: Entfällt/NRTC/LSI-NRTC
- 1.14. Nutzungsbeschränkungen (falls zutreffend):

## TEIL B

2. GEMEINSAME KONSTRUKTIONSKENNGROBEN DER MOTORENFAMILIE<sup>(1)</sup>
- 2.1. Arbeitsweise: Viertakt/Zweitakt/Rotationskolben/andere (angeben).....
- 2.2. Art der Zündung: Selbstzündung/Fremdzündung
- 2.3. Anordnung der Zylinder
- 2.3.1. Lage der Zylinder im Block: Einzylinder/V/Reihen/Gegenkolben/Stern/andere (angeben) .....
- 2.3.2. Zylindermittenabstand (mm).....
- 2.4. Art/Ausführung des Brennraums
- 2.4.1. Offener Brennraum/geteilter Brennraum/anderer (angeben)
- 2.4.2. Anordnung der Ventile und Kanäle .....
- 2.4.3. Zahl der Ventile je Zylinder:.....
- 2.5. Hubraum je Zylinder (cm<sup>3</sup>):.....
- 2.6. Hauptkühlmittel: Luft/Wasser/Öl
- 2.7. Luftansaugverfahren: Saugmotor/aufgeladener Motor/aufgeladener Motor mit Ladeluftkühlung

- 2.8. Kraftstoff
- 2.8.1. Kraftstofftyp: Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl)/Ethanol für bestimmte Selbstzündungsmotoren (ED95)/Benzin (E10)/Ethanol (E85)/(Erdgas/Biomethan)/Flüssiggas (LPG)
- 2.8.1.1. Kraftstoff-Untertyp (nur Biomethan/Flüssiggas) Universalkraftstoff — Kraftstoff mit hohem Heizwert („H-Gas“) und Kraftstoff mit niedrigem Heizwert („L-Gas“)/Kraftstoff mit Gasgruppeneinschränkung — Kraftstoff mit hohem Heizwert (H-Gas)/Kraftstoff mit Gasgruppeneinschränkung — Kraftstoff mit niedrigem Heizwert (L-Gas)/kraftstoffspezifisch (LNG);
- 2.8.2. Verwendbare Kraftstoffe: Nur Flüssigkraftstoff/nur gasförmiger Kraftstoff/Zweistoff vom Typ 1A/Zweistoff vom Typ 1B/Zweistoff vom Typ 2A/Zweistoff vom Typ 2B/Zweistoff vom Typ 3B
- 2.8.3. Liste der zusätzlichen Kraftstoffe, Kraftstoffgemische oder -emulsionen, die mit dem Motor verwendbar sind, laut Erklärung des Herstellers gemäß Anlage 6 Absatz A.6.3.15 dieser Regelung (mit Hinweis auf eine anerkannte Norm oder Spezifikation):.....
- 2.8.4. Kraftstoff mit Schmiermittelzusatz: Ja/Nein
- 2.8.4.1. Spezifikation:.....
- 2.8.4.2. Kraftstoff-Schmiermittel-Verhältnis: .....
- 2.8.5. Kraftstoffsystem: Pumpe, Hochdruckleitung und Einspritzdüse/Reihen- oder Verteilereinspritzpumpe/Pumpe-Düse-System/ Common-Rail-Einspritzsystem/Vergaser/Saugrohreinspritzung/Direkteinspritzung/Mischer/anderes (angeben):...
- 2.9. Motormanagementsysteme: mechanische/elektronische Steuerstrategie(²)
- 2.10. Weitere Einrichtungen: Ja/Nein (falls ja, Lage und Reihenfolge der Einrichtungen in einer Skizze einzeichnen)
- 2.10.1. Abgasrückführung (AGR): Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.10.1 ausfüllen sowie Lage und Reihenfolge der Einrichtungen in einer Skizze einzeichnen)
- 2.10.2. Wassereinspritzung: Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.10.2 ausfüllen sowie Lage und Reihenfolge der Einrichtungen in einer Skizze einzeichnen)
- 2.10.3. Lufteinblasung: Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.10.3 ausfüllen sowie Lage und Reihenfolge der Einrichtungen in einer Skizze einzeichnen)
- 2.10.4. Sonstige: Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.10.4 ausfüllen sowie Lage und Reihenfolge der Einrichtungen in einer Skizze einzeichnen) .....
- 2.11. Abgasnachbehandlungssystem: Ja/Nein (falls ja, Lage und Reihenfolge der Einrichtungen in einer Skizze einzeichnen)
- 2.11.1. Oxidationskatalysator: Ja/Nein  
(falls ja, Abschnitt 3.11.2 ausfüllen)
- 2.11.2. DeNO<sub>x</sub>-System mit selektiver NO<sub>x</sub>-Reduktion (Zusatz eines Reduktionsmittels): Ja/Nein  
(falls ja, Abschnitt 3.11.3 ausfüllen)
- 2.11.3. Andere DeNO<sub>x</sub>-Systeme:  
Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.11.3 ausfüllen)
- 2.11.4. Dreiwegekatalysator mit gleichzeitiger Oxidation und NO<sub>x</sub>-Reduktion:  
Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.11.3 ausfüllen)
- 2.11.5. Partikelnachbehandlungssystem mit passiver Regenerierung:  
Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.11.4 ausfüllen)
- 2.11.5.1. Wandstrom/kein Wandstrom

## 2.11.6. Partikelnachbehandlungssystem mit aktiver Regenerierung:

Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.11.4 ausfüllen)

## 2.11.6.1. Wandstrom/kein Wandstrom

## 2.11.7. Sonstige Partikelnachbehandlungssysteme:

Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.11.4 ausfüllen)

## 2.11.8. Andere Nachbehandlungseinrichtungen (angeben):.....

(falls ja, Abschnitt 3.11.5 ausfüllen)

## 2.11.9. Andere Vorrichtungen oder Merkmale mit starkem Einfluss auf Emissionen: Ja/Nein (angeben):.....

(falls ja, Abschnitt 3.11.7 ausfüllen)

## TEIL C

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.1.	<b>Kennzeichnung des Motors</b>						
3.1.1.	Motortypbezeichnung						
3.1.2.	Motortypbezeichnung laut Motorkennzeichnung: ja/nein						
3.1.3.	Anbringungsstelle der vorgeschriebenen Kennzeichnung:						
3.1.4.	Methode zur Befestigung der vorgeschriebenen Kennzeichnung:						
3.1.5.	Zeichnungen der Anbringungsstelle der Motorkennnummer (vollständiges Beispiel mit Maßangaben):						
3.2.	<b>Leistungskennwerte</b>						
3.2.1.	Angegebene Nenndrehzahl(en) (min <sup>-1</sup> ):						
3.2.1.1.	Kraftstofffördermenge je Hub (mm <sup>3</sup> ) für Dieselmotoren, Kraftstoffdurchfluss (g/h) für andere Motoren beim Nennwert der Nutzleistung:						
3.2.1.2.	Angegebener Nennwert der Nutzleistung (kW):						
3.2.2.	Motordrehzahl bei Höchstleistung (min <sup>-1</sup> ):						wenn von der Nenndrehzahl abweichend
3.2.2.1.	Kraftstofffördermenge je Hub (mm <sup>3</sup> ) für Dieselmotoren, Kraftstoffdurchfluss (g/h) für andere Motoren bei der höchsten Nutzleistung						
3.2.2.2.	Höchste Nutzleistung (kW):						wenn von der Nennleistung abweichend
3.2.3.	Drehzahl des maximalen Drehmoments (min <sup>-1</sup> )						falls zutreffend
3.2.3.1.	Kraftstofffördermenge je Hub (mm <sup>3</sup> ) für Dieselmotoren, Kraftstoffdurchfluss (g/h) für andere Motoren bei Drehzahl des maximalen Drehmoments:						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.2.3.2.	Angegebenes maximales Drehmoment (Nm):						falls zutreffend
3.2.4.	Angegebene 100 %-Prüfdrehzahl:						falls zutreffend
3.2.5.	Angegebene Zwischenprüfdrehzahl:						falls zutreffend
3.2.6.	Leerlaufdrehzahl (min <sup>-1</sup> )						falls zutreffend
3.2.7.	Höchstdrehzahl ohne Last (min <sup>-1</sup> )						falls zutreffend
3.2.8	Angegebenes minimales Drehmoment (Nm):						falls zutreffend
3.3.	<b>Einfahrverfahren</b>						freiwillig nach Wahl des Herstellers
3.3.1.	Einfahrzeit:						
3.3.2.	Einfahrzyklus:						
3.4.	<b>Motorprüfung</b>						
3.4.1.	Besondere Vorrichtung erforderlich: Ja/Nein						nur für NRSh
3.4.1.1.	Beschreibung, einschließlich Fotografien und/oder Zeichnungen, des Systems zur Befestigung des Motors auf dem Prüfstand; einschließlich der Antriebswelle zur Leistungsbremse:						
3.4.2.	Abgasmischkammer vom Hersteller zugelassen: Ja/Nein						nur für NRSh
3.4.2.1.	Beschreibung, Fotografie und/oder Zeichnung der Abgasmischkammer:						falls zutreffend
3.4.3.	Vom Hersteller gewählter NRSC: RMC/Einzelphasen						
3.4.4.	Reserviert						
3.4.5.	Anzahl der Vorkonditionierungszyklen vor dem dynamischen Prüfzyklus						falls zutreffend, Mindestwert 1,0
3.4.6.	Vorkonditionierung für RMC-NRSC stationärer Betrieb/RMC						
3.4.6.1.	Bei gestuften Mehrphasenzyklen (RMC): Anzahl der gestuften Mehrphasenzyklen (RMC) zur Vorkonditionierung vor der RMC-NRSC-Prüfung						mind. 0,5
3.5.	<b>Schmiersystem</b>						
3.5.1.	Schmiermitteltemperatur						falls zutreffend
3.5.1.1.	Minimum (°C):						
3.5.1.2.	Maximum (°C):						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm-motor/Motor- typ:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.6.	<b>Verbrennungszylinder</b>						
3.6.1.	Bohrung (mm)						
3.6.2.	Hub (mm)						
3.6.3.	Zylinderanzahl:						
3.6.4.	Gesamthubraum des Motors (cm <sup>3</sup> )						
3.6.5.	Hubraum je Zylinder in % des Stammmotors:						falls Motorenfamilie
3.6.6.	Volumetrisches Verdichtungsverhältnis:						Toleranz angeben
3.6.7.	Beschreibung des Verbrennungssystems:						
3.6.8.	Zeichnungen des Brennraums und des Kolbenbodens:						
3.6.9.	Mindestquerschnitt der Einlass- und Auslasskanäle (mm <sup>2</sup> ):						
3.6.10.	Ventilsteuerzeiten						
3.6.10.1.	Maximale Ventilhubhöhe sowie Öffnungs- und Schließwinkel, bezogen auf den Totpunkt, oder gleichwertige Angaben:						
3.6.10.2.	Bezugs- und/oder Einstellbereich:						
3.6.10.3.	System mit variablen Ventilsteuerzeiten: Ja/Nein						(sofern anwendbar und an welcher Stelle: Einlass und/oder Auslass)
3.6.10.3.1.	Typ: kontinuierlich / ein/aus						
3.6.10.3.2.	Winkel der verdrehbaren Nockenwellen:						
3.6.11.	Anordnung der Kanäle						nur 2-Takt, falls zutreffend
3.6.11.1.	Lage, Größe und Zahl:						
3.7.	<b>Kühlsystem</b>						Der entsprechende Abschnitt ist auszufüllen.
3.7.1.	Flüssigkeitskühlung						
3.7.1.1.	Art der Flüssigkeit:						
3.7.1.2.	Kühlmittelpumpen: Ja/Nein						
3.7.1.2.1.	Typ(en):						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.7.1.2.2.	Übersetzungsverhältnis(se):						falls zutreffend
3.7.1.3.	Kühlmittel-Tiefsttemperatur am Auslass (°C):						
3.7.1.4.	Kühlmittel-Höchsttemperatur am Auslass (°C):						
3.7.2.	Luftkühlung						
3.7.2.1.	Lüfter: Ja/Nein						
3.7.2.1.1.	Typ(en):						
3.7.2.1.2.	Übersetzungsverhältnis(se):						falls zutreffend
3.7.2.2.	Höchsttemperatur am Bezugspunkt (°C):						
3.7.2.2.1.	Lage des Bezugspunkts						
3.8.	<b>Ansaugen</b>						
3.8.1.	Höchstzulässiger Ansaugunterdruck bei Motornenndrehzahl und Vollast (kPa)						
3.8.1.1.	Mit sauberem Luftfilter:						
3.8.1.2.	Mit verschmutztem Luftfilter:						
3.8.1.3.	Ort der Messung:						
3.8.2.	Lader: Ja/Nein						
3.8.2.1.	Typ(en):						
3.8.2.2.	Beschreibung und Skizze des Systems (z. B. höchster Ladedruck, Druckablassventil, VGT (Schaufelstellung des Turboladers), Doppel- turbo usw.):						
3.8.3.	Ladeluftkühler: Ja/Nein						
3.8.3.1.	Typ: Luft-Luft/Luft-Wasser/sonstiger (angeben)						
3.8.3.2.	Höchsttemperatur am Ladeluftkühlerauslass bei Nenndrehzahl und Vollast (°C):						
3.8.3.3.	Höchstzulässiger Druckabfall über den Ladeluftkühler bei Motornenndrehzahl und Vollast (kPa)						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm-motor/Motor- typ:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.8.4.	Einlassdrosselventil: Ja/Nein						
3.8.5.	Einrichtung zur Rückführung der Kurbelgehäusegase: Ja/Nein						
3.8.5.1.	Falls ja, Beschreibung und Zeichnungen:						
3.8.5.2.	Falls nein: Übereinstimmung mit Absatz 5.7 dieser Regelung Ja/Nein						
3.8.6.	Einlassweg						2-Takt, nur NRS und NRSh
3.8.6.1.	Beschreibung des Einlasswegs (mit Zeichnungen, Fotografien und/oder Teilenummern):						
3.8.7.	Luftfilter						2-Takt, nur NRS und NRSh
3.8.7.1.	Typ:						
3.8.8.	Ansaugluft-Geräuschdämpfer						2-Takt, nur NRS und NRSh
3.8.8.1.	Typ:						
3.9.	<b>Abgasanlage</b>						
3.9.1.	Beschreibung der Abgasanlage (mit Zeichnungen, Fotografien und/oder Teilenummern, wie benötigt):						2-Takt, nur NRS und NRSh
3.9.2.	Abgashöchsttemperatur (°C):						
3.9.3.	Maximal zulässiger Abgasgegendruck bei Motornenndrehzahl und Vollast (kPa):						
3.9.3.1.	Ort der Messung:						
3.9.4.	Abgasgegendruck bei Beladung laut Herstellerangabe für Nachbehandlung mit variabler Beschränkung zu Beginn der Prüfung (kPa):						
3.9.4.1.	Ort und Drehzahl-/Lastbedingungen:						
3.9.5.	Auslassdrosselventil: Ja/Nein						
3.10.	<b>Weitere Einrichtungen: Ja/Nein</b>						
3.10.1.	Abgasrückführung (AGR)						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.10.1.1.	Merkmale: gekühlt/nicht gekühlt, Hochdruck/Niederdruck, andere (angeben):						
3.10.2.	Wassereinspritzung						
3.10.2.1.	Funktionsprinzip:						
3.10.3.	Lufteinblasung						
3.10.3.1.	Funktionsprinzip:						
3.10.4.	Sonstige						
3.10.4.1.	Typ(en)						
3.11.	<b>Abgasnachbehandlungssystem:</b>						
3.11.1.	Lage						
3.11.1.1.	Lagen und Höchst-/Mindestabstände vom Motor bis zur ersten Nachbehandlungseinrichtung:						
3.11.1.2.	Höchsttemperaturabfall vom Abgas- oder Turboladerauslass (°C) bis zur ersten Nachbehandlungseinrichtung, falls angegeben:						
3.11.1.2.1.	Prüfbedingungen für Messung:						
3.11.1.3.	Mindesttemperatur am Einlass der ersten Nachbehandlungseinrichtung (°C), falls angegeben:						
3.11.1.3.1.	Prüfbedingungen für Messung:						
3.11.2.	Oxidationskatalysator						
3.11.2.1.	Zahl der Katalysatoren und Elemente:						
3.11.2.2.	Abmessungen und Volumen der Katalysatoren:						oder Zeichnung
3.11.2.3.	Gesamtbeschichtung mit Edelmetall (g):						
3.11.2.4.	Relative Konzentration jeder Verbindung (%):						
3.11.2.5.	Trägerkörper (Aufbau und Werkstoff):						
3.11.2.6.	Zellendichte:						
3.11.2.7.	Art des Katalysatorgehäuses:						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm-motor/Motor- typ:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.11.3.	Katalytisches Abgasnachbehandlungssystem für NO <sub>x</sub> oder Dreiwegekatalysator						
3.11.3.1.	Typ:						
3.11.3.2.	Zahl der Katalysatoren und Elemente:						
3.11.3.3.	Art der katalytischen Reaktion:						
3.11.3.4.	Abmessungen und Volumen der Katalysatoren:						oder Zeichnung
3.11.3.5.	Gesamtbeschichtung mit Edelmetall (g):						
3.11.3.6.	Relative Konzentration jeder Verbindung (%):						
3.11.3.7.	Trägerkörper (Aufbau und Werkstoff):						
3.11.3.8.	Zellendichte:						
3.11.3.9.	Art des Katalysatorgehäuses:						
3.11.3.10.	Regenerierungsmethode:						falls zutreffend
3.11.3.10.1.	Sporadische Regenerierung: ja/nein						falls ja, Abschnitt 3.11.6 ausfüllen
3.11.3.11.	Normaler Betriebstemperaturbereich (°C):						
3.11.3.12.	Selbstverbrauchendes Reagens: Ja/Nein						
3.11.3.12.1.	Art und Konzentration des für die katalytische Reaktion erforderlichen Reagens:						
3.11.3.12.2.	Niedrigste Konzentration des Reagenswirkstoffs, die das Warnsystem nicht aktiviert (CD <sub>min</sub> ) (Vol.-%):						
3.11.3.12.3.	Normaler Betriebstemperaturbereich des Reagens:						
3.11.3.12.4.	Internationale Norm:						falls zutreffend
3.11.3.13.	NO <sub>x</sub> -Sonde(n): Ja/Nein						
3.11.3.13.1.	Typ:						
3.11.3.13.2.	Lage(n)						
3.11.3.14.	Sauerstoffsonde(n): Ja/Nein						
3.11.3.14.1.	Typ:						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.11.3.14.2.	Lage(n):						
3.11.4.	Partikelnachbehandlungssystem						
3.11.4.1.	Art der Filterung; Wandstrom/kein Wand- strom/andere (angeben)						
3.11.4.2.	Typ:						
3.11.4.3.	Abmessungen und Volumen des Partikelnach- behandlungssystems:						oder Zeichnung
3.11.4.4.	Lage (Ort(e)) und Höchst-/Mindestabstände vom Motor:						
3.11.4.5.	Verfahren oder Einrichtung zur Regenerierung, Beschreibung und/oder Zeichnung:						
3.11.4.5.1.	Sporadische Regenerierung: Ja/Nein						falls ja, Abschnitt 3.11.6 ausfüllen
3.11.4.5.2.	Mindestabgastemperatur für die Einleitung des Regenerierungsverfahrens (°C):						
3.11.4.6.	Katalytische Beschichtung: Ja/Nein						
3.11.4.6.1.	Art der katalytischen Reaktion:						
3.11.4.7.	Katalysator als Kraftstoffadditiv: Ja/Nein						
3.11.4.8.	Normaler Betriebstemperaturbereich (°C):						
3.11.4.9.	Normaler Betriebsdruckbereich (kPa)						
3.11.4.10.	Speicherkapazität für Ruß/Asche (g):						
3.11.4.11.	Sauerstoffsonde(n): Ja/Nein						
3.11.4.11.1.	Typ:						
3.11.4.11.2.	Lage(n):						
3.11.5.	Andere Nachbehandlungseinrichtungen						
3.11.5.1.	Beschreibung und Arbeitsweise:						
3.11.6.	Sporadische Regenerierung						
3.11.6.1.	Anzahl der Zyklen mit Regenerierung						
3.11.6.2.	Anzahl der Zyklen ohne Regenerierung						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.11.7.	Andere Vorrichtungen oder Merkmale						
3.11.7.1.	Typ(en)						
3.12.	<b>Kraftstoffsystem für mit Flüssigkraftstoffen betriebene Selbstzündungsmotoren oder gegebenenfalls für Zweistoffmotoren</b>						
3.12.1.	Kraftstoffpumpe						
3.12.1.1.	Druck (kPa) oder Kennlinie:						
3.12.2.	Einspritzsystem						
3.12.2.1.	Pumpe						
3.12.2.1.1.	Typ(en):						
3.12.2.1.2.	Pumpennendrehzahl (min <sup>-1</sup> ):						
3.12.2.1.3.	mm <sup>3</sup> je Hub oder Zyklus bei Volleinspritzung und Pumpennendrehzahl:						Toleranz angeben
3.12.2.1.4.	Pumpendrehzahl bei Höchstdrehmoment (min <sup>-1</sup> )						
3.12.2.1.5.	mm <sup>3</sup> je Hub oder Zyklus bei Volleinspritzung und Pumpennendrehzahl bei Höchstdrehmoment:						Toleranz angeben
3.12.2.1.6.	Kennlinie:						als Alternative zu den Positionen 3.12.2.1.1 bis 3.12.2.1.5.
3.12.2.1.7.	Verwendete Methode: am Motor/auf dem Pumpenprüfstand						
3.12.2.2.	Einspritzeinstellung						
3.12.2.2.1.	Einspritzverstellungskurve:						gegebenenfalls Toleranz angeben
3.12.2.2.2.	Statische Zündzeitpunkteinstellung:						Toleranz angeben
3.12.2.3.	Einspritzleitungen						
3.12.2.3.1.	Länge(n) (mm):						
3.12.2.3.2.	Innendurchmesser (mm):						
3.12.2.4.	Speichereinspritzung: Ja/Nein						
3.12.2.4.1.	Typ:						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.12.3.	Einspritzdüse(n)						
3.12.3.1.	Typ(en):						
3.12.3.2.	Öffnungsdruck (kPa):						Toleranz angeben
3.12.4.	Elektronisches Steuergerät: Ja/Nein						
3.12.4.1.	Typ(en):						
3.12.4.2.	Kennnummer(n) der Softwarekalibrierung:						
3.12.4.3.	Kommunikationsnormen für den Zugriff auf Daten aus dem Datenstrom: ISO 27145 mit ISO 15765-4 (auf CAN-Basis)/ISO 27145 mit ISO 13400 (auf TCP/IP-Basis)/SAE J1939-73						
3.12.5.	Regler						
3.12.5.1.	Typ(en):						
3.12.5.2.	Abregeldrehzahl bei Vollast:						falls zutreffend, Bereich angeben
3.12.5.3.	Höchste Drehzahl ohne Last:						falls zutreffend, Bereich angeben
3.12.5.4.	Leerlaufdrehzahl (min <sup>-1</sup> ):						falls zutreffend, Bereich angeben
3.12.6.	Kaltstarteinrichtung: Ja/Nein						
3.12.6.1.	Typ(en):						
3.12.6.2.	Beschreibung:						
3.12.7.	Kraftstofftemperatur am Einlass zur Kraftstoff- feinspritzungspumpe						
3.12.7.1.	Minimum (°C):						
3.12.7.2.	Maximum (°C):						
3.13.	<b>Kraftstoffsystem für mit Flüssigkraftstoff betriebenen Fremdzündungsmotor</b>						
3.13.1.	Vergaser						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.13.1.1.	Typ(en):						
3.13.2.	Saugrohreinspritzung:						
3.13.2.1.	Einpunkt/Mehrpunkt						
3.13.2.2.	Typ(en):						
3.13.3.	Direkteinspritzung:						
3.13.3.1.	Typ(en):						
3.13.4.	Kraftstofftemperatur an einem vom Hersteller angegebenen Ort						
3.13.4.1.	Lage:						
3.13.4.2.	Minimum (°C)						
3.13.4.3.	Maximum (°C):						
3.14.	<b>Kraftstoffsystem für mit gasförmigen Kraftstoffen betriebene Motoren oder gegebenenfalls für Zweistoffmotoren (für anders ausgelegte Systeme sind gleichwertige Angaben zu machen)</b>						
3.14.1.	Kraftstoff: LPG /NG-H/NG-L /NG-HL/LNG/kraftstoffspezifisch LNG						
3.14.2.	Druckregler/Verdampfer						
3.14.2.1.	Typ(en)						
3.14.2.2.	Anzahl der Druckminderungsstufen						
3.14.2.3.	Mindest- und Höchstdruck in der Endstufe: (kPa)						
3.14.2.4.	Anzahl der Haupteinstellpunkte:						
3.14.2.5.	Anzahl der Leerlaufeinstellpunkte:						
3.14.3.	Kraftstoffzufuhr: Mischer/Gaseinblasung/Flüssigkeitseinspritzung/Direkteinspritzung						
3.14.3.1.	Gemischregelung						
3.14.3.1.1.	Beschreibung des Systems und/oder Diagramm und Zeichnungen:						
3.14.4.	Mischer						
3.14.4.1.	Anzahl:						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm- motor/Moto- rtyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.14.4.2.	Typ(en):						
3.14.4.3.	Lage:						
3.14.4.4.	Einstellmöglichkeiten:						
3.14.5.	Motorsaugrohreinspritzung						
3.14.5.1.	Einspritzverfahren: Einpunkt/Mehrpunkt						
3.14.5.2.	Einspritzverfahren: kontinuierlich/simultan/sequentiell						
3.14.5.3.	Einspritzsystem						
3.14.5.3.1.	Typ(en):						
3.14.5.3.2.	Einstellmöglichkeiten:						
3.14.5.4.	Förderpumpe						falls zutreffend
3.14.5.4.1.	Typ(en):						
3.14.5.5.	Einspritzdüse(n)						
3.14.5.5.1.	Typ(en):						
3.14.6.	Direkteinspritzung						
3.14.6.1.	Einspritzpumpe/Druckregler						
3.14.6.1.1.	Typ(en):						
3.14.6.1.2.	Einspritzzeitpunkt (angeben):						
3.14.6.2.	Einspritzdüse(n)						
3.14.6.2.1.	Typ(en):						
3.14.6.2.2.	Öffnungsdruck oder Kennlinie:						
3.14.7.	Elektronisches Steuergerät (ECU)						
3.14.7.1.	Typ(en):						
3.14.7.2.	Einstellmöglichkeiten:						
3.14.7.3.	Kennnummer(n) der Softwarekalibrierung:						
3.14.8.	Genehmigung von Motoren für verschiedene Kraftstoffzusammensetzungen						
3.14.8.1.	Selbstanpassung: Ja/Nein						
3.14.8.2.	Kalibrierung für eine bestimmte Gaszusammensetzung: NG-H/NG-L /NG-HL/LNG/kraftstoffspezifisch LNG						
3.14.8.3.	Umwandlung für eine bestimmte Gaszusammensetzung: NG-HT/NG-LT/NG-HLT						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stamm-motor/Motor- typ:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.14.9.	Kraftstofftemperatur an der Druckregler-End- stufe						
3.14.9.1.	Minimum (°C):						
3.14.9.2.	Maximum (°C):						
3.15.	<b>Zündanlage</b>						
3.15.1.	Zündspule(n)						
3.15.1.1.	Typ(en):						
3.15.1.2.	Anzahl:						
3.15.2.	Zündkerze(n)						
3.15.2.1.	Typ(en):						
3.15.2.2.	Abstandseinstellung:						
3.15.3.	Zündmagnet						
3.15.3.1.	Typ(en):						
3.15.4.	Zündpunkteinstellung: Ja/Nein						
3.15.4.1.	Zündzeitpunkt vor OT (° KW):						
3.15.4.2.	Zündverstellkurve oder -feld:						falls zutreffend
3.15.4.3.	Elektronische Steuerung: Ja/Nein						

Erläuterungen zu Anlage A.3:

*(Fußnotenzeichen, Fußnoten und Erläuterungen, die nicht im Formular des Beschreibungsbogens anzugeben sind)*

*(Bei mehreren Wahlmöglichkeiten bitte die nicht zutreffenden durchstreichen oder nicht nennen)*

Bei kombiniertem Katalysator und Partikelfilter sind beide zutreffenden Abschnitte auszufüllen.

(\*) Nichtzutreffendes streichen.

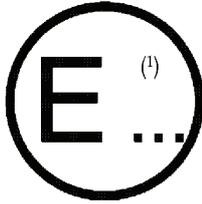
(<sup>1</sup>) Wie in Absatz 7 dieser Regelung vorgesehen.

(<sup>2</sup>) Vergleiche Anhang 10 Absatz 2.4.13 (Definition der Motorenfamilie).

ANHANG 2

MITTEILUNG

(Größtes Format: A4 (210 × 297 mm))



ausgestellt von: Bezeichnung der Behörde

.....  
.....  
.....

- über die <sup>(2)</sup>: Erteilung der Genehmigung
- Erweiterung der Genehmigung
- Versagung der Genehmigung
- Zurücknahme der Genehmigung
- Endgültige Einstellung der Produktion

für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie hinsichtlich der Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln gemäß UN-Regelung Nr. 96, Änderungsreihe 05

Nummer der Genehmigung: ..... Nummer der Erweiterung der Genehmigung: .....

Grund für die Erweiterung/Versagung/Zurücknahme <sup>(2)</sup>: .....

ABSCHNITT I

- 1.1. Marke (Handelsmarke(n) des Herstellers): .....
- 1.2. Handelsname(n) (sofern vorhanden): .....
- 1.3. Firmenname und Anschrift des Herstellers: .....
- 1.4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers: .....
- 1.5. Name(n) und Anschrift(en) der Fertigungsstätte(n): .....
- 1.6. Motortypbezeichnung/Motorenfamilienbezeichnung/FT <sup>(2)</sup>: .....
- 1.7. Klasse und Unterklasse des Motortyps/der Motorenfamilie <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 1.8. Klasse der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode: Entfällt/Klasse 1/Klasse 2/Klasse 3 <sup>(2)</sup>

ABSCHNITT II

- 1. Technischer Dienst, der für die Durchführung der Prüfungen zuständig ist: .....
- 2. Datum der Prüfberichte: .....
- 3. Nummern der Prüfberichte: .....

ABSCHNITT III

Der/die Unterzeichnete bestätigt hiermit die Richtigkeit der Herstellerangaben in dem beigefügten Beschreibungsbogen des oben genannten Motortyps/der oben genannten Motorenfamilie <sup>(2)</sup> sowie die Gültigkeit der beigefügten Prüfergebnisse in Bezug auf den Motortyp/die Motorenfamilie <sup>(2)</sup>. Die Typgenehmigungsbehörde hat ein (mehrere) Exemplar(e) zur Besichtigung ausgewählt, das (die) vom Hersteller als Baumuster des Fahrzeugtyps vorgestellt wurde(n).

- 1. Der Motortyp/die Motorenfamilie <sup>(2)</sup> genügt/genügt nicht <sup>(2)</sup> den Anforderungen der UN-Regelung Nr. 96, Änderungsreihe 05.
- 2. Die Genehmigung wird erteilt/erweitert/versagt/zurückgenommen <sup>(2)</sup>.

Ort: .....

Datum: .....

Name und Unterschrift:

.....

Anlagen:

Beschreibungsmappe

Prüfbericht(e)

Alle weiteren Unterlagen werden von den technischen Diensten oder der Typgenehmigungsbehörde im Zuge der Wahrnehmung ihrer Aufgaben der Beschreibungsmappe hinzugefügt.

*Beiblatt*

Genehmigungsnummer: .....

#### TEIL A

### **Merkmale des Motortyps/der Motorenfamilie <sup>(2)</sup>**

2. Gemeinsame Konstruktionskenngrößen des Motortyps/der Motorenfamilie <sup>(2)</sup>
  - 2.1. Arbeitsweise: Viertakt/Zweitakt/Rotationskolben/andere: ..... (beschreiben) <sup>(2)</sup>
  - 2.2. Art der Zündung: Selbstzündung/Fremdzündung <sup>(2)</sup>
  - 2.3.1. Lage der Zylinder im Block: V/Reihe/Stern/andere (beschreiben) <sup>(2)</sup>
  - 2.6. Hauptkühlmittel: Luft/Wasser/Öl <sup>(2)</sup>
  - 2.7. Luftansaugverfahren: Saugmotor/aufgeladener Motor/aufgeladener Motor mit Ladeluftkühlung <sup>(2)</sup>
  - 2.8.1. Kraftstofftyp(en): Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl)/Ethanol für bestimmte Selbstzündungsmotoren (ED95)/Petrol (E10)/Ethanol (E85)/(Erdgas/Biomethan)/Flüssiggas (LPG) <sup>(2)</sup>
    - 2.8.1.1. Kraftstoff-Untertyp (nur Biomethan/Flüssiggas) Universalkraftstoff — Kraftstoff mit hohem Heizwert („H-Gas“) und Kraftstoff mit niedrigem Heizwert („L-Gas“)/Kraftstoff mit Gasgruppeneinschränkung — Kraftstoff mit hohem Heizwert (H-Gas)/Kraftstoff mit Gasgruppeneinschränkung — Kraftstoff mit niedrigem Heizwert (L-Gas)/kraftstoffspezifisch (LNG) <sup>(2)</sup>
  - 2.8.2. Verwendbare Kraftstoffe: Nur Flüssigkraftstoff/nur gasförmiger Kraftstoff/Zweistoffmotor vom Typ 1A/Zweistoffmotor vom Typ 1B/Zweistoffmotor vom Typ 2A/Zweistoffmotor vom Typ 2B/Zweistoffmotor vom Typ 3B <sup>(2)</sup>
  - 2.8.3. Liste der zusätzlichen Kraftstoffe, Kraftstoffgemische oder -emulsionen, die mit dem Motor verwendbar sind, laut Erklärung des Herstellers gemäß Anlage 6 Absatz A.6.3.15 dieser Regelung (mit Hinweis auf eine anerkannte Norm oder Spezifikation): .....
  - 2.8.4. Kraftstoff mit Schmiermittelzusatz: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
  - 2.8.5. Kraftstoffsystem: Pumpe, Hochdruckleitung und Einspritzdüse/Reihen- oder Verteilereinspritzpumpe/Pumpe-Düse-System/ Common-Rail-Einspritzsystem/Vergaser/Saugrohrinspritzung/Direkteinspritzung/Mischer/anderes (angeben) <sup>(2)</sup>
- 2.9. Motormanagementsysteme: mechanische/elektronische Steuerstrategie <sup>(2)</sup>
- 2.10. Weitere Einrichtungen: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
  - 2.10.1. Abgasrückführung (AGR): Ja/Nein <sup>(2)</sup>
  - 2.10.2. Wassereinspritzung: Ja/Nein <sup>(2)</sup>

- 2.10.3. Lufteinblasung: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.10.4. Sonstige (angeben):
- 2.11. Abgasnachbehandlungssystem: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.1. Oxidationskatalysator: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.2. DeNO<sub>x</sub>-System mit selektiver NO<sub>x</sub>-Reduktion (Zusatz eines Reduktionsmittels): Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.3. Andere DeNO<sub>x</sub>-Systeme: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.4. Dreiwegekatalysator mit gleichzeitiger Oxidation und NO<sub>x</sub>-Reduktion: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.5. Partikelnachbehandlungssystem mit passiver Regenerierung: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.6. Partikelnachbehandlungssystem mit aktiver Regenerierung: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.7. Sonstige Partikelnachbehandlungssysteme: Ja/Nein <sup>(2)</sup>
- 2.11.8. Andere Nachbehandlungseinrichtungen (angeben): .....
- 2.11.9. Andere Vorrichtungen oder Merkmale mit starkem Einfluss auf Emissionen (angeben): .....
- 3. Hauptmerkmale der Motortypen:

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor/ Motortyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)		
3.1.1.	Motortypbezeichnung:				
3.1.2.	Motortypbezeichnung laut Motorenkennzeichnung: Ja/Nein <sup>(2)</sup>				
3.1.3.	Lage der gesetzlich vorgeschriebenen Kennzeichnung durch den Hersteller:				
3.2.1.	Angegebene Nenndrehzahl (min):				
3.2.1.2.	Angegebener Nennwert der Nutzleistung (kW):				
3.2.2.	Motordrehzahl bei Höchstleistung (min <sup>-1</sup> )				
3.2.2.2.	Höchste Nutzleistung (kW):				
3.2.3.	Drehzahl des maximalen Drehmoments (min <sup>-1</sup> )				
3.2.3.2.	Angegebenes maximales Drehmoment (Nm):				
3.6.3.	Zylinderanzahl:				
3.6.4.	Gesamthubraum des Motors (cm <sup>3</sup> )				
3.8.5.	Einrichtung zur Rückführung der Kurbelgehäusegase: Ja/Nein <sup>(2)</sup>				
3.11.3.12.	Selbstverbrauchendes Reagens: Ja/Nein <sup>(2)</sup>				
3.11.3.12.	Consumable reagent: Yes/No <sup>(2)</sup>				

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor/ Motortyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)		
3.11.3.12.1.	Art und Konzentration des für die katalytische Reaktion erforderlichen Reagens:				
3.11.3.13.	NO <sub>x</sub> -Sonde(n): Ja/Nein (²)				
3.11.3.14.	Sauerstoffsonde: Ja/Nein (²)				
3.11.4.7.	Katalysator als Kraftstoffadditiv: Ja/Nein (²)				

Besondere Bedingungen zur Beachtung beim Einbau des Motors in nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Geräte oder Fahrzeuge der Klasse T:

3.8.1.1.	Höchstzulässiger Ansaugunterdruck bei 100 %-Motordrehzahl und bei Volllast (kPa) mit sauberem Luftfilter:				
3.8.3.2.	Höchsttemperatur am Ladeluftkühlerauslass bei 100 %-Geschwindigkeit und Volllast (°C):				
3.8.3.3.	Höchstzulässiger Druckabfall über den Ladeluftkühler bei 100 %-Motordrehzahl und Volllast (kPa) (falls zutreffend):				
3.9.3.	Maximal zulässiger Abgasgegendruck bei 100 %-Motordrehzahl und Volllast (kPa):				
3.9.3.1.	Ort der Messung:				
3.11.1.2.	Höchsttemperaturabfall von der Abgasanlage oder vom Turboladerauslass (°C) bis am ersten Abgasnachbehandlungssystem, falls angegeben:				
3.11.1.2.1.	Prüfbedingungen für Messung:				

#### TEIL B

#### Prüfergebnisse

- 3.8. Hersteller beabsichtigt Verwendung des Drehmomentsignals des elektronischen Steuergeräts (ECU) für Betriebsüberwachung: Ja/Nein (²)
- 3.8.1. Drehmoment auf Leistungsprüfstand ist größer oder gleich  $0,93 \times$  ECU-Drehmoment: Ja/Nein (²)
- 3.8.2. Berichtigungsfaktor für ECU-Drehmoment, wenn Drehmoment auf Leistungsprüfstand kleiner als  $0,93 \times$  ECU-Drehmoment ist:
- 11.1. Ergebnis für Emissionen je Zyklus

Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	HC+ NO <sub>x</sub> (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh	Prüfung Zyklus (²)
Endergebnis für NRSC mit DF							
Endergebnis der Prüfung für NRTC mit DF							

11.2. Ergebnis für CO<sub>2</sub>:

11.3. Bezugswerte, falls die Vertragspartei verlangt, Überwachungsprüfungen im Betrieb durchzuführen.

11.3.1. NRTC-Bezugsarbeit (kWh):

11.3.2. NRTC-Bezugsarbeit CO<sub>2</sub> (g):

*Erläuterungen zu Anhang 2*

*(Fußnotenverweise, Fußnoten und Erläuterungen, die nicht im Typgenehmigungsbogen anzugeben sind)*

<sup>(1)</sup> Distinguishing number of the contracting party which has granted/extended/refused/withdrawn an approval.

<sup>(2)</sup> Strike out the unused options, or only show the used option(s).

<sup>(3)</sup> Indicate the applicable option for the category and sub-category in accordance with entry 1.7 of the information document set out in Part A of Appendix A.3 to Annex 1.

<sup>(4)</sup> Indicate the used test cycle as prescribed in Appendix A.6 to Annex 4 to this Regulation.

---

## ANLAGE A.1

**PRÜFBERICHT**

## A.1.1. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

Für jede der für die Typgenehmigung vorgeschriebenen Prüfungen ist ein Prüfbericht zu erstellen. Für jede Prüfung, die zusätzlich (z. B. mit einer zweiten Drehzahl bei einem Motor mit konstanter Drehzahl) oder ergänzend (z. B. mit einem anderen zu prüfenden Kraftstoff) durchgeführt wird, ist ein zusätzlicher bzw. ergänzender Prüfbericht erforderlich.

## A.1.2. ERLÄUTERUNG ZUR ANLAGE EINES PRÜFBERICHTS

A.1.2.1. Der Prüfbericht muss wenigstens die in Absatz A.1.3 aufgeführten Angaben enthalten.

A.1.2.2. ungeachtet der Bestimmung von Absatz A.1.2.1 müssen nur die für die jeweilige Prüfung sowie für die jeweilige Motorenfamilie, den jeweiligen Motortyp innerhalb der Motorenfamilie oder den geprüften Motortyp relevanten Abschnitte oder Unterabschnitte im Prüfbericht angegeben werden (wird beispielsweise keine Prüfung des Typs NRTC durchgeführt, kann dieser Abschnitt entfallen);

A.1.2.3. der Prüfbericht kann mehr Angaben als die in Absatz A.1.2.1 verlangten enthalten, muss aber dem vorgegebenen Nummerierungsschema folgen;

A.1.2.4. werden für einen Eintrag mehrere, durch rechtsgeneigte Schrägstriche voneinander getrennte Wahlmöglichkeiten angeboten, sind die nicht verwendeten Möglichkeiten durchzustreichen oder nur die verwendeten Möglichkeiten anzugeben;

A.1.2.5. wird die Angabe des „Typs“ eines Bauteils verlangt, so muss sie das Bauteil eindeutig bezeichnen; dies kann durch eine Merkmalsliste, einen Herstellernamen mit Teile- oder Zeichnungsnummer, eine Zeichnung, eine Kombination der genannten Elemente oder andere Methoden, die dasselbe Ergebnis erzielen, geschehen.

A.1.2.6. Der Prüfbericht kann in Papierform oder in einem vom Hersteller, vom technischen Dienst und von der Typgenehmigungsbehörde vereinbarten elektronischen Format vorgelegt werden.

## A.1.3. PRÜFBERICHTSMUSTER

### Prüfbericht für nicht für den Straßenverkehr bestimmte Motoren

1. ALLGEMEINE ANGABEN
  - 1.1. Fabrikmarke(n) (Firmenname(n) des Herstellers):.....
  - 1.2. Handelsname(n) (sofern vorhanden): .....
  - 1.3. Firmenname und Anschrift des Herstellers:.....
  - 1.4. Name des technischen Dienstes:.....
  - 1.5. Anschrift des technischen Dienstes: .....
  - 1.6. Ort der Prüfung: .....
  - 1.7. Datum der Prüfung:.....
  - 1.8. Prüfberichtsnummer:.....
  - 1.9. Bezugsnummer des Beschreibungsbogens (falls verfügbar): .....
  - 1.10. Art des Prüfberichts (\*): Hauptprüfung/zusätzliche Prüfung/ergänzende Prüfung
    - 1.10.1. Beschreibung des Prüfungszwecks:.....
2. ALLGEMEINE ANGABEN ZUM MOTOR (PRÜFMOTOR)
  - 2.1. Motortypbezeichnung/Motorenfamilienbezeichnung/FT: .....
  - 2.2. Motorkennnummer:.....
  - 2.3. Klasse und Unterklasse des Motors (\*): NRE-v-1/NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2/NRE-c-3/NRE-c-4/NRE-c-5/NRE-c-6/NRE-c-7/NRG-v-1/NRG-c-1/NRSh-v-1a/NRSh-v-1b/NRS-vr-1a/ NRS-vr-1b/ NRS-vi-1a/NRS-vi-1b/NRS-v-2a/NRS-v-2b/NRS-v-3/SMB-v-1/ATS-v-1
3. PRÜFLISTE FÜR DIE UNTERLAGEN UND ANGABEN (NUR HAUPTPRÜFUNG)
  - 3.1. Verweis auf die Unterlagen über die Motorabbildung: .....
  - 3.2. Verweis auf die Unterlagen über die Bestimmung des Verschlechterungsfaktors: .....
  - 3.3. Verweis auf die Unterlagen über die Bestimmung der Faktoren für die sporadische Regenerierung, falls anwendbar: .....
  - 3.4. Verweis auf die Unterlagen über die Darstellung des NO<sub>x</sub>-Diagnosesystems, falls anwendbar: .....

- 3.5. Verweis auf die Unterlagen über die Darstellung des Diagnosesystems für Partikelemissionen, falls anwendbar:.....
- 3.6. Für Motortypen und Motorenfamilien, in deren Emissionsminderungssystem ein elektronisches Steuergerät (ECU) verwendet wird, Verweis auf die Unterlagen über die Erklärung zu den Vorkehrungen, mit denen Manipulationen verhindert werden: .....
- 3.7. Für Motortypen und Motorenfamilien, in deren Emissionsminderungssystem mechanische Einrichtungen verwendet werden, Verweis auf die Unterlagen über die Erklärung zu den Vorkehrungen, mit denen Manipulationen verhindert werden, und zu den einstellbaren Kenngrößen:.....
- 3.8. Hersteller beabsichtigt Verwendung des Drehmomentsignals des elektronischen Steuergeräts (ECU) für Betriebsüberwachung (\*): Ja/Nein
- 3.8.1. Drehmoment auf Leistungsprüfstand ist größer oder gleich  $0,93 \times$  ECU-Drehmoment (\*): Ja/Nein
- 3.8.2. Berichtigungsfaktor für ECU-Drehmoment, wenn Drehmoment auf Leistungsprüfstand kleiner als  $0,93 \times$  ECU-Drehmoment ist:
4. FÜR DIE PRÜFUNG VERWENDETE BEZUGSKRAFTSTOFFE (BETREFFENDE UNTERABSÄTZE AUSFÜLLEN)
- 4.1. Flüssigkraftstoff für Fremdzündungsmotoren
- 4.1.1. Fabrikmarke:.....
- 4.1.2. Typ: .....
- 4.1.3. Oktanzahl ROZ:.....
- 4.1.4. Motor-Oktanzahl MOZ: .....
- 4.1.5. Ethanolgehalt (%): .....
- 4.1.6. Dichte bei 15 °C ( $\text{kg/m}^3$ ) .....
- 4.2. Flüssigkraftstoff für Selbstzündungsmotoren
- 4.2.1. Fabrikmarke:.....
- 4.2.2. Typ: .....
- 4.2.3. Cetanzahl:.....
- 4.2.4. Fettsäuremethylestergehalt (%): .....
- 4.2.5. Dichte bei 15 °C ( $\text{kg/m}^3$ ) .....
- 4.3. Gasförmiger Kraftstoff — LPG
- 4.3.1. Fabrikmarke:.....
- 4.3.2. Typ: .....
- 4.3.3. Typ des Bezugskraftstoffs: Kraftstoff A/Kraftstoff B
- 4.3.4. Motor-Oktanzahl MOZ: .....

- 4.4. Gasförmiger Kraftstoff — Methan/Biomethan
  - 4.4.1. Typ des Bezugskraftstoffs (\*): GR/G23/G25/G20
  - 4.4.2. Quelle des Bezugsgases: jeweiliger Bezugskraftstoff/Leitungsgas mit Beimischung .....
  - 4.4.3. Für den jeweiligen Bezugskraftstoff
    - 4.4.3.1. Fabrikmarke:.....
    - 4.4.3.2. Typ: .....
  - 4.4.4. Für Leitungsgas mit Beimischung
    - 4.4.4.1. Beimischung(en) (\*): Kohlendioxid/Ethan/Methan/Stickstoff/Propan
      - 4.4.4.2.  $S_{\lambda}$ -Wert des resultierenden Kraftstoffgemischs:.....
      - 4.4.4.3. Methanzahl (MZ) des resultierenden Kraftstoffgemischs: .....
- 4.5. Zweistoffmotor (zusätzlich zu den entsprechenden vorstehenden Abschnitten)
  - 4.5.1. Gas-Energie-Verhältnis im Prüfzyklus:.....
- 5. SCHMIERMITTEL
  - 5.1. Marke(n): .....
  - 5.2. Typ(en):.....
  - 5.3. SAE-Viskosität:.....
  - 5.4. Schmiermittel und Kraftstoff sind gemischt (\*): ja/nein
    - 5.4.1. Prozentualer Anteil von Öl im Gemisch: .....
- 6. MOTORDREHZAHL
  - 6.1. Nenndrehzahl (100 %) ( $\text{min}^{-1}$ ): .....
  - 6.1.1. Bestimmung der Nenndrehzahl durch (\*): Angegebene Nenndrehzahl/angegebene maximale Prüfdrehzahl/gemessene Prüfdrehzahl
  - 6.1.2. Angepasste maximale Prüfdrehzahl ( $\text{min}^{-1}$ ):.....
  - 6.2. Zwischendrehzahl: .....
  - 6.2.1. Bestimmung der Zwischendrehzahl durch (\*): Angegebene Zwischendrehzahl/gemessene Zwischendrehzahl/60 % der Nenndrehzahl/75 % der Nenndrehzahl/85 % der Nenndrehzahl
  - 6.3. Leerlaufdrehzahl ( $\text{min}^{-1}$ ):.....
- 7. MOTORLEISTUNG
  - 7.1. Vom Motor angetriebene Einrichtungen (falls vorhanden)
    - 7.1.1. Die Leistung bei den angegebenen Motordrehzahlen, die von Hilfsaggregaten aufgenommen wird, die für die Funktion des Motors unerlässlich sind und für die Prüfungen nicht eingebaut werden können (laut Herstellerangaben) sind in Tabelle 1 aufzuführen.

Tabelle 1  
Leistungsaufnahme der Nebenaggregate des Motors

Typ und Kennzeichen des Hilfsaggregats	Leistung des Hilfsaggregats (kW) bei den angegebenen Motordrehzahlen (die entsprechenden Spalten ausfüllen)						
	Leerlauf	63 %	80 %	91 %	Zwischen- drehzahl	Maxi- malleis- tung	100 %

Typ und Kennzeichen des Hilfsaggregats	Leistung des Hilfsaggregats (kW) bei den angegebenen Motordrehzahlen (die entsprechenden Spalten ausfüllen)						
	Leerlauf	63 %	80 %	91 %	Zwischen- drehzahl	Maxi- malleis- tung	100 %
Insgesamt ( $P_{f,i}$ ):							

- 7.1.2. Die Leistungsaufnahme bei den angegebenen Motordrehzahlen von Hilfsaggregaten, die die mit dem Betrieb der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen/Geräte und Fahrzeuge der Klasse-T in Verbindung stehen, mit dem Motor verbunden sind und für die Prüfungen nicht entfernt werden können (laut Herstellerangaben), sind in Tabelle 2 aufzuführen:

Tabelle 2

**Leistungsaufnahme der Hilfsaggregate von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten**

Typ und Kennzeichen des Hilfsaggregats	Leistung des Hilfsaggregats (kW) bei den angegebenen Motordrehzahlen (die entsprechenden Spalten ausfüllen)						
	Leerlauf	63 %	80 %	91 %	Zwischen- drehzahl	Maximal- leistung	100 %
Insgesamt ( $P_{r,i}$ ):							

- 7.2. Die Motornutzleistung ist in Tabelle 3 anzugeben:

Tabelle 3

**Motornutzleistung**

Bedingung	Motornutzleistung (kW) bei den angegebenen Motordrehzahlen (die entsprechenden Spalten ausfüllen)		
	Zwischendrehzahl	Maximalleistung	100 %
Bei vorgegebener Prüfdrehzahl gemessene Bezugsleistung ( $P_{m,i}$ )			
Leistung der Hilfsaggregate insgesamt aus Tabelle 1 ( $P_{f,i}$ )			
Leistung der Hilfsaggregate insgesamt aus Tabelle 2 ( $P_{r,i}$ )			
Motornutzleistung $P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i}$			

8. BEDINGUNGEN BEI DER PRÜFUNG

- 8.1.  $f_a$  im Bereich von 0,93 bis 1,07 (\*): Ja/Nein

- 8.1.1. Falls  $f_a$  nicht innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegt, Meereshöhe der Prüfeinrichtung und den Trockenluftdruck angeben: ...
- 8.2. Zulässiger Temperaturbereich für die Einlassluft (\*): 20 bis 30 °C / -5 bis -15 °C (nur Motorschlitten) / 20 bis 35 °C (nur NRE mit mehr als 560 kW)
- 9. INFORMATIONEN ZUR DURCHFÜHRUNG DER NRSC-PRÜFUNG:
- 9.1. Zyklus (verwendeten Zyklus mit X kennzeichnen) in Tabelle 4 angeben:

Tabelle 4  
**NRSC-Prüfzyklus**

Zyklus	C1	C2	D2	G1	G2	G3	H
Einzelphasen-Modus							
RMC						k. A.	

- 9.2. Die Einstellung des Leistungsprüfstands (kW) ist in Tabelle 5 anzugeben:

Tabelle 5  
**Einstellung des Leistungsprüfstandes**

% Drehmoment oder gegebenenfalls % Nennleistung	Einstellung des Leistungsprüfstands (kW) bei angegebener Motordrehzahl nach Anpassung für die Leistungsaufnahme der Hilfsaggregate <sup>(1)</sup> (die entsprechenden Spalten sind auszufüllen)					
	Leerlauf	63 %	80 %	91 %	Zwischendrehzahl	100 %
5 %						
10 %						
25 %						
50 %						
75 %						
100 %						

<sup>(1)</sup> Die Einstellung des Leistungsprüfstands wird mithilfe des Verfahrens in Anhang 4 Absatz 7.7.1.3 dieser Regelung bestimmt. Die Leistungsaufnahme von Hilfsaggregaten wird mithilfe der Gesamtwerte in den Tabellen 1 und 2 dieser Anlage bestimmt.

- 9.3. Ergebnis für NRSC-Emissionen
- 9.3.1. Verschlechterungsfaktor (DF): berechnet/vorgegeben
- 9.3.2. Die DF-Werte und die nach Zyklus gewichteten Ergebnisse der Emissionsprüfung sind in Tabelle 6 anzugeben:

Anmerkung: Falls die Faktoren  $K_{ru}$  oder  $K_{rd}$  bei einem NRSC-Zyklus mit Einzelphasen für die Einzelphasen ermittelt wurden, ist die abgebildete Tabelle durch eine Tabelle zu ersetzen, in der jede Einzelphase und die jeweils verwendeten Faktoren  $K_{ru}$  oder  $K_{rd}$  aufgeführt sind.

Tabelle 6  
**DF-Werte und gewichtete Ergebnisse der Emissionsprüfung im NRSC-Zyklus**

DF mult/add	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+ NO <sub>x</sub>	PM	PN
Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	HC+ NO <sub>x</sub> (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Prüfergebnis mit/ohne Regenerierung						

DF mult/add	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+ NO <sub>x</sub>	PM	PN
$k_{ru}/k_{rd}$ mult/add						
Prüfergebnis mit Anpassungsfaktoren für die sporadische Regenerierung						
Abschließendes Prüfergebnis mit DF						

9.3.3. Nach Zyklus gewichtetes CO<sub>2</sub> (g/kWh):

9.3.4. Durchschnittlicher Zykluswert für NH<sub>3</sub> (ppm):

9.4. Zusätzliche Prüfpunkte für den Kontrollbereich (gegebenenfalls) in Tabelle 7 angeben:

Tabelle 7

**Zusätzliche Prüfpunkte für den Kontrollbereich**

Emissionen am Prüfpunkt	Motordrehzahl	Last (%)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	HC+ NO <sub>x</sub> (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Prüfergebnis 1								
Prüfergebnis 2								
Prüfergebnis 3								

9.5. Für die NRSC-Prüfung verwendete Probenahmesysteme:

9.5.1. Gasförmige Emissionen:

9.5.2. PM:

9.5.2.1. Methode (\*): Einfach-/Mehrfachfilter

9.5.3. Partikelzahl:

10. INFORMATIONEN ZUR DURCHFÜHRUNG DER DYNAMISCHEN PRÜFUNG (FALLS ZUTREFFEND):

10.1. Zyklus (Zyklus mit X markieren) ist in Tabelle 8 anzugeben:

Tabelle 8

**Dynamischer Prüfzyklus**

NRTC	
LSI-NRTC	

10.2. Verschlechterungsfaktoren für die dynamische Prüfung:

10.2.1. Verschlechterungsfaktor (DF): berechnet/festgelegt

10.2.2. Die DF-Werte und die Ergebnisse der Emissionsprüfung sind in Tabelle 9 anzugeben

10.3. Ergebnisse für NRTC-Emissionen:

Tabelle 9

**DF-Werte und Emissionsergebnisse für den NRTC**

DF mult/add	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+ NO <sub>x</sub>	PM	PN
Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	HC+ NO <sub>x</sub> (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Kaltstart						
Warmstart-Prüfergebnis mit/ohne Regenerierung						
Gewichtetes Prüfergebnis						
$k_{ru}/k_{rd}$ mult/add						
Gewichtetes Prüfergebnis mit IRAF						
Abschließendes Prüfergebnis mit DF						

10.3.1. Warmzyklus-CO<sub>2</sub> (g/kWh):

10.3.2. Durchschnittlicher Zykluswert für NH<sub>3</sub> (ppm):

10.3.3. Zyklusarbeit für Warmstartprüfung (kWh):

10.3.4. CO<sub>2</sub> je Zyklus für Warmstartprüfung (g):

10.4. Emissionsergebnisse für LSI-NRTC:

Tabelle 10

**DF-Werte und Emissionsergebnisse für LSI-NRTC**

DF mult/add	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+ NO <sub>x</sub>	PM	PN
Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	HC+ NO <sub>x</sub> (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Prüfergebnis mit/ohne Regenerierung						
$k_{ru}/k_{rd}$ mult/add						
Prüfergebnis mit IRAF						
Abschließendes Prüfergebnis mit DF						

10.4.1. Zyklus-CO<sub>2</sub> (g/kWh):

10.4.2. Durchschnittlicher Zykluswert für NH<sub>3</sub> (ppm):

10.4.3. Zyklusarbeit (kWh):

- 10.4.4. Zyklus-CO<sub>2</sub> (g):
- 10.5. Für die dynamische Prüfung verwendetes Probenahmesystem
- 10.5.1. Gasförmige Emissionen:
- 10.5.2. PM:
- 10.5.3. Partikelzahl:
11. ENDERGEBNIS DER EMISSIONSPRÜFUNGEN
- 11.1. Die Emissionen je Zyklus sind in Tabelle 11 anzugeben:

Tabelle 11

**Endergebnis der Emissionsprüfungen**

Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	HC+NO <sub>x</sub> (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh	Prüfung Zyklus <sup>(1)</sup>
Endergebnis der Prüfung für NRSC mit DF <sup>(2)</sup>							
Abschließendes Ergebnis für die dynamische Prüfung mit DF <sup>(3)</sup>							

<sup>(1)</sup> Für den NRSC den unter Absatz 9.1 genannten Zyklus angeben; für die dynamische Prüfung den unter Absatz 10.1 genannten Zyklus angeben.

<sup>(2)</sup> Ergebnisse aus Tabelle 6 kopieren.

<sup>(3)</sup> Ergebnisse aus Tabelle 9 oder gegebenenfalls 10 kopieren.

- 11.2. CO<sub>2</sub>-Ergebnis <sup>(1)</sup>:
- 11.3. Bezugswerte, falls die Vertragspartei verlangt, Überwachungsprüfungen im Betrieb durchzuführen.
- 11.3.1. NRTC-Bezugsarbeit (kWh) <sup>(2)</sup>:
- 11.3.2. NRTC Bezugs-CO<sub>2</sub> (g) <sup>(3)</sup>:

*Erläuterungen zum Muster für den Prüfbericht*

*(Fußnotenzeichen, Fußnoten und Erläuterungen, die nicht im Prüfbericht anzugeben sind)*

(\*) Nichtzutreffendes streichen

<sup>(1)</sup> Für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie, der bzw. die sowohl im NRSC als auch in einem dynamischen Zyklus geprüft wird, sind die für den NRTC unter Absatz 10.2.3 notierten Warmzyklus-CO<sub>2</sub>-Emissionswerte oder die für den LSI-NRTC unter Absatz 10.3.3 notierten CO<sub>2</sub>-Emissionswerte anzugeben. Bei einem Motor, der nur im NRSC geprüft wird, sind die CO<sub>2</sub>-Emissionswerte dieses Zyklus aus Absatz 9.3.3 anzugeben.

<sup>(2)</sup> Bei einem Motor, der im NRTC geprüft wird, ist der Wert aus Absatz 10.3.3 aufzuzeichnen, ansonsten erfolgt keine Eintragung.

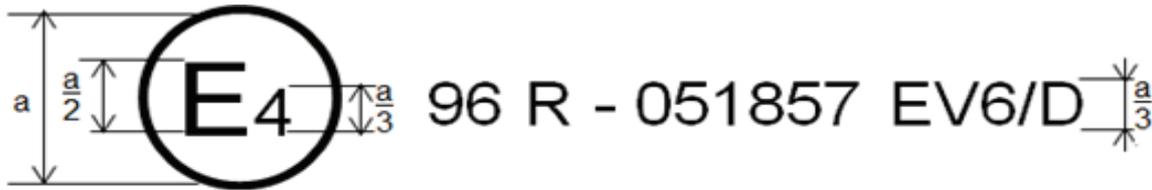
<sup>(3)</sup> Bei einem Motor, der im NRTC geprüft wird, ist der Wert aus Absatz 10.3.4 aufzuzeichnen, ansonsten erfolgt keine Eintragung.

ANHANG 3

ANORDNUNGEN DER GENEHMIGUNGSZEICHEN

MUSTER A

(siehe Absatz 4.3.3 dieser Regelung)

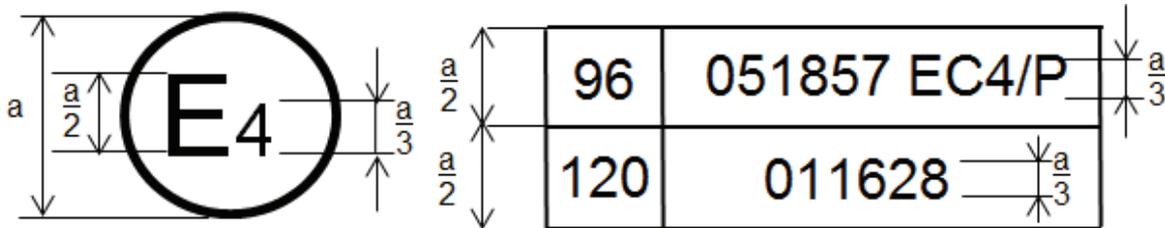


a = 8 mm min.

Das oben dargestellte, an einem Motor angebrachte Genehmigungszeichen besagt, dass der betreffende Motortyp nach der Regelung Nr. 96 (auf Stufe V für die Unterklasse NRE-v6 mit variabler Drehzahl 130 bis 560 kW, mit Diesel betrieben) in den Niederlanden (E4) unter der Genehmigungsnummer 051857 genehmigt worden ist. Aus den ersten beiden Ziffern der Genehmigungsnummer geht hervor, dass die UN-Regelung Nr. 96 in ihrer geänderten Fassung (Änderungsserie 05) vorlag, als die Genehmigung erteilt wurde.

MUSTER B

(siehe Absatz 4.4.3.4 dieser Regelung)



a = 8 mm min.

Das oben dargestellte, an einem Motor angebrachte Genehmigungszeichen besagt, dass der betreffende Motortyp nach den UN-Regelungen Nr. 96 und Nr. 120 (gemäß der Stufe, die der NRE-Unterklasse mit konstanter Drehzahl 56 bis 130 kW entspricht, wie durch den Code EC4 angegeben, und mit Benzin (E10) betrieben, wie durch den Code P angegeben) in den Niederlanden (E4) genehmigt worden ist. Aus den ersten beiden Ziffern der Genehmigungsnummer geht hervor, dass bei der Erteilung der jeweiligen Genehmigungen die UN-Regelung Nr. 96 in ihrer geänderten Fassung (Änderungsserie 05) und die UN-Regelung Nr. 120 in ihrer geänderten Fassung (Änderungsserie 01) vorlag.

## ANLAGE A.1

## MOTORENKLASSENKENNUNG FÜR DAS TYPGENEHMIGUNGSZEICHEN

Tabelle 1

## Motorenklassenkennung für das Typgenehmigungszeichen

Motorenklasse (Spalte 1)	Motorenunterklasse (Spalte 2)	EDP-Klasse(gegebenenfalls) (Spalte 3)	Motorenklassenkennung (Spalte 4)
NRE	NRE-v-1		EV1
	NRE-v-2		EV2
	NRE-v-3		EV3
	NRE-v-4		EV4
	NRE-v-5		EV5
	NRE-v-6		EV6
	NRE-v-7		EV7
	NRE-c-1		EC1
	NRE-c-2		EC2
	NRE-c-3		EC3
	NRE-c-4		EC4
	NRE-c-5		EC5
	NRE-c-6		EC6
	NRE-c-7		EC7
NRG	NRG-v-1		GV1
	NRG-c-1		GC1
NRSh	NRSh-v-1a	Klasse 1	SHA1
		Klasse 2	SHA2
		Klasse 3	SHA3
	NRSh-v-1b	Klasse 1	SHB1
		Klasse 2	SHB2
		Klasse 3	SHB3
SMB	SMB-v-1		SM1

Motorenklasse (Spalte 1)	Motorenunterklasse (Spalte 2)	EDP-Klasse(gegebenenfalls) (Spalte 3)	Motorenklassenkennung (Spalte 4)
ATS	ATS-v-1		AT1
NRS	NRS-vr-1a	Klasse 1	SRA1
		Klasse 2	SRA2
		Klasse 3	SRA3
	NRS-vr-1b	Klasse 1	SRB1
		Klasse 2	SRB2
		Klasse 3	SRB3
	NRS-vi-1a	Klasse 1	SYA1
		Klasse 2	SYA2
		Klasse 3	SYA3
	NRS-vi-1b	Klasse 1	SYB1
		Klasse 2	SYB2
		Klasse 3	SYB3
	NRS-v-2a	Klasse 1	SVA1
		Klasse 2	SVA2
		Klasse 3	SVA3
	NRS-v-2b	Klasse 1	SVB1
		Klasse 2	SVB2
		Klasse 3	SVB3
	NRS-v-3	Klasse 1	SV31
		Klasse 2	SV32
		Klasse 3	SV33

Tabelle 2

**Kodierungen nach Art des verwendeten Kraftstoffs für Genehmigungszeichen**

Motortyp nach verwendeter Kraftstoffart (Spalte 1)	Untertyp, gegebenenfalls (Spalte 2)	Code des Kraftstofftyps (Spalte 3)
mit Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl) betriebener Selbstzündungsmotor		D
mit Ethanol (ED95) betriebener spezieller Selbstzündungsmotor		ED
mit Ethanol (E85) betriebener Fremdzündungsmotor		E85
mit Benzin (E10) betriebener Fremdzündungsmotor		P

Motortyp nach verwendeter Kraftstoffart (Spalte 1)	Untertyp, gegebenenfalls (Spalte 2)	Code des Kraftstofftyps (Spalte 3)
mit Flüssiggas (LPG) betriebener Fremdzündungsmotor		Q
mit Erdgas/Biomethan betriebener Fremdzündungsmotor	Motor ist für die Gasgruppe H genehmigt und kalibriert	H
	Motor ist für die Gasgruppe L genehmigt und kalibriert	L
	Motor ist sowohl für die Gasgruppe H als auch für die Gasgruppe L genehmigt und kalibriert	HL
	Motor ist für eine spezielle Gaszusammensetzung der Gasgruppe H genehmigt und kalibriert und kann durch eine Feinabstimmung des Motor-Kraftstoffsystems auf ein anderes spezielles Gas der Gasgruppe H eingestellt werden	HT
	Motor ist für eine spezielle Gaszusammensetzung der Gasgruppe L genehmigt und kalibriert und kann durch eine Feinabstimmung des Motor-Kraftstoffsystems auf ein anderes spezielles Gas der Gasgruppe L eingestellt werden	LT
	Motor ist für eine spezielle Gaszusammensetzung entweder der Gasgruppe H oder der Gasgruppe L genehmigt und kalibriert und kann durch eine Feinabstimmung des Motor-Kraftstoffsystems auf ein anderes bestimmtes Gas entweder der Gasgruppe H oder der Gasgruppe L eingestellt werden;	HLT
	Motor ist für eine spezielle Flüssigerdgas/Flüssigbiomethan-Gaszusammensetzung genehmigt und kalibriert, woraus ein $\lambda$ -Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem $\lambda$ -Verschiebungsfaktor des in Anhang 4 dieser Regelung genannten G <sub>20</sub> -Kraftstoffs abweicht und dessen Ethan-Gehalt 1,5 % nicht übersteigt;	LN2
	Motor ist für sonstige Mischungen aus Flüssigerdgas und Flüssigbiomethangas genehmigt und kalibriert	Flüssigerdgas (LNG)
Zweistoffmotoren	für Zweistoffmotoren des Typs 1A	1A# (*)
	für Zweistoffmotoren des Typs 1B	1B# (*)
	für Zweistoffmotoren des Typs 2 A	2A# (*)
	für Zweistoffmotoren des Typs 2 B	2B# (*)
	für Zweistoffmotoren des Typs 3 B	3B# (*)

(\*) Für das Zeichen „#“ ist eine genehmigte Gasspezifikation aus Tabelle 3 einzusetzen.

Tabelle 3  
Kürzel für Zweistoffmotoren

Genehmigte Gasspezifikation	Kürzel für Zweistoffmotoren (Spalte 2)
Zweistoffmotor, der für die Gasgruppe H als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs genehmigt und kalibriert ist	1
Zweistoffmotor, der für die Gasgruppe L als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs genehmigt und kalibriert ist	2

Genehmigte Gasspezifikation	Kürzel für Zweistoffmotoren (Spalte 2)
Zweistoffmotor, der sowohl für die Gasgruppe H als auch für die Gasgruppe L als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs genehmigt und kalibriert ist	3
Zweistoffmotor, der für eine bestimmte Gaszusammensetzung der Gasgruppe H genehmigt und kalibriert ist und durch eine Feinabstimmung des Motor-Kraftstoffsystems auf ein anderes bestimmtes Gas der Gasgruppe H als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs eingestellt werden kann	4
Zweistoffmotor, der für eine bestimmte Gaszusammensetzung der Gasgruppe L genehmigt und kalibriert ist und durch eine Feinabstimmung des Motor-Kraftstoffsystems auf ein anderes bestimmtes Gas der Gasgruppe L als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs eingestellt werden kann	5
Zweistoffmotor, der für eine spezielle Gaszusammensetzung entweder der Gasgruppe H oder der Gasgruppe L genehmigt und kalibriert ist und durch eine Feinabstimmung des Motor-Kraftstoffsystems auf ein anderes bestimmtes Gas entweder der Gasgruppe H oder der Gasgruppe L als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs eingestellt werden kann	6
Zweistoffmotor, der für eine spezielle Flüssigerdgas/Flüssigbiomethan-Gaszusammensetzung genehmigt und kalibriert ist, woraus ein $\lambda$ -Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem $\lambda$ -Verschiebungsfaktor des in Anhang 4 dieser Regelung genannten G <sub>20</sub> -Kraftstoffs abweicht und dessen Ethangehalt 1,5 % als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs nicht übersteigt	7
Zweistoffmotor, der für eine beliebige andere (als die aufgeführten Mischungen) Mischung aus Flüssigerdgas und Flüssigbiomethan als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs genehmigt und kalibriert ist	8
Zweistoffmotor, der für den Betrieb mit Flüssiggas (LPG) als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs genehmigt ist	9

## ANHANG 4

## PRÜFVERFAHREN

## 1. EINLEITUNG

In diesem Anhang werden das Verfahren zur Bestimmung der Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus dem zu prüfenden Motor und die Anforderungen an die Messeinrichtung beschrieben.

## 2. ALLGEMEINER ÜBERBLICK

2.1. Dieser Anhang enthält die für die Durchführung einer Emissionsprüfung notwendigen technischen Vorschriften.

## 3. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN, ZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN

## 3.1. Begriffsbestimmungen

Siehe Absatz 2.1 dieser Regelung

3.2. Allgemeine Symbole<sup>(1)</sup>

Zeichen	Einheit	Begriff
$a_0$	—	y-Achsabschnitt der Regressionsgeraden
$a_1$	—	Steigung der Regressionsgeraden
$a_{sp}$	rad/s <sup>2</sup>	Ableitung der Motordrehzahl beim Sollwert
$A/E_{st}$	—	stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis
$c$	ppm, Volumenprozent	Konzentration (auch in $\mu\text{mol/mol} = \text{ppm}$ )
$D$	—	Verdünnungsfaktor
$d$	m	Durchmesser
$E$	Prozent	Umwandlungseffizienz
$e$	g/kWh	bremsspezifische Basis
$e_{gas}$	g/kWh	spezifische Emission gasförmiger Bestandteile
$e_{PM}$	g/kWh	spezifische Partikelemissionen
$e_w$	g/kWh	gewichtete spezifische Emissionen
$F$		Statistik der F-Prüfung
$F$	—	Häufigkeit der Regenerierungsvorgänge, ausgedrückt als Bruchteil der Prüfungen, bei denen Regenerierungsvorgänge anfallen.
$f_a$	—	atmosphärischer Faktor im Labor
$k_r$	—	multiplikativer Regenerierungsfaktor
$k_{Dr}$	—	Faktor der Anpassung nach unten
$k_{Ur}$	—	Faktor der Anpassung nach oben

<sup>(1)</sup> Besondere Zeichen finden sich in den Anhängen.

Zeichen	Einheit	Begriff
$\lambda$	—	Luftüberschussfaktor
$L$	—	% Drehmoment
$M_a$	g/mol	Molmasse der Ansaugluft
$M_e$	g/mol	Molmasse des Abgases
$M_{\text{gas}}$	g/mol	Molmasse der gasförmigen Bestandteile
$m$	kg	Masse
$m_{\text{gas}}$	g	Masse der gasförmigen Emissionen über einen Prüfzyklus
$m_{\text{PM}}$	g	Masse der Partikelemissionen über einen Prüfzyklus
$n$	min <sup>-1</sup>	Motordrehzahl
$n_{\text{hi}}$	min <sup>-1</sup>	hohe Drehzahl
$n_{\text{lo}}$	min <sup>-1</sup>	niedrige Drehzahl
$P$	kW	Leistung
$P_{\text{max}}$	kW	festgestellte oder angegebene Höchstleistung bei Prüfdrehzahl unter Prüfbedingungen (Angabe des Herstellers)
$P_{\text{AUX}}$	kW	angegebene Gesamtleistungsaufnahme der für die Prüfung angebrachten Hilfseinrichtungen
$p$	kPa	Druck
$p_a$	kPa	trockener atmosphärischer Druck
$PF$	Prozent	Durchlassanteil
$q_{\text{maw}}$	kg/s	Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht
$q_{\text{mdw}}$	kg/s	Massendurchsatz der Verdünnungsluft, feucht
$q_{\text{mdew}}$	kg/s	Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht
$q_{\text{mew}}$	kg/s	Massendurchsatz des Abgases, feucht
$q_{\text{mf}}$	kg/s	Massendurchsatz des Kraftstoffs
$q_{\text{mp}}$	kg/s	Abgasprobendurchsatz am Eintritt des Teilstrom-Verdünnungssystems
$q_V$	m <sup>3</sup> /s	Volumendurchsatz
$RF$	—	Ansprechfaktor
$r_d$	—	Verdünnungsverhältnis
$r^2$	—	Bestimmungskoeffizient

Zeichen	Einheit	Begriff
$r$	kg/m <sup>3</sup>	Dichte
$s$	—	Standardabweichung
$S$	kW	Einstellung des Leistungsprüfstandes
$SEE$	—	Standardabweichung vom Schätzwert von $y$ über $x$
$T$	°C	Temperatur
$T_a$	K	absolute Temperatur
$T$	N·m	Motordrehmoment
$T_{sp}$	N·m	gefordertes Drehmoment am jeweiligen Einstellpunkt „sp“
$u$	—	Verhältnis Dichte der Gasbestandteile/Abgasdichte
$t$	s	Zeit
$Dt$	s	Zeitintervall
$t_{10}$	s	Zeit zwischen Sprungeingangssignal und 10 % der Endablesung
$t_{50}$	s	Zeit zwischen Sprungeingangssignal und 50 % der Endablesung
$t_{90}$	s	Zeit zwischen Sprungeingangssignal und 90 % der Endablesung
$V$	m <sup>3</sup>	Volumen
$W$	kWh	Arbeit
$y$		generische Variable
$\bar{y}$		Arithmetisches Mittel

### 3.3. Tiefgestellte Indizes

abs	absolute Größe
act	tatsächliche Größe
Luft	Luftmenge
amb	umgebende Menge
atm	atmosphärische Menge
cor	korrigierte Menge
CFV	Venturirohr mit kritischer Strömung
denorm	entnormierte Menge
dry	trockene Menge
exp	erwartete Menge
filter	PM-Probenahmefilter
$i$	momentanes Messergebnis (z. B. 1 Hz)
$i$	Einzelwert einer Reihe
idle	Zustand im Leerlauf
in	Eintrittsmenge
leak	austretende Menge
max	Höchstwert (Spitzenwert)

meas	gemessene Menge
min	Mindestwert
mix	Molmasse von Luft
out	Austrittsmenge
PDP	Verdrängerpumpe
ref	Bezugsmenge
SSV	Venturirohr mit subsonischer Strömung
total	Gesamtmenge
uncor	nicht korrigierte Menge
vac	Unterdruckmenge
weight	Kalibriergewicht
wet	feuchte Menge

3.4. Symbole und Abkürzungen für die chemischen Bestandteile (auch als tiefgestellte Indizes verwendet)

Siehe Absatz 2.2.2 dieser Regelung

3.5. Abkürzungen

Siehe Absatz 2.2.3 dieser Regelung

4. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

Die zu prüfenden Motoren müssen die Leistungsanforderungen des Absatzes 5 erfüllen, wenn sie unter den Bedingungen gemäß Absatz 6 und nach dem Verfahren gemäß Absatz 7 geprüft werden.

5. LEISTUNGSANFORDERUNGEN

5.1. Allgemeine Anforderungen

5.1.1. Reserviert(?)

5.1.2. Emissionen gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel

Schadstoffe sind:

- a) Stickoxide, NO<sub>x</sub>
- b) Kohlenwasserstoffe, ausgedrückt als Gesamtkohlenwasserstoffe, HC (oder THC)
- c) Partikelmaterie, PM
- d) Partikelzahl, PN
- e) Kohlenmonoxid, CO

Die gemessenen Werte für vom Motor ausgestoßene gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikelmaterie beziehen sich auf die bremsspezifischen Emissionen in Gramm je Kilowattstunde (g/kWh); für die Partikelzahl beziehen sich die gemessenen Werte auf die bremsspezifischen Emissionen in Partikelzahl je Kilowattstunde (#/kWh). Mit geeigneter Umrechnung können auch andere Einheitensysteme verwendet werden.

(?) Die Nummerierung dieses Anhangs entspricht der globalen technischen Regelung (UN GTR) Nr. 11. Einige Teile der UN GTR Nr. 11 werden für diesen Anhang jedoch nicht benötigt.

Zu messen sind gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel, die Grenzwerten unterliegen, welche gemäß Anlage 2 dieser Regelung für die geprüfte Motorenunterklasse gelten.

Die nach Absatz 5.1 dieser Regelung ermittelten Ergebnisse dürfen nicht die anzuwendenden Grenzwerte übersteigen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionswerte sind gemäß Absatz 6.1.4 dieser Regelung für alle Motorenunterklassen zu messen und zu melden.

Zusätzlich sind gemäß Anhang 9 Absatz 3.4 die mittleren Emissionen von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) zu messen, wenn bei den Maßnahmen zur Verminderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen im Rahmen des Emissionsminderungssystems des Motors ein Reagens zum Einsatz kommt; die Ammoniakemissionen dürfen die in dem genannten Absatz aufgeführten Werte nicht überschreiten.

Die Emissionen sind für die Arbeitszyklen (stationär und/oder dynamisch) gemäß der Beschreibung in Absatz 7 dieses Anhangs zu ermitteln. Die Messeinrichtungen müssen die Kalibrierungs- und Leistungsprüfungen nach Absatz 8 dieses Anhangs mit den in Absatz 9 dieses Anhangs beschriebenen Messgeräten bestehen.

Andere Systeme oder Analytoren können von der Typgenehmigungsbehörde zugelassen werden, wenn mit ihnen erwiesenermaßen gleichwertige Ergebnisse gemäß Absatz 5.1.3 dieses Anhangs erzielt werden.

#### 5.1.3. Gleichwertigkeit

Die Gleichwertigkeit der Systeme muss auf der Grundlage einer Korrelationsstudie von mindestens sieben Paaren, zwischen dem zu prüfenden System und einem der Bezugssysteme dieses Anhangs bestimmt werden.

„Ergebnisse“ sind hier die gewichteten Emissionswerte eines speziellen Zyklus. Die Korrelationsprüfungen sind im selben Labor, in derselben Prü fzelle, mit demselben Motor und vorzugsweise gleichzeitig durchzuführen. Die Gleichwertigkeit der Mittelwerte der Probenpaare ist, wie in Anhang 5 Anlage A.3 beschrieben, statistisch in der F-Prüfung und in der t-Prüfung zu ermitteln, wobei für den Prüfraum des Labors und den Motor die oben beschriebenen Bedingungen gelten. Ausreißer sind nach ISO 5725 festzustellen und bleiben unberücksichtigt. Die für die Korrelationsprüfungen heranzuziehenden Systeme müssen von der Typgenehmigungsbehörde genehmigt werden.

#### 5.2. Allgemeine Anforderungen an die Prüfzyklen

5.2.1. Die Typgenehmigungsprüfung ist unter Verwendung des geeigneten NRSC und gegebenenfalls des geeigneten NRTC oder LSI-NRTC gemäß Anlage A.6 dieses Anhangs durchzuführen.

5.2.2. Die technischen Spezifikationen und Eigenschaften der NRSC sind in Anlage A.6 festgelegt. Nach Wahl des Herstellers kann eine stationäre NRSC-Prüfung als NRSC mit Einzelphasen oder, wenn verfügbar, als gestufter NRSC (im Folgenden „RMC“) gemäß Absatz 7.4.1 durchgeführt werden.

5.2.3. Die technischen Spezifikationen und Eigenschaften der NRSC und LSI-NRTC-Zyklen sind in Anlage A.6 dieses Anhangs festgelegt.

5.2.4. Die Prüfzyklen nach Absatz 7.4 und nach Anlage A.6 dieses Anhangs beruhen auf Prozentwerten des maximalen Drehmoments oder der maximalen Leistung und auf den zwecks korrekter Ausführung der Prüfzyklen zu bestimmenden Prüfdrehzahlen:

(a) 100 %-Drehzahl (maximale Prüfdrehzahl (MTS) oder Nenndrehzahl)

(b) Zwischendrehzahl(en) gemäß Absatz 5.2.5.4

(c) Leerlaufdrehzahl gemäß Absatz 5.2.5.5

Die Bestimmung der Prüfdrehzahlen ist unter Absatz 5.2.5, die Verwendung der Drehmoment- und Leistungswerte unter Absatz 5.2.6 beschrieben.

#### 5.2.5. Prüfdrehzahlen

##### 5.2.5.1. Maximale Prüfdrehzahl (maximum test speed, MTS)

Die maximale Prüfdrehzahl ist gemäß Absatz 5.2.5.1.1 oder 5.2.5.1.3 zu berechnen.

## 5.2.5.1.1. Berechnung der maximalen Prüfdrehzahl (MTS)

Die Berechnung der maximalen Prüfdrehzahl erfolgt nach dem dynamischen Abbildungsverfahren nach Absatz 7.4. Die maximale Prüfdrehzahl wird anschließend ausgehend von den abgebildeten, auf die Leistung bezogenen Drehzahlwerten bestimmt. Die maximale Prüfdrehzahl wird mittels einer der nachstehend beschriebenen Möglichkeiten berechnet:

- a) Berechnung auf der Grundlage niedriger und hoher Drehzahlwerte

$$MTS = n_{lo} + 0,95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (A.4-1)$$

Dabei ist:

$n_{hi}$  die hohe Drehzahl gemäß der Definition in Absatz 2.1.43

$n_{lo}$  die niedrige Drehzahl gemäß der Definition in Absatz 2.1.50

- b) Berechnung auf der Grundlage der Methode des längsten Vektors

$$MTS = \bar{n}_i \quad (A.4-2)$$

Dabei ist:

$\bar{y}$  der Durchschnitt aus den niedrigsten und höchsten Drehzahlwerten, bei dem  $(n_{normi}^2 + P_{normi}^2)$  98 % des Höchstwertes von  $(n_{normi}^2 + P_{normi}^2)$  entspricht

Entspricht der Wert von  $(n_{normi}^2 + P_{normi}^2)$  nur bei einer Drehzahl 98 % des Höchstwertes von  $(n_{normi}^2 + P_{normi}^2)$  dann gilt:

$$MTS = n_i \quad (A.4-3)$$

Dabei ist:

$n_i$  die Drehzahl, bei der  $(n_{normi}^2 + P_{normi}^2)$  seinen Höchstwert erreicht.

Dabei ist:

$n$  die Drehzahl

$i$  eine Indizierungsvariable, die für einen aufgezeichneten Wert auf einer Motorabbildungskurve steht

$n_{normi}$  eine durch Division durch  $n_{pmax}$  normierte Drehzahl

$P_{normi}$  ein durch Division durch  $P_{max}$  normierter Motorleistungswert

$n_{pmax}$  der Durchschnitt der niedrigsten und höchsten Drehzahlwerte, bei denen die Leistung 98 % von  $P_{max}$  beträgt

Folgende Werte sind durch lineare Interpolation zwischen den aufgezeichneten Werten zu bestimmen:

- i) Die Drehzahlwerte, bei denen die Leistung 98 % von  $P_{max}$  beträgt. Beträgt die Leistung nur bei einem Drehzahlwert 98 % von  $P_{max}$ , ist  $n_{pmax}$  die Drehzahl, bei der  $P_{max}$  erreicht wird.
- ii) Die Drehzahlwerte, bei denen  $(n_{normi}^2 + P_{normi}^2)$  98 % des Höchstwertes von  $(n_{normi}^2 + P_{normi}^2)$  entspricht.

#### 5.2.5.1.2. Verwendung einer angegebenen maximalen Prüfdrehzahl (MTS)

Weicht die gemäß Absatz 5.2.5.1.1 oder 5.2.5.1.3 berechnete maximale Prüfdrehzahl um nicht mehr als  $\pm 3\%$  von der vom Hersteller angegebenen maximalen Prüfdrehzahl ab, kann die angegebene maximale Prüfdrehzahl für die Emissionsprüfung verwendet werden. Wird die Toleranz überschritten, ist für die Emissionsprüfung die gemessene maximale Prüfdrehzahl zu verwenden.

#### 5.2.5.1.3. Verwendung einer angepassten maximalen Prüfdrehzahl (MTS)

Ein sehr steiler Verlauf des fallenden Teils der Volllastkurve kann zu Problemen beim korrekten Betrieb mit den 105 % der Drehmomente des NRTC-Prüfzyklus führen. In diesem Fall kann mit vorherigem Einverständnis des technischen Dienstes ein alternativer Wert der maximalen Prüfdrehzahl verwendet werden, der mit einem der folgenden Verfahren bestimmt wurde:

a) Die maximale Prüfdrehzahl darf leicht (um höchstens 3 %) verringert werden, um eine korrekte Durchführung des NRTC zu ermöglichen.

b) Mithilfe der Gleichung (A.4-4) kann eine alternative maximale Prüfdrehzahl errechnet werden:

$$MTS = ((n_{\max} - n_{\text{idle}}) / 1,05) + n_{\text{idle}} \quad (\text{A.4-4})$$

Dabei ist:

$n_{\max}$  = die Drehzahl, auf der die Motorreglerfunktion die Drehzahl bei maximaler Bedieneingabe und bei Nulllast einstellt („höchste Drehzahl ohne Last“)

$n_{\text{idle}}$  = die Leerlaufdrehzahl

#### 5.2.5.2. Nenndrehzahl

Die Nenndrehzahl ist in Absatz 2.1.72 definiert. Bei Emissionsprüfungen von Motoren mit variabler Drehzahl — mit Ausnahme derjenigen, die in einem NRSC mit konstanter Drehzahl (siehe Definition in Absatz 2.1.12) geprüft werden — ist die Nenndrehzahl mithilfe des anzuwendenden Abbildungsverfahrens nach Absatz 7.6 zu bestimmen. Die Nenndrehzahl für Motoren mit variabler Drehzahl, die in einem NRSC mit konstanter Drehzahl geprüft werden, ist vom Hersteller entsprechend den Eigenschaften des Motors anzugeben. Die Nenndrehzahl für Motoren mit konstanter Drehzahl ist vom Hersteller entsprechend den Eigenschaften des Reglers anzugeben. Bei Emissionsprüfungen eines Motortyps, bei dem, wie nach Absatz 2.1.11 dieser Regelung zulässig, mehrere Drehzahlen eingestellt werden können, ist jeder der Drehzahlwerte anzugeben und es ist bei jedem von ihnen zu prüfen.

Weicht die mithilfe des Abbildungsverfahrens nach Absatz 7.6 ermittelte Nenndrehzahl bei Motoren der Klasse NRS mit Drehzahlregler um nicht mehr als  $\pm 150 \text{ min}^{-1}$ , bei Motoren der Klasse NRS ohne Drehzahlregler um nicht mehr als  $\pm 350 \text{ min}^{-1}$  oder  $\pm 4\%$ , je nachdem, welcher Wert niedriger ist, und bei allen anderen Motorenklassen um nicht mehr als  $\pm 100 \text{ min}^{-1}$  von dem vom Hersteller angegebenen Wert ab, kann der angegebene Wert verwendet werden. Wird die Toleranz überschritten, ist die mithilfe des Abbildungsverfahrens ermittelte Nenndrehzahl zu verwenden.

Bei Motoren der Klasse NRSh darf die 100 %-Prüfdrehzahl um höchstens  $\pm 350 \text{ min}^{-1}$  von der vom Hersteller angegebenen Nenndrehzahl abweichen.

Optional kann in allen stationären Prüfzyklen anstelle der Nenndrehzahl die maximale Prüfdrehzahl verwendet werden.

#### 5.2.5.3. Drehzahl des maximalen Drehmoments bei Motoren mit variabler Drehzahl

Falls erforderlich, muss es sich bei der Drehzahl des maximalen Drehmoments, bestimmt anhand der nach dem geltenden Motorabbildungsverfahren gemäß Absatz 7.6.1 oder 7.6.2 erstellten Kurve des maximalen Drehmoments, um einen der folgenden Werte handeln:

a) die Drehzahl, bei der das höchste Drehmoment auftrat oder

- b) den Durchschnitt der höchsten und niedrigsten Drehzahlwerte, bei denen das Drehmoment 98 % des maximalen Drehmoments beträgt. Falls erforderlich, sind die Drehzahlwerte, bei denen das Drehmoment 98 % des maximalen Drehmoments beträgt, durch lineare Interpolation zu bestimmen.

Weicht die anhand der Kurve des maximalen Drehmoments bestimmte Drehzahl des maximalen Drehmoments bei Motoren der Klasse NRS um nicht mehr als  $\pm 4\%$  und bei Motoren aller übrigen Klassen um nicht mehr als  $\pm 2,5\%$  von dem vom Hersteller angegebenen Wert ab, kann für die Zwecke dieser Regelung der angegebene Wert verwendet werden. Wird die Toleranz überschritten, ist die anhand der Kurve des maximalen Drehmoments bestimmte Drehzahl des maximalen Drehmoments zu verwenden.

#### 5.2.5.4. Zwischendrehzahl

Die Zwischendrehzahl muss eine der folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Bei Motoren, die für den Betrieb in einem bestimmten Drehzahlbereich auf einer Vollast-Drehmomentkurve ausgelegt sind, ist die Zwischendrehzahl die Drehzahl beim maximalen Drehmoment, wenn diese innerhalb eines Bereichs von 60 bis 75 % der Nenndrehzahl liegt.
- b) Wenn die Drehzahl bei maximalem Drehmoment weniger als 60 % der Nenndrehzahl beträgt, beträgt die Zwischendrehzahl 60 % der Nenndrehzahl.
- c) Wenn die Drehzahl bei maximalem Drehmoment mehr als 75 % der Nenndrehzahl beträgt, beträgt die Zwischendrehzahl 75 % der Nenndrehzahl. Wenn der Motor nur bei Drehzahlen von mehr als 75 % der Nenndrehzahl betrieben werden kann, ist die Zwischendrehzahl die niedrigste Drehzahl, mit der der Motor betrieben werden kann.
- d) Bei Motoren, die nicht für den Betrieb in einem Drehzahlbereich auf einer Vollast-Drehmomentkurve unter stationären Bedingungen ausgelegt sind, beträgt die Zwischendrehzahl 60 % bis 70 % der Nenndrehzahl.
- e) Für mit dem Zyklus G1 zu prüfende Motoren, ausgenommen Motoren der Klasse ATS, beträgt die Zwischendrehzahl 85 % der Nenndrehzahl.
- f) Für mit dem Zyklus G1 zu prüfende Motoren der Klasse ATS beträgt die Zwischendrehzahl 60 % oder 85 % der Nenndrehzahl, je nachdem, welcher Wert näher an der tatsächlichen Drehzahl des maximalen Drehmoments liegt.

Wird als 100 %-Prüfdrehzahl anstatt der Nenndrehzahl die maximale Prüfdrehzahl (MTS) verwendet, ist auch bei der Bestimmung der Zwischendrehzahl die MTS anstelle der Nenndrehzahl heranzuziehen.

#### 5.2.5.5. Leerlaufdrehzahl

Die Leerlaufdrehzahl ist die niedrigste Motordrehzahl bei kleinster Last (größer oder gleich Nulllast), bei der die Motordrehzahl durch eine Motorreglerfunktion gesteuert wird. Bei Motoren ohne Reglerfunktionen zur Steuerung der Leerlaufdrehzahl gilt als Leerlaufdrehzahl der Wert, den der Hersteller für die geringstmögliche Drehzahl bei kleinster Last angibt. Die Warmleerlaufdrehzahl ist die Leerlaufdrehzahl des warmgefahrenen Motors.

#### 5.2.5.6. Prüfdrehzahl für Motoren mit konstanter Drehzahl

Die Regler von Motoren mit konstanter Drehzahl halten möglicherweise die Drehzahl nicht immer genau konstant. Üblicherweise kann die Drehzahl (um 0,1 % - 10 %) unter die Drehzahl bei Nulllast abfallen, sodass sich die Mindestdrehzahl in der Nähe des Punktes einstellt, an dem der Motor die größte Leistung abgibt. Die Prüfdrehzahl für Motoren mit konstanter Drehzahl kann mit dem eingebauten Regler oder durch entsprechende Eingaben des Prüfstandes, wenn dieser als Motorregler fungiert, gesteuert werden.

Bei Verwendung des eingebauten Reglers gilt als 100 %-Drehzahl die geregelte Motordrehzahl gemäß Absatz 2.1.28 dieser Regelung.

Wird der Regler durch ein Eingangssignal des Prüfstandes simuliert, ist die 100 %-Drehzahl bei Nulllast die Drehzahl ohne Last, die vom Hersteller für die betreffende Reglereinstellung angegeben wurde, und die 100 %-Drehzahl bei Vollast die Nenndrehzahl für die betreffende Reglereinstellung. Für die übrigen Prüfphasen ist die Drehzahl mittels Interpolation zu bestimmen.

Ist der Regler auf isochronen Betrieb eingestellt oder weichen die vom Hersteller angegebene Nenndrehzahl und die Drehzahl ohne Last um nicht mehr als 3 % ab, ist es zulässig, für alle Belastungspunkte für die 100 %-Drehzahl nur einen vom Hersteller angegebenen Wert zu verwenden.

## 5.2.6. Drehmoment

5.2.6.1. Bei den Drehmomentangaben in den Prüfzyklen handelt es sich um Prozentwerte, die für die jeweilige Prüfphase eines der folgenden Verhältnisse wiedergeben:

- a) das Verhältnis zwischen dem erforderlichen und dem maximal möglichen Drehmoment bei der angegebenen Prüfdrehzahl (alle Zyklen außer D2)
- b) das Verhältnis zwischen dem erforderlichen Drehmoment und dem Drehmoment, das dem vom Hersteller angegebenen Nennwert Nutzleistung entspricht (Zyklus D2)

## 6. PRÜFBEDINGUNGEN

## 6.1. Bedingungen für Laborprüfungen

Die absolute Temperatur ( $T_a$ ) der Ansaugluft am Motoreinlass in Kelvin und der trockene atmosphärische Druck ( $p_s$ ) in kPa sind zu messen, und die Kennzahl  $f_a$  ist gemäß den folgenden Bestimmungen und mithilfe von Gleichung (A.4-5) oder (A.4-6) zu ermitteln. Wird der Luftdruck in einer Leitung gemessen, ist zu beachten, dass sichergestellt wird, dass die Druckverluste zwischen der Atmosphäre und der Messstelle vernachlässigbar sind, und die vom Durchfluss verursachten Änderungen des statischen Drucks in der Leitung sind zu berücksichtigen. Bei Mehrzylindermotoren mit mehreren separaten Ansaugkrümmern, z. B. bei Motoren mit V-förmiger Zylinderanordnung, ist mit der mittleren Temperatur in den Ansaugkrümmern zu rechnen. Der Parameter  $f_a$  ist zusammen mit den Prüfergebnissen festzuhalten. Saugmotoren und mechanisch aufgeladene Motoren:

$$f_a = \left( \frac{99}{p_s} \right) \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{0.7} \quad (\text{A.4-5})$$

Motoren mit Turbolader, mit oder ohne Ladeluftkühlung:

$$f_a = \left( \frac{99}{p_s} \right)^{0.7} \cdot \left( \frac{T_a}{298} \right)^{1.5} \quad (\text{A.4-6})$$

6.1.1. Für die Gültigkeit der Prüfung müssen beide nachfolgenden Bedingungen erfüllt sein:

- a)  $f_a$  muss im Bereich 0,93  $\leq f_a \leq 1,07$  liegen, außer in den Fällen nach den Absätzen 6.1.2 und 6.1.4
- b) Es muss eine Temperatur der Ansaugluft von  $298 \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \pm 5 \text{ °C}$ ), gemessen oberhalb aller Motorbauteile, aufrechterhalten werden, hierbei gelten die Ausnahmen gemäß den Absätzen 6.1.3 und 6.1.4 und die Bestimmungen der Absätze 6.1.5 und 6.1.6.

6.1.2. Wenn das Labor, in dem der Motor geprüft wird, auf einer Höhe von über 600 m liegt, darf  $f_a$  mit Zustimmung des Herstellers und unter der Bedingung, dass  $p_s$  nicht unter 80 kPa beträgt, den Wert 1,07 überschreiten.

6.1.3. Beträgt die Leistung des zu prüfenden Motors mehr als 560 kW, kann der Höchstwert der Ansauglufttemperatur mit Zustimmung des Herstellers über 303 K (30 °C) liegen, darf aber 308 K (35 °C) nicht überschreiten.

6.1.4. Liegt das Labor, in dem der Motor geprüft wird, in einer Höhe von über 300 m und beträgt die Leistung des Motors mehr als 560 kW, kann  $f_a$  mit Zustimmung des Herstellers und unter der Bedingung, dass  $p_s$  mindestens 80 kPa beträgt, den Wert 1,07 überschreiten, und der Höchstwert der Ansauglufttemperatur darf mehr als 303 K (30 °C), jedoch höchstens 308 K (35 °C) betragen.

6.1.5. Bei einer Motorenfamilie der Klasse NRS mit weniger als 19 kW Leistung, die ausschließlich aus Motortypen für Schneeschleudern besteht, ist die Temperatur der Ansaugluft zwischen 273 K und 268 K (0 °C und - 5 °C) zu halten.

- 6.1.6. Bei Motoren der Klasse SMB ist die Temperatur der Ansaugluft außer in den Fällen nach Absatz 6.1.6.1 auf  $263 \pm 5 \text{ K}$  ( $-10 \pm 5 \text{ °C}$ ) zu halten.
- 6.1.6.1. Für Motoren der Klasse SMB, bei denen die elektronisch gesteuerte Kraftstoffeinspritzung den Kraftstoffdurchsatz an die Ansauglufttemperatur anpasst, kann die Temperatur der Ansaugluft nach Wahl des Herstellers alternativ auch auf  $298 \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \pm 5 \text{ °C}$ ) gehalten werden.
- 6.1.7. Verwendet werden dürfen:
- a) ein Luftdruckmessgerät, dessen Ergebnis eine gesamte Prüfeinrichtung mit mehr als einem Leistungsprüfstand als Luftdruckangabe nutzt, sofern das Gerät zur Behandlung der Ansaugluft den Umgebungsdruck dort, wo der Motor geprüft wird, mit einer Genauigkeit von  $\pm 1 \text{ kPa}$  auf dem Wert der gemeinsamen Luftdruckmessung hält
  - b) ein Feuchtigkeitsmessgerät zur Messung der Feuchtigkeit der Ansaugluft für eine gesamte Prüfeinrichtung mit mehr als einem Leistungsprüfstand, sofern die Ausrüstung zur Behandlung der Ansaugluft den Taupunkt dort, wo der Motor geprüft wird, mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,5 \text{ K}$  auf dem Wert der gemeinsamen Feuchtigkeitsmessung hält.
- 6.2. Motoren mit Ladeluftkühlung
- a) Es ist ein Ladeluftkühlsystem mit einer Ansaugluftkapazität zu verwenden, die repräsentativ für die Einsatzbedingungen des Serienmotors ist. Ein etwaiges Laborsystem zur Ladeluftkühlung muss für die Minimierung der Kondensatansammlung ausgelegt sein. Alle angesammelten Kondensate müssen abgeleitet werden und sämtliche Abläufe müssen vor der Emissionsprüfung vollständig geschlossen werden. Die Abläufe sind während der Emissionsprüfung geschlossen zu halten. Für das Kühlmittel sind folgende Bedingungen aufrechtzuerhalten:
    - i) Während der gesamten Prüfung ist am Einlass des Ladeluftkühlers eine Kühlmitteltemperatur von mindestens  $293 \text{ K}$  ( $20 \text{ °C}$ ) aufrechtzuerhalten.
    - ii) Bei Nenndrehzahl und unter Vollast ist der Kühlmitteldurchsatz so einzustellen, dass die Lufttemperatur mit einer Genauigkeit von  $\pm 5 \text{ K}$  dem vom Hersteller festgelegten Wert hinter dem Auslass des Ladeluftkühlers entspricht. Die Temperatur am Luftauslass ist an der vom Hersteller angegebenen Stelle zu messen. Dieser Einstellwert des Kühlmitteldurchsatzes ist bei der gesamten Prüfung zu verwenden. Falls vom Motorhersteller keine Betriebsbedingungen oder die entsprechende Temperatur am Luftauslass des Ladeluftkühlers angegeben werden, ist der Kühlmitteldurchsatz auf die Höchstleistung des Motors einzustellen, damit die Temperatur am Luftauslass des Ladeluftkühlers repräsentativ für den normalen Betrieb ist.
    - iii) Wenn der Motorhersteller Grenzwerte des Druckabfalls entlang der Ladeluftkühlung angibt, muss sichergestellt werden, dass sich der Druckabfall entlang der Ladeluftkühlung bei den vom Hersteller angegebenen Betriebsbedingungen innerhalb der vom Hersteller spezifizierten Grenze(n) befindet. Der Druckabfall ist an den vom Hersteller angegebenen Stellen zu messen.
  - b) Wird der Prüfzyklus mit der maximalen Prüfdrehzahl nach Absatz 5.2.5.1 anstatt der Nenndrehzahl durchgeführt, kann dieser Drehzahlwert bei der Einstellung der Ladelufttemperatur anstelle der Nenndrehzahl verwendet werden.
  - c) Die Ergebnisse der Emissionsprüfung sollen repräsentativ für den normalen Betrieb sein. Wenn nach bestem fachlichen Ermessen anzunehmen ist, dass die Bestimmungen dieses Absatzes (etwa durch zu starke Kühlung der Ansaugluft) zu nicht repräsentativen Prüfungen führen würden, können komplexere Einstellungen und Steuerungen des Ladedruckabfalls, der Kühlmitteltemperatur und des Durchsatzes verwendet werden, um repräsentativere Ergebnisse zu erzielen.
- 6.3. Motorleistung
- 6.3.1. Grundlage für die Emissionsmessung
- Die Grundlage für die Messung der spezifischen Emissionen ist die nichtkorrigierte Nutzleistung gemäß der Definition in Absatz 2.1.56 dieser Regelung.
- 6.3.2. Anzubringende Hilfseinrichtungen
- Bei der Prüfung sind die zum Betrieb des Motors erforderlichen Hilfseinrichtungen nach den Vorschriften von Anlage A.2 am Prüfstand anzubringen.
- Können die notwendigen Hilfseinrichtungen für die Prüfung nicht angebracht werden, ist ihre Leistungsaufnahme zu ermitteln und von der gemessenen Motorleistung abzuziehen.

### 6.3.3. Auszubauende Hilfseinrichtungen

Bestimmte Hilfseinrichtungen, deren Definition im Zusammenhang mit dem Betrieb der Maschine steht und die möglicherweise am Motor angebracht sind, sind für die Prüfung zu entfernen.

Können Hilfseinrichtungen nicht abgebaut werden, dann kann die Leistung, die sie in unbelastetem Zustand aufnehmen, bestimmt und zu der gemessenen Motorleistung addiert werden (siehe Anmerkung g in der Tabelle in Anlage A.2). Wenn dieser Wert 3 % der Maximalleistung bei Prüfdrehzahl übersteigt, kann er vom technischen Dienst überprüft werden. Die Leistungsaufnahme der Hilfseinrichtungen ist zur Anpassung der eingestellten Werte und zur Berechnung der vom Motor im Prüfzyklus geleisteten Arbeit gemäß Absatz 7.7.1.3 oder 7.7.2.3 Buchstabe b dieses Anhangs heranzuziehen.

### 6.3.4. Bestimmung der Leistung der Hilfseinrichtungen

Die Leistungswerte der Hilfseinrichtungen und die Mess-/Berechnungsverfahren zu ihrer Bestimmung müssen gegebenenfalls vom Motorhersteller für den gesamten Betriebsbereich der anzuwendenden Prüfzyklen vorgelegt und von der Typgenehmigungsbehörde genehmigt werden.

### 6.3.5. Zyklusarbeit der Motoren

Die Berechnung des Bezugswerts und des Messwerts der Zyklusarbeit (siehe Absatz 7.8.3.4) muss auf der Grundlage der Motorleistung gemäß Absatz 6.3.1 erfolgen. In diesem Fall haben  $P_f$  und  $P_r$  der Gleichung (A.4-7) den Wert null und  $P$  ist gleich  $P_m$ .

Wenn Hilfseinrichtungen/Vorrichtungen gemäß Absatz 6.3.2 und/oder Absatz 6.3.3 angebracht sind, muss die von ihnen aufgenommene Leistung für die Korrektur jedes Momentanwerts der Zyklusleistung  $P_{m,i}$  mithilfe von Gleichung (A.4-8) verwendet werden:

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (\text{A.4-7})$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad (\text{A.4-8})$$

Dabei ist:

$P_{m,i}$  die gemessene Motorleistung in kW

$P_{f,i}$  die Leistungsaufnahme der für die Prüfung anzubringenden, jedoch nicht angebrachten Hilfseinrichtungen/Vorrichtungen in kW

$P_{r,i}$  die Leistungsaufnahme der für die Prüfung abzubauenen, jedoch nicht abgebauten Hilfseinrichtungen/Vorrichtungen in kW

## 6.4. Ansaugluft des Motors

### 6.4.1. Einleitung

Es ist das am Motor angebrachte Ansaugsystem oder eines, das repräsentativ für eine typische Konfiguration im normalen Betrieb ist, zu verwenden. Dies schließt die Systeme zur Ladeluftkühlung und zur Abgasrückführung ein.

### 6.4.2. Ladedruckbegrenzung

Es ist ein Motoransaugsystem oder ein Prüfstandsystem zu verwenden, bei dem der Ladedruck auf einen Wert begrenzt ist, der um höchstens  $\pm 300$  Pa vom Höchstwert abweicht, den der Hersteller für einen sauberen Luftfilter bei Nenndrehzahl und Volllast angibt. Ist dies aufgrund der Konstruktion des Luftzufuhrsystems des Prüflabors nicht möglich, ist eine Ladedruckbegrenzung, die den vom Hersteller für einen verschmutzten Filter angegebenen Wert nicht überschreitet, mit vorheriger Genehmigung des technischen Dienstes zulässig. Der statische Differenzialdruck der Drosselung muss an der vom Hersteller angegebenen Stelle und bei den von ihm angegebenen Drehzahl- und Drehmomenteinstellungen gemessen werden. Wird vom Hersteller keine Stelle angegeben, ist diese Druckmessung oberhalb der Verbindung eines etwaigen Turbolader- oder Abgasrückführungssystems mit dem Ansaugsystem vorzunehmen. Wird der Prüfzyklus mit der maximalen Prüfdrehzahl nach Absatz 5.2.5.1 anstatt der Nenndrehzahl durchgeführt, kann dieser Drehzahlwert bei der Einstellung der Ladedruckbegrenzung anstelle der Nenndrehzahl verwendet werden.

### 6.5. Abgasanlage des Motors

Es ist die am Motor angebrachte Abgasanlage oder eine, die repräsentativ für eine typische Konfiguration im normalen Betrieb ist, zu verwenden. Die Abgasanlage muss den Anforderungen für Abgasprobenahmen gemäß Absatz 9.3 genügen. Es ist eine Motor- oder Prüfstandabgasanlage zu verwenden, deren statischer Abgasgegendruck im Bereich zwischen 80 % und 100 % der maximalen Abgasdruckbegrenzung bei Nenndrehzahl und Volllast liegt. Die Abgasdruckbegrenzung kann mithilfe eines Ventils eingestellt werden. Ist der maximale Abgasdruck auf höchstens 5 kPa begrenzt, darf der Einstellpunkt um nicht mehr als 1,0 kPa vom Maximalwert abweichen. Wird der Prüfzyklus mit der maximalen Prüfdrehzahl anstatt der Nenndrehzahl durchgeführt, kann dieser Drehzahlwert bei der Einstellung der Abgasdruckbegrenzung anstelle der Nenndrehzahl verwendet werden.

### 6.6. Motor mit Abgasnachbehandlungssystem

Ist der Motor mit einem Abgasnachbehandlungssystem ausgestattet, das nicht direkt am Motor angebaut ist, muss der Durchmesser des Auspuffrohrs über eine Strecke von mindestens vier Rohrdurchmessern oberhalb des Diffusors mit der Nachbehandlungseinrichtung ebenso groß sein wie am Fahrzeug. Der Abstand zwischen dem Austrittsflansch des Auspuffkrümmers oder des Turboladers und dem Abgasnachbehandlungssystem muss so groß sein wie an der/dem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät oder muss innerhalb des vom Hersteller angegebenen Bereichs liegen. Falls vom Hersteller so festgelegt, ist das Rohr zu isolieren, damit die Temperatur am Einlass des Abgasnachbehandlungssystems den Vorgaben des Herstellers entspricht. Sonstige Einbauvorschriften des Herstellers sind in der Prüfanordnung gegebenenfalls zu berücksichtigen. Der Abgasgegendruck oder die Abgasdruckbegrenzung sind gemäß Absatz 6.5 einzustellen. Für Abgasnachbehandlungssysteme mit variabler Abgasdruckbegrenzung ist die maximale Begrenzung des Abgasdrucks gemäß Absatz 6.5 für die vom Hersteller spezifizierte Nachbehandlungsbedingung (Fortschritt/Höhe des Einlaufens/der Alterung und der Regenerierung/Beladung) definiert. Für Blindprüfungen und die Motorabbildung kann der Behälter der Nachbehandlungseinrichtung entfernt und durch einen gleichartigen Behälter mit inaktivem Katalysatorträger ersetzt werden.

Die über den Prüfzyklus gemessenen Emissionen müssen für die Emissionen im praktischen Betrieb repräsentativ sein. Ist der Motor mit einem Abgasnachbehandlungssystem ausgestattet, das ein sich verbrauchendes Reagens benötigt, so ist das für die Prüfungen zu verwendende Reagens vom Hersteller anzugeben.

Bei Motoren, die mit einem Abgasnachbehandlungssystem mit sporadischer (periodischer) Regenerierung nach Absatz 6.6.2 ausgestattet sind, müssen die gemessenen Emissionswerte korrigiert werden, um die Regenerierungsvorgänge zu berücksichtigen. In diesem Fall hängen die durchschnittlichen Emissionswerte von der Häufigkeit der Regenerierungsvorgänge ab, ausgedrückt als Bruchteil der Prüfungen, bei denen Regenerierungsvorgänge anfallen. Für Nachbehandlungssysteme mit einem Regenerierungsvorgang, der gemäß Absatz 6.6.1 entweder andauernd oder wenigstens einmal während des anwendbaren dynamischen Prüfzyklus oder RMC-Zyklus („kontinuierliche Regenerierung“) durchgeführt wird, ist kein spezielles Prüfverfahren erforderlich.

#### 6.6.1. Kontinuierliche Regenerierung

Arbeitet das Abgasnachbehandlungssystem mit kontinuierlicher Regenerierung, so ist es vor der Messung zu stabilisieren, um gleichbleibendes Emissionsverhalten zu gewährleisten. Der Regenerierungsvorgang muss während der NRTC-Warmstartprüfung, der LSI-NRTC-Prüfung oder der NRSC-Prüfung mindestens einmal ablaufen, und der Hersteller muss die Betriebsparameter angeben, die den Regenerierungsvorgang im Normalfall auslösen (Rußbeladung, Temperatur, Abgasgegendruck usw.). Um nachzuweisen, dass die Regenerierung laufend erfolgt, sind mindestens drei NRTC-Warmstartprüfungen, LSI-NRTC-Prüfungen oder NRSC-Prüfungen durchzuführen. Bei einer NRTC-Prüfung mit Warmstart muss der Motor gemäß Absatz 7.8.2.1 warmlaufen und gemäß Absatz 7.4.2.1 Buchstabe b heiß abgestellt werden; anschließend ist die erste NRTC-Prüfung mit Warmstart durchzuführen.

Vor den nachfolgenden NRTC-Prüfungen mit Warmstart muss der Motor gemäß Absatz 7.4.2.1 Buchstabe b heiß ausgeschaltet werden. Während der Prüfungen sind die Abgastemperaturen und die Abgasdrücke (Temperatur vor und nach dem Abgasnachbehandlungssystem, Abgasgegendruck usw.) aufzuzeichnen. Das Nachbehandlungssystem erfüllt die Anforderungen, wenn die vom Hersteller angegebenen Bedingungen während der Prüfung ausreichend lange herrschen und die Streuung bei den gemessenen Emissionswerten nicht größer ist als  $\pm 25\%$  oder  $0,005\text{ g/kWh}$ , je nachdem welcher Wert höher ist.

#### 6.6.2. Sporadische Regenerierung

Diese Bestimmung gilt nur für Motoren, die mit einem Abgasnachbehandlungssystem mit sporadischer Regenerierung ausgestattet sind, bei dem ein Regenerierungsvorgang typischerweise innerhalb von weniger als 100 Stunden normalen Motorbetriebs stattfindet. Für diese Motoren sind entweder additive oder multiplikative Faktoren für die Anpassung nach oben oder nach unten gemäß Absatz 6.6.2.4 („Anpassungsfaktoren“) zu bestimmen.

Die Erprobung und Entwicklung von Anpassungsfaktoren ist nur für einen anwendbaren dynamischen Prüfzyklus (NRTC oder LSI-NRTC) oder RMC NRSC erforderlich. Die entwickelten Faktoren können auf Ergebnisse der anderen anwendbaren Prüfzyklen einschließlich des NRSC mit Einzelphasen angewendet werden.

Stehen keine geeigneten Anpassungsfaktoren aus Prüfungen nach dynamischen Prüfzyklen oder RMC NRSC-Prüfzyklen zur Verfügung, sind Anpassungsfaktoren mithilfe einer anwendbaren Einzelphasen-Prüfung zu ermitteln. Faktoren, die mithilfe eines Einzelphasen-Prüfzyklus entwickelt wurden, dürfen nur auf Einzelphasen-Prüfzyklen angewendet werden.

Es ist nicht erforderlich, sowohl nach RMC als auch nach Einzelphasen-NRSC Prüfungen durchzuführen und Anpassungsfaktoren zu entwickeln.

#### 6.6.2.1. Anforderungen für die Ermittlung von Anpassungsfaktoren auf der Grundlage von NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC NRSC-Prüfungen

Die Emissionen sind bei mindestens drei NRTC-Prüfungen mit Warmstart, LSI-NRTC-Prüfungen oder NRSC-Prüfungen im gestuften Mehrphasenzyklus (RMC-Prüfungen), davon je eine mit und zwei ohne Regenerierung, an einem stabilisierten Nachbehandlungssystem zu messen. Der Regenerierungsvorgang muss während der NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC-NRSC-Prüfung mit Regenerierung mindestens einmal ablaufen. Wenn sich die Regenerierung über mehr als eine NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC-NRSC-Prüfung erstreckt, müssen weitere NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC-NRSC-Prüfungen durchgeführt werden, und die Messung der Emissionen ist ohne Abstellen des Motors bis zum Abschluss der Regenerierung fortzusetzen; anschließend ist der Mittelwert der Prüfungen zu berechnen. Wenn die Regenerierung während einer Prüfung abgeschlossen wird, muss die Prüfung in ihrer vollen Länge zu Ende geführt werden.

Mithilfe der Gleichungen (A.4-10) bis (A.4-13) ist ein geeigneter Anpassungsfaktor für den gesamten anwendbaren Zyklus zu bestimmen.

#### 6.6.2.2. Anforderungen für die Ermittlung von Anpassungsfaktoren auf der Grundlage von Einzelphasen-NRSC-Prüfungen

Beginnend mit einem stabilisierten Nachbehandlungssystem sind die Emissionen in mindestens drei Prüfläufen, davon einer mit und zwei ohne Regenerierung, in jeder Phase des anwendbaren NRSC mit Einzelphasen, in dem die Bedingungen für die Regenerierung erfüllt werden können, zu messen. Die Messung der Partikel ist nach dem Mehrfachfilterverfahren gemäß Absatz 7.8.1.2 Buchstabe c durchzuführen. Falls die Regenerierung begonnen hat, am Ende der Probenahmedauer für eine bestimmte Prüfungsphase jedoch noch nicht abgeschlossen ist, ist die Probenahmedauer bis zum Abschluss der Regenerierung zu verlängern. Werden in derselben Prüfungsphase mehrere Prüfläufe durchgeführt, ist ein Durchschnittsergebnis zu berechnen. Das Verfahren ist für jede einzelne Prüfungsphase zu wiederholen.

Mithilfe der Gleichungen (A.4-10) bis (A.4-13) ist für die Phasen des anwendbaren Zyklus, in denen eine Regenerierung erfolgt, ein geeigneter Anpassungsfaktor zu bestimmen.

#### 6.6.2.3. Allgemeines Verfahren für die Entwicklung von Anpassungsfaktoren bei sporadischer Regenerierung (infrequent regeneration adjustment factors, IRAF)

Der Hersteller muss die Parameter, die den Regenerierungsvorgang im Normalfall auslösen (Rußbelastung, Temperatur, Abgasgedruck usw.) angeben. Der Hersteller muss ferner die Häufigkeit des Regenerierungsvorgangs als Anzahl der Prüfungen, in denen eine Regenerierung erfolgt, angeben. Das genaue Verfahren für die Ermittlung dieser Häufigkeit ist von der Typgenehmigungsbehörde nach bestem fachlichen Ermessen abzustimmen.

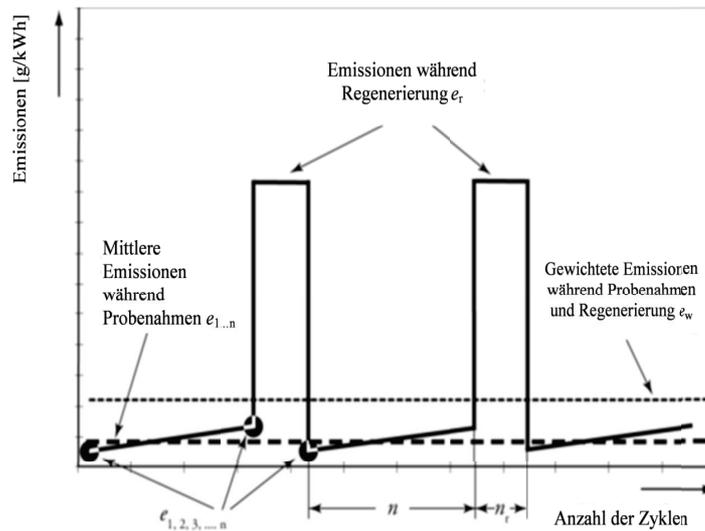
Für eine Regenerierungsprüfung muss der Hersteller ein schadstoffbeladenes Nachbehandlungssystem zur Verfügung stellen. Während der Motorkonditionierung darf keine Regenerierung stattfinden. Der Hersteller kann wahlweise aufeinanderfolgende Prüfungen nach dem anwendbaren Zyklus durchführen, bis das Nachbehandlungssystem mit Schadstoffen beladen ist. Eine Emissionsmessung ist nicht bei allen Prüfungen erforderlich.

Die mittleren Emissionswerte zwischen zwei Regenerierungen sind das arithmetische Mittel der Ergebnisse mehrerer in annähernd gleichen Zeitabständen durchgeführter Prüfungen nach dem anwendbaren Zyklus. Es ist mindestens ein anwendbarer Zyklus möglichst kurz vor einer Regenerierungsprüfung und ein anwendbarer Zyklus unmittelbar nach einer Regenerierungsprüfung durchzuführen.

Während der Regenerierungsprüfung sind alle zur Erkennung eines Regenerierungsvorgangs notwendigen Daten (CO- und NO<sub>x</sub>-Emissionen, Temperatur vor und nach der Nachbehandlungsanlage, Abgasgedruck usw.) aufzuzeichnen. Während des Regenerierungsvorgangs können die geltenden Emissionsgrenzwerte überschritten werden. Das Prüfverfahren ist in Abbildung A.4-1 schematisch dargestellt.

Abbildung A.4-1

Schematische Darstellung der sporadischen Regenerierung, wobei  $n$  = Anzahl der Messungen und  $n_r$  = Anzahl der Messungen während der Regenerierung



Der durchschnittliche Emissionswert für die Prüfläufe nach den Absätzen 6.6.2.1 oder 6.6.2.2 [g/kWh oder #/kWh] ist mithilfe der Gleichung (A.4-9) zu wichten (siehe Abbildung 1):

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (\text{A.4-9})$$

Dabei ist:

$n$  = Anzahl der Prüfungen, bei denen keine Regenerierung stattfindet

$n_r$  = Anzahl der Prüfungen, bei denen eine Regenerierung stattfindet (mindestens eine Prüfung)

$\bar{e}$  = der bei einer Prüfung ohne Regenerierung ermittelte durchschnittliche spezifische Emissionswert [g/kWh oder #/kWh]

$\bar{e}_r$  = der bei einer Prüfung mit Regenerierung ermittelte durchschnittliche spezifische Emissionswert [g/kWh oder #/kWh]

Nach Wahl des Herstellers kann der Regenerierungs-Anpassungsfaktor  $k_r$ , der den durchschnittlichen Emissionswert angibt, für alle gasförmigen Schadstoffe und, falls ein Grenzwert gilt, für Partikelmaterie und Partikelzahl nach bestem fachlichen Ermessen entweder multiplikativ oder additiv nach den Gleichungen (A.4-10) bis (A.4-13) ermittelt werden:

multiplikativ

$$k_{ru,m} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}} \quad \text{(Faktor der Anpassung nach oben)} \quad (\text{A.4-10})$$

$$k_{rd,m} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}_r} \quad \text{(Faktor der Anpassung nach unten)} \quad (\text{A.4-11})$$

additiv

$$k_{ru,a} = \bar{e}_w - \bar{e} \quad \text{(Faktor der Anpassung nach oben)} \quad (\text{A.4-12})$$

$$k_{rd,a} = \bar{e}_w - \bar{e}_r \quad \text{(Faktor der Anpassung nach unten)} \quad (\text{A.4-13})$$

#### 6.6.2.4. Anwendung von Anpassungsfaktoren

Die Faktoren der Anpassung nach oben werden mit den gemessenen Emissionswerten für alle Prüfungen, bei denen keine Regenerierung stattgefunden hat, multipliziert oder zu ihnen hinzuaddiert. Die Faktoren der Anpassung nach unten werden mit den gemessenen Emissionswerten für alle Prüfungen, bei denen eine Regenerierung stattfindet, multipliziert oder zu ihnen hinzuaddiert. Eine erfolgte Regenerierung ist so kenntlich zu machen, dass sie während der gesamten Prüfung leicht erkennbar ist. Ist keine Regenerierung angegeben, ist der Faktor der Anpassung nach oben anzuwenden.

Bezugnehmend auf Anhang 5 Anlagen A.1 und A.2 zur Berechnung der spezifischen Emissionen im Bremsbetrieb gilt für den Regenerierungs-Anpassungsfaktor Folgendes:

- a) Wurde er für einen gesamten gewichteten Zyklus bestimmt, ist er auf die Ergebnisse der anwendbaren gewichteten NRTC-, LSI-NRTC- und NRSC-Prüfungen anzuwenden.
- b) Wurde er speziell für die einzelnen Prüfphasen des anwendbaren Einzelphasen-Zyklus bestimmt, ist er vor der Berechnung des gewichteten Emissionswertes des Zyklus auf die Ergebnisse jener Einzelphasen des anwendbaren Einzelphasen-NRSC-Zyklus anzuwenden, in denen eine Regenerierung stattfindet. In diesem Fall ist zur Messung der Partikelmaterie das Mehrfachfilterverfahren anzuwenden.
- c) Er kann für andere Motoren derselben Familie übernommen werden.
- d) Er kann mit vorheriger Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde für andere Motorenfamilien innerhalb derselben Familie von Motor-Nachbehandlungssystemen nach Anhang 1 übernommen werden, wenn der Hersteller anhand technischer Unterlagen nachweist, dass deren Emissionen ähnlich sind.

Es bestehen folgende Optionen:

- a) Ein Hersteller kann für eine oder mehrere seiner Motorenfamilien (oder Konfigurationen) auf Anpassungsfaktoren verzichten, weil die Auswirkungen der Regenerierung geringfügig sind oder aus praktischen Gründen nicht feststellbar ist, wann eine Regenerierung stattfindet. In diesen Fällen ist kein Anpassungsfaktor zu verwenden, und der Hersteller ist dafür verantwortlich, dass die Emissionsgrenzwerte bei allen Prüfungen ohne Berücksichtigung etwaiger Regenerierungen eingehalten werden.

- b) Auf Antrag des Herstellers kann die Typgenehmigungsbehörde Regenerierungsvorgänge anders als gemäß Buchstabe a berücksichtigen. Dies gilt jedoch nur für Regenerierungsvorgänge, die extrem selten auftreten und mit den unter Absatz 6.6.2.3 dieses Anhangs beschriebenen Anpassungsfaktoren in der Praxis nicht zu erfassen sind.

#### 6.7. Kühlsystem

Es ist ein Motorkühlsystem mit ausreichender Kapazität zu verwenden, damit bei der Temperatur der Ansaugluft, des Öls, des Kühlmittels des Motorblocks und des Zylinderkopfes die vom Hersteller vorgegebenen Werte für den normalen Betrieb des Motors eingehalten werden können. Im Labor können Hilfskühlsysteme und -ventilatoren verwendet werden.

#### 6.8. Schmieröl

Das zu verwendende Schmieröl ist vom Hersteller zu spezifizieren und muss für handelsübliche Schmieröle repräsentativ sein. Die Kenndaten des für die Prüfung verwendeten Schmieröls sind mit den Prüfergebnissen festzuhalten und darzustellen.

#### 6.9. Spezifikation des Bezugskraftstoffs

Die Bezugskraftstoffe sind in Anhang 6 spezifiziert.

Die Kraftstofftemperatur richtet sich nach den Empfehlungen des Herstellers. Die Kraftstofftemperatur muss am Einlass der Kraftstoffeinspritzpumpe oder nach Vorschrift des Herstellers gemessen werden, und die Stelle der Messung ist aufzuzeichnen.

#### 6.10. Kurbelgehäuseemissionen

Emissionen, die aus dem Kurbelgehäuse direkt in die Umgebungsluft geleitet werden, sind zu den Auspuffemissionen (physikalisch oder rechnerisch) während der gesamten Dauer der Emissionsprüfungen hinzuzuzählen.

Die Hersteller, die von dieser Ausnahme Gebrauch machen wollen, müssen die Motoren so aufbauen, dass die gesamten Kurbelgehäuseemissionen in das System der Emissionsprobenahme geleitet werden können. Für die Zwecke dieses Absatzes werden Kurbelgehäuseemissionen, die während des gesamten Betriebs vor der Abgasnachbehandlung in den Auspuff geleitet werden, nicht als direkt in die Umgebungsluft geleitet betrachtet.

Emissionen aus dem offenen Kurbelgehäuse müssen für die Emissionsmessung wie folgt in die Abgasanlage geleitet werden:

- a) Das Rohrleitungsmaterial muss glatt, elektrisch leitend und gegen Kurbelgehäuseemissionen resistent sein. Rohrlängen müssen so kurz wie möglich gehalten werden.
- b) Im Laboraufbau muss die Anzahl der Krümmungen der Rohrleitungen des Kurbelgehäuses so klein wie möglich gehalten werden und der Radius jeder unvermeidbaren Krümmung muss so groß wie möglich ausgeführt werden.
- c) Im Laboraufbau müssen die Rohrleitungen des Kurbelgehäuses den Angaben des Herstellers für den Gegendruck im Kurbelgehäuse entsprechen.
- d) Die Entlüftungsrohre des Kurbelgehäuses müssen an einer Stelle in die Rohabgasanlage münden, die sich unterhalb aller Nachbehandlungssysteme, unterhalb einer etwaigen Abgasdrossel sowie hinreichend oberhalb jeder Probenahmesonde befindet, um vor der Probenahme eine vollkommene Mischung des Abgases in der Abgasanlage des Motors zu gewährleisten. Das Abgasrohr des Kurbelgehäuses muss in den freien Strom der Abgase hineinragen, um Randschichteffekte zu vermeiden und die Vermischung zu fördern. Der Auslass des Abgasrohrs des Kurbelgehäuses kann, bezogen auf die Strömungsrichtung des Rohabgases, beliebig gerichtet sein.

### 7. PRÜFVERFAHREN

#### 7.1. Einleitung

In diesem Absatz wird das Verfahren zur Messung der für den Bremsbetrieb spezifischen Emissionen gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus den zu prüfenden Motoren beschrieben. Beim Prüfmotor muss es sich um die Stammotorkonfiguration für die Motorenfamilie gemäß Anhang 10 handeln.

Eine Emissionsprüfung im Labor besteht aus der Messung der Emissionen und anderen, in diesem Anhang aufgeführten Parametern für die Prüfzyklen. Folgende Aspekte werden (im vorliegenden Anhang 4) behandelt:

- a) die Laboranordnungen zur Messung der spezifischen Emissionen im Bremsbetrieb (Absatz 7.2)
- b) die Verfahren für die Überprüfung vor und nach der Prüfung (Absatz 7.3)
- c) die Prüfzyklen (Absatz 7.4)
- d) die allgemeine Prüffolge (Absatz 7.5)
- e) die Motorabbildung (Absatz 7.6)
- f) die Erstellung der Prüfzyklen (Absatz 7.7)
- g) das spezifische Durchführungsverfahren für die Prüfzyklen (Absatz 7.8)

## 7.2. Prinzip der Emissionsmessung

Für die Messung der spezifischen Emissionen im Bremsbetrieb muss der Motor die entsprechenden, in Absatz 7.4 definierten Prüfzyklen durchlaufen. Die Messung der bremspezifischen Emissionen erfordert die Bestimmung der Masse der in den Abgasemissionen enthaltenen Schadstoffe (d. h. HC, CO, NO<sub>x</sub> und PM), der Zahl der Partikel in den Abgasemissionen (d. h. PN), der Masse des CO<sub>2</sub> in den Abgasemissionen und der entsprechenden Arbeit des Motors.

### 7.2.1. Masse der Bestandteile

Die Gesamtmasse jedes Bestandteils ist im jeweiligen Prüfzyklus mithilfe folgender Methoden zu bestimmen.

#### 7.2.1.1. Kontinuierliche Probenahme

Bei der kontinuierlichen Probenahme wird die Konzentration des Bestandteils fortlaufend im Rohabgas oder im verdünnten Abgas gemessen. Dieser Konzentrationswert wird dann mit dem an der Emissionsprobe-Entnahmestelle vorhandenen kontinuierlichen Durchsatz des Rohabgases oder des verdünnten Abgases multipliziert, um den Durchsatz des Bestandteils zu bestimmen. Die Emission des Bestandteils wird kontinuierlich über das Prüfintervall aufsummiert. Diese Summe ergibt die Gesamtmasse des emittierten Bestandteils.

#### 7.2.1.2. Stichprobenahme

Bei der Stichprobenahme wird fortlaufend eine Stichprobe des Rohabgases oder des verdünnten Abgases entnommen und für spätere Messungen aufbewahrt. Die entnommene Probe muss proportional zum Durchsatz des Rohabgases oder des verdünnten Abgases sein. Beispiele solcher Stichprobenahmen sind das Einsammeln verdünnter gasförmiger Emissionen in einem Beutel und das Ansammeln von PM an einem Filter. Die Emissionsberechnung geschieht grundsätzlich nach folgender Methode: Die eingesammelten Konzentrationen werden mit dem Gesamtwert der Masse oder des Massedurchsatzes des Rohabgases oder des verdünnten Abgases multipliziert, aus denen sie während des Prüfzyklus entnommen worden sind. Dies ergibt die Gesamtmasse bzw. den gesamten Massendurchsatz des emittierten Bestandteils. Zur Berechnung der Feinstaubkonzentration wird die aus einem proportional entnommenen Abgas an einem Filter abgelagerte Feinstaubmasse durch die Menge des gefilterten Abgases dividiert.

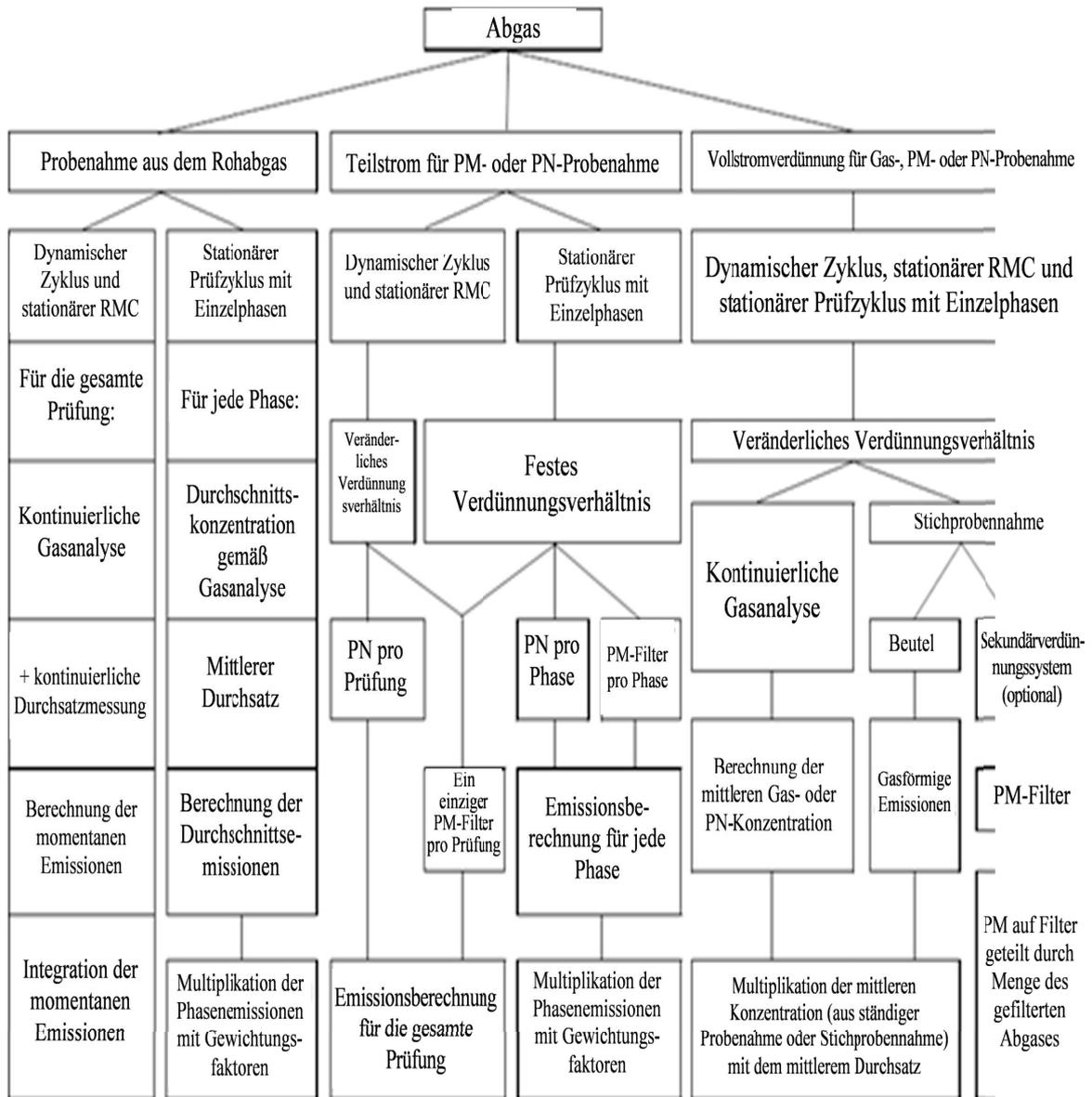
#### 7.2.1.3. Kombinierte Probenahme

Alle Kombinationen aus kontinuierlicher Probenahme und Stichprobenahme sind zulässig (z. B. PM mittels Stichprobenahme und gasförmige Emissionen mittels kontinuierlicher Probenahme).

In der nachfolgenden Abbildung A.4-2 sind die beiden Aspekte der Prüfverfahren zur Emissionsmessung, nämlich die Probenahmeleitungen im Rohabgas und im verdünnten Abgas sowie die zur Berechnung der Schadstoffemissionen in den stationären und dynamischen Prüfzyklen erforderlichen Operationen, dargestellt.

Abbildung A.4-2

**Prüfverfahren für die Emissionsmessung**



Anmerkung zu Abbildung A.4-2: Der Begriff „Teilstrom-PM-Probenahme“ umfasst die Teilstromverdünnung, sodass nur Rohabgas mit festem oder veränderlichem Verdünnungsverhältnis entnommen wird.

7.2.2. Bestimmung der Arbeit

Die Arbeit ist über den Prüfzyklus zu bestimmen, indem durch synchrones Multiplizieren von Drehzahl und Bremsmoment Momentanwerte der Bremsleistung des Motors berechnet werden. Die Bremsleistung des Motors ist zur Ermittlung der Gesamtarbeit über den Prüfzyklus zu integrieren (siehe auch Absatz 6.3.5).

### 7.3. Überprüfung und Kalibrierung

#### 7.3.1. Vor der Prüfung zu treffende Maßnahmen

##### 7.3.1.1. Allgemeine Anforderungen für die Vorkonditionierung des Probenahmesystems und des Motors

Um stabile Bedingungen herzustellen, sind das Probenahmesystem und der Motor vor Beginn einer Prüffolge wie in diesem Absatz beschrieben zu konditionieren.

Durch die Vorkonditionierung des Motors sollen die Repräsentativität der Emissionen sowie der emissionsmindernden Einrichtungen im gesamten Lastzyklus sichergestellt und Verzerrungen reduziert werden, um stabile Bedingungen für die nachfolgende Emissionsprüfung zu erreichen.

Motoren mit einem Nachbehandlungssystem können vor der in den Absätzen 7.3.1.1.1 bis 7.3.1.1.4 dieses Anhangs beschriebenen zykluspezifischen Vorkonditionierung betrieben werden, um das Nachbehandlungssystem zu regenerieren und gegebenenfalls die Rußbelastung im Partikelnachbehandlungssystem wiederherzustellen.

In den Vorkonditionierungszyklen können Emissionsmessungen vorgenommen werden, wenn eine vorher festgelegte Zahl von Vorkonditionierungszyklen durchgeführt wird und das Messsystem nach den Vorschriften von Absatz 7.3.1.4 dieses Anhangs gestartet wurde. Der Umfang der Vorkonditionierung ist vom Motorenhersteller vor Beginn der Vorkonditionierung festzulegen. Die Vorkonditionierung ist wie folgt durchzuführen, wobei die Vorkonditionierungszyklen identisch mit den Zyklen für die Emissionsmessung sind.

##### 7.3.1.1.1. Vorkonditionierung für den dynamischen NRTC-Zyklus mit Kaltstart

Der Motor muss zur Vorkonditionierung mindestens einen dynamischen Zyklus mit Warmstart durchlaufen. Unmittelbar nach Abschluss jedes Vorkonditionierungszyklus wird der Motor für die Dauer der Durchwärmungsphase mit abgestelltem Motor abgestellt. Unmittelbar nach Abschluss des letzten Vorkonditionierungszyklus wird der Motor abgestellt und die Abkühlung gemäß Absatz 7.3.1.2 dieses Anhangs beginnt.

##### 7.3.1.1.2. Vorkonditionierung für den dynamischen Zyklus mit Warmstart (NRTC oder LSI-NRTC)

Dieser Absatz beschreibt die Vorkonditionierung, die vorzunehmen ist, wenn dem NRTC mit Warmstart - ohne Durchführung des NRTC mit Kaltstart - Emissionsproben entnommen werden sollen, oder für den LSI-NRTC. Der Motor muss zur Vorkonditionierung mindestens einen NRTC- oder LSI-NRTC-Zyklus, je nachdem, was zutrifft, mit Warmstart durchlaufen. Unmittelbar nach Abschluss jedes Vorkonditionierungszyklus wird der Motor abgestellt und der nächste Zyklus so bald wie möglich gestartet. Es wird empfohlen, den nächsten Vorkonditionierungszyklus binnen 60 Sekunden nach Abschluss des vorangehenden Vorkonditionierungszyklus zu starten. Im Anschluss an den letzten Vorkonditionierungszyklus ist die zutreffende Durchwärmungs- (NRTC mit Warmstart) oder Abkühlungsphase (LSI-NRTC) einzuhalten, bevor der Motor für die Emissionsprüfung gestartet wird. Falls keine Durchwärmungs- oder Abkühlungsphase vorgeschrieben ist, wird empfohlen, die Emissionsprüfung binnen 60 Sekunden nach Abschluss des letzten Vorkonditionierungszyklus zu beginnen.

##### 7.3.1.1.3. Vorkonditionierung für Einzelphasen-NRSC

Motoren, die nicht zu den Klassen NRS und NRSh gehören, müssen warmlaufen und weiterlaufen, bis die Motortemperaturen (Kühlwasser und Schmieröl) stabilisiert sind; dies geschieht für Einzelphasen-NRSC außer den Prüfzyklen D2 oder G bei 50 % der Drehzahl und 50 % des Drehmoments und für die Einzelphasen-NRSC D2 oder G bei Nenndrehzahl und 50 % des Drehmoments. Der Drehzahlwert von 50 % wird gemäß Absatz 5.2.5.1 berechnet, falls zur Ermittlung der Prüfdrehzahlen die maximale Prüfdrehzahl (MTS) herangezogen wird, in allen anderen Fällen wird sie gemäß Absatz 7.7.1.3 berechnet. 50 % des Drehmoments ist definiert als 50 % des höchsten bei dieser Drehzahl zur Verfügung stehenden Drehmoments. Die Emissionsprüfung ist ohne vorheriges Abstellen des Motors zu starten.

Bei Motoren der Klassen NRS und NRSh erfolgt das Warmlaufen des Motors gemäß den Empfehlungen des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen. Vor dem Beginn der Probenahme muss der Motor in Phase 1 des geeigneten Prüfzyklus laufen, bis die Motortemperaturen sich stabilisiert haben. Die Emissionsprüfung ist ohne vorheriges Abstellen des Motors zu starten.

#### 7.3.1.1.4. Vorkonditionierung für RMC-NRSC

Der Hersteller wählt eine der folgenden Vorkonditionierungssequenzen a oder b aus. Der Motor ist nach der gewählten Sequenz vorzukonditionieren.

- a) Zur Vorkonditionierung muss der Motor in Abhängigkeit von der Zahl der Prüfphasen mindestens die zweite Hälfte des RMC durchlaufen. Zwischen den Zyklen ist der Motor nicht abzustellen. Unmittelbar nach Abschluss jedes Vorkonditionierungszyklus ist der nächste Zyklus (einschließlich der Emissionsprüfung) so bald wie möglich zu starten. Es wird empfohlen, den nächsten Zyklus spätestens 60 Sekunden nach Abschluss des letzten Vorkonditionierungszyklus zu starten.
- b) Der Motor muss warmlaufen und weiterlaufen, bis die Motortemperaturen (Kühlwasser und Schmieröl) stabilisiert sind; dies geschieht für alle RMC-Prüfzyklen außer den Zyklen D2 oder G bei 50 % der Drehzahl und 50 % des Drehmoments und für alle sonstigen RMC-Prüfzyklen D2 oder G bei Nenn Drehzahl und 50 % des Drehmoments. Der Drehzahlwert von 50 % wird gemäß Absatz 5.2.5.1 dieses Anhangs berechnet, falls zur Ermittlung der Prüfdrehzahlen die maximale Prüfdrehzahl (MTS) herangezogen wird, in allen anderen Fällen wird sie gemäß Absatz 7.7.1.3 dieses Anhangs berechnet. 50 % des Drehmoments ist definiert als 50 % des höchsten bei dieser Drehzahl zur Verfügung stehenden Drehmoments.

#### 7.3.1.2. Abkühlen des Motors (NRTC)

Der Motor kann entweder natürlich abkühlen oder zwangsgekühlt werden. Für die Zwangskühlung sind nach bestem fachlichen Ermessen Systeme zu verwenden, die den Motor mit Kühlluft anblasen, kühles Öl in den Schmierölkreislauf des Motors pumpen, dem Kühlmittel mittels des Motorkühlsystems Wärme entziehen und dem Abgasnachbehandlungssystem Wärme entziehen. Bei Zwangskühlung des Abgasnachbehandlungssystems darf Kühlluft erst eingeleitet werden, nachdem seine Temperatur unter die Aktivierungstemperatur des Katalysators gefallen ist. Kühlverfahren, die zu nicht repräsentativen Emissionswerten führen, sind unzulässig.

#### 7.3.1.3. Überprüfung der HC-Kontaminierung

Ist eine erhebliche Kontaminierung des Abgasmesssystems mit HC zu vermuten, kann diese mit Nullgas geprüft und anschließend eine Korrektur vorgenommen werden. Soll das Ausmaß der Kontaminierung des Messsystems und des Hintergrund-HC-Systems überprüft werden, muss dies innerhalb von 8 Stunden vor dem Beginn des jeweiligen Prüfzyklus geschehen. Die Werte sind zwecks späterer Korrektur aufzuzeichnen. Vor der Überprüfung sind die Dichtigkeitsprüfung durchzuführen und der FID-Analysator zu kalibrieren.

#### 7.3.1.4. Vorbereiten der Messgeräte auf die Probenahmen

Folgende Schritte sind zu unternehmen, bevor die Emissionsprobenahme beginnt:

- a) Binnen 8 Stunden vor der Emissionsprobenahme muss eine Dichtigkeitsprüfung gemäß Absatz 8.1.8.7 durchgeführt werden.
- b) Für Stichprobenahmen müssen saubere Speichermitel angebracht werden, zum Beispiel luftleere Beutel oder taragewägte Filter.
- c) Alle Messgeräte müssen gemäß den Anweisungen des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen in Betrieb genommen werden.
- d) Die Verdünnungssysteme, Probenahmepumpen, Kühlgebläse und Datenerfassungsgeräte müssen eingeschaltet werden.
- e) Die Probendurchsätze müssen auf die gewünschten Pegel eingestellt werden, falls erwünscht unter Einsatz von Nebenstrom.
- f) Wärmetauscher im Probenahmesystem müssen vorgewärmt oder vorgekühlt werden, um sie für die jeweilige Prüfung in ihren Betriebstemperaturbereich zu bringen.
- g) Es muss hinreichend Zeit vorgesehen werden, damit erwärmte oder gekühlte Komponenten wie Entnahmeleitungen, Filter, Kühler und Pumpen ihre Betriebstemperatur stabil erreichen.
- h) Die Strömung des Abgasverdünnungssystems muss mindestens 10 Minuten vor einer Prüfsequenz eingeschaltet werden.

- i) Die Kalibrierung der Gasanalysatoren und die Einstellung der kontinuierlichen Analysatoren auf null sind nach dem Verfahren in Absatz 7.3.1.5 vorzunehmen.
- j) Jeder elektronische Integrator muss vor jedem Prüfintervall auf null gesetzt werden.

#### 7.3.1.5. Kalibrierung der Gasanalysatoren

Für die Gasanalysatoren sind die geeigneten Arbeitsbereiche einzustellen. Es sind Emissionsanalysatoren mit automatischer oder manueller Bereichsumschaltung zulässig. Während einer Prüfung im gestuften Mehrphasenzyklus oder einer NRTC-Prüfung sowie während der Entnahme einer Probe von gasförmigen Emissionen am Ende jeder Phase bei Prüfungen mit Einzelprüfzyklen dürfen die Emissionsanalysatoren nicht auf einen anderen Arbeitsbereich umgeschaltet werden. Auch die Verstärkungseinstellung eines oder mehrerer analoger Operationsverstärker eines Analysators darf während des Prüfzyklus nicht umgeschaltet werden.

Alle kontinuierlichen Analysatoren sind auf null zu stellen, und der Messbereich ist einzustellen; hierfür sind auf internationale Normen zurückführbare Gase zu verwenden, die den Anforderungen von Absatz 9.5.1 dieses Anhangs genügen. FID-Analysatoren müssen auf der Basis der Kohlenstoffzahl eins ( $C_1$ ) justiert werden.

#### 7.3.1.6. Vorkonditionierung und Tarawägung der PM-Filter

Für die Vorkonditionierung und Tarawägung der PM-Filter sind die Verfahren nach Absatz 8.2.3 dieses Anhangs einzuhalten.

#### 7.3.2. Verfahren nach der Prüfung

Folgende Schritte sind nach Abschluss der Emissionsprobenahme zu unternehmen:

##### 7.3.2.1. Überprüfung der Verhältnisgleichheit der Probenahmen

Für jede verhältnisgleiche Stichprobe wie eine Beutel- oder eine PM-Probe muss überprüft werden, dass eine verhältnisgleiche Probenahme nach Absatz 8.2.1 eingehalten worden ist. Bei der Einzelfiltermethode und der stationären Prüfung mit Einzelzyklen ist ein effektiver PM-Gewichtungsfaktor zu berechnen. Jede Probe, die den Anforderungen von Absatz 8.2.1 dieses Anhangs nicht genügt, ist zu verwerfen.

##### 7.3.2.2. Konditionieren und Wägen von Feinstaub nach der Prüfung

Benutzte PM-Filter müssen in abgedeckten oder verschlossenen Behältern aufbewahrt werden, oder die Filterträger müssen verschlossen sein, damit die Probefilter vor Kontaminierung durch die Umwelt geschützt sind. Die so geschützten beladenen Filter sind in die Konditionierungskammer oder den Konditionierungsraum für die PM-Filter zurückzubringen. Anschließend sind die PM-Filter nach Absatz 8.2.4 dieses Anhangs (Nachkonditionierung und Gesamtwägung der PM-Filter) zu konditionieren und zu wägen.

##### 7.3.2.3. Analyse gasförmiger Stichproben

Sobald wie möglich ist Folgendes durchzuführen:

- a) Um nachzuprüfen, ob die Gasanalysatoren noch stabil sind, sind alle Gasprobenanalysatoren spätestens 30 Minuten nach Abschluss des Prüfzyklus oder, wenn möglich, während der Heißabstellphase auf null zu stellen, und ihr Messbereich ist einzustellen.
- b) Konventionelle gasförmige Stichproben sind bis spätestens 30 Minuten nach Abschluss des Prüfzyklus mit Warmstart oder während der Heißabstellphase zu analysieren.
- c) Die Hintergrundproben müssen spätestens 60 Minuten nach dem Abschluss des Prüfzyklus mit Warmstart analysiert werden.

##### 7.3.2.4. Driftüberprüfung

Nach Quantifizierung der Abgase ist die Drift wie folgt zu überprüfen:

- a) Für Gasprobenanalysatoren und kontinuierliche Gasanalysatoren ist der mittlere Ablesewert aufzuzeichnen, nachdem der Analysator mithilfe eines Nullgases stabilisiert wurde. Die Stabilisierungszeit kann die Zeit, die vergeht, bis der Analysator völlig frei von Probegas ist, sowie die Ansprechzeit des Analysators berücksichtigen.

b) Nach Stabilisierung des Analysators mit dem Justiergas ist der mittlere Ablesewert aufzuzeichnen. Die Stabilisierungszeit kann die Zeit, die vergeht, bis der Analysator völlig frei von Probegas ist, sowie die Ansprechzeit des Analysators berücksichtigen.

c) Diese Daten sind zur Validierung und zur Korrektur der Drift gemäß Absatz 8.2.2 dieses Anhangs heranzuziehen.

#### 7.4. Prüfzyklen

Die Typgenehmigungsprüfung ist unter Verwendung des geeigneten NRSC und gegebenenfalls des geeigneten NRTC oder LSI-NRTC gemäß Anlage A.6 dieses Anhangs durchzuführen. Die Methode zur Bestimmung der Einstellungen für Drehmoment und Drehzahl für diese Zyklen sind in Absatz 7.7 dieses Anhangs enthalten.

##### 7.4.1. Stationäre Prüfzyklen

Die stationären Prüfzyklen sind in Anlage A.6 dieses Anhangs als Liste von Einzelprüfzyklen (Betriebspunkten) dargestellt, in der jedem Betriebspunkt ein Drehzahl- und ein Drehmomentwert entspricht. Ein stationärer Prüfzyklus ist mit einem nach Herstellerangaben aufgewärmten und laufenden Motor zu messen. Nach Wahl des Herstellers kann ein stationärer Prüfzyklus als Einzelphasenzyklus oder als gestufter Mehrphasenzyklus (RMC) gemäß den Absätzen 7.4.1.1 und 7.4.1.2 dieses Anhangs durchgeführt werden. Es ist nicht notwendig, eine Emissionsprüfung sowohl nach Absatz 7.4.1.1 als auch nach Absatz 7.4.1.2 dieses Anhangs durchzuführen.

##### 7.4.1.1. Stationäre Prüfzyklen mit Einzelphasen

Die stationären Prüfzyklen mit Einzelphasen werden mit warmgelaufenem Motor durchgeführt; die Emissionsmessung beginnt nach Anlassen und Warmlaufen des Motors, wenn dieser die Betriebsbedingungen nach Absatz 7.8.1.2 dieses Anhangs erreicht hat. Jeder Zyklus besteht aus einer Anzahl von Drehzahl- und Belastungsphasen (mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor), die den typischen Betriebsbereich der betreffenden Motorenklasse abdecken.

##### 7.4.1.2. Stationäre gestufte Mehrphasenprüfzyklen (RMC)

Die gestuften Mehrphasenprüfzyklen (RMC) werden mit warmgelaufenem Motor durchgeführt; die Emissionsmessung beginnt nach Anlassen und Warmlaufen des Motors, wenn dieser die Betriebsbedingungen nach Absatz 7.8.2.1 dieses Anhangs erreicht hat. Der Motor ist während des gesamten RMC-Prüfzyklus durch das Prüfstand-Steuergerät zu steuern. Die Messung der gasförmigen Emissionen und der Partikelemissionen sowie die Probenahme erfolgt im RMC-Prüfzyklus kontinuierlich wie in einem dynamischen Zyklus.

Mit einem RMC soll ein Verfahren für die Durchführung einer stationären Prüfung unter pseudodynamischen Bedingungen erstellt werden. Jeder RMC besteht aus einer Reihe von stationären Prüfphasen mit einem linearen Übergang zwischen ihnen. Die relative Gesamtdauer der einzelnen Phasen und der ihnen vorausgehenden Übergänge entspricht der Gewichtung in den stationären Prüfzyklen mit Einzelphasen. Der Wechsel der Motordrehzahl und -belastung beim Übergang von einer Phase zur anderen muss innerhalb von  $20 \pm 1$  s linear erfolgen. Die Zeit für den Phasenwechsel ist Teil der neuen Phase (dies gilt auch für die erste Phase). In einigen Fällen werden die Phasen nicht in derselben Reihenfolge durchgeführt wie bei stationären Prüfzyklen mit Einzelphasen oder die Phasen werden geteilt, um extreme Temperaturschwankungen zu vermeiden.

##### 7.4.2. Dynamischer Prüfzyklus (NRTC und LSI-NRTC)

Der dynamische Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte (NRTC) und der dynamische Prüfzyklus für große Motoren mit Fremdzündung für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte (LSI-NRTC) sind beide in Anhang 4 Anlage A.6 als Folge von im Sekundenabstand wechselnden normierten Drehzahl- und Drehmomentwerten festgelegt. Zur Durchführung der Prüfung in einer Prüfzelle sind die normierten Werte mithilfe der spezifischen Drehzahl- und Drehmomentwerte in der Motorabbildungskurve in die entsprechenden Bezugswerte für den zu prüfenden Motor umzurechnen. Diese Umrechnung wird als Entnormierung bezeichnet, und der so ermittelte Prüfzyklus ist der NRTC- oder LSI-NRTC-Bezugszyklus für den zu prüfenden Motor (siehe Absatz 7.7.2 dieses Anhangs).

##### 7.4.2.1. Prüffolge für den NRTC

Anhang 5 enthält eine grafische Darstellung des normierten NRTC-Ablaufplans für den Leistungsprüfstand.

Der dynamische Prüfzyklus ist nach Abschluss der Vorkonditionierung (siehe Absatz 7.3.1.1.1 dieses Anhangs) zweimal gemäß dem nachstehenden Verfahren durchzuführen:

- a) Der Kaltstart beginnt nach natürlicher Abkühlung des Motors und der Nachbehandlungssysteme auf Raumtemperatur, oder nach Zwangsabkühlung, nachdem sich die Temperaturen des Motors, des Kühlmittels, des Öls, des Nachbehandlungssystems und aller Motorsteuerungseinrichtungen bei 293 K und 303 K (20 °C bis 30 °C) stabilisiert haben. Die Messung der Emissionen beim Kaltstart beginnt mit dem Anspringen des kalten Motors.
- b) Die Heißabstellphase beginnt unmittelbar nach Abschluss der Phase mit Kaltstart. Der abgestellte Motor ist für den Warmstart mit einer Heißabstellphase von 20 Minuten  $\pm$  1 Minute Dauer zu konditionieren.
- c) Der Warmstart-Prüflauf beginnt unmittelbar nach der Heißabstellphase mit dem Anlassen des Motors. Die Gasanalysatoren sind spätestens 10 s vor dem Ende der Heißabstellphase einzuschalten, damit Ausschläge des Signals durch die Umschaltung vermieden werden. Die Emissionsmessung muss parallel mit dem Beginn der Phase mit Warmstart einschließlich des Anlassvorgangs beginnen.

Die spezifischen Emissionen im Bremsbetrieb (in g/kWh) und für PN (in #/kWh) sind mithilfe der in diesem Absatz festgelegten Verfahren sowohl für den Zyklus mit Kaltstart als auch für den Prüfzyklus mit Warmstart zu bestimmen. Es ist ein gewichteter Emissionsmischwert zu berechnen, indem, wie in Anhang 5 Anlagen A.1 und A.2 ausgeführt, die Kaltstartergebnisse mit 10 % und die Warmstartergebnisse mit 90 % gewichtet werden.

#### 7.4.2.2. Prüffolge für den LSI-NRTC

Der dynamische Prüfzyklus ist nach Abschluss der Vorkonditionierung (siehe Absatz 7.3.1.1.2 dieses Anhangs) einmal als Warmstartprüfung gemäß dem nachstehenden Verfahren durchzuführen:

- a) Der Motor ist anzulassen und die ersten 180 Sekunden des Lastzyklus zu betreiben, anschließend ist er 30 Sekunden lang ohne Belastung bei Leerlaufdrehzahl zu betreiben. Während dieser Aufwärmsequenzen sind keine Emissionsmessungen vorzunehmen;
- b) am Ende der Leerlaufphase von 30 Sekunden ist die Emissionsmessung zu beginnen und der Motor über den gesamten Lastzyklus von Beginn an (Sekunde 0) zu betreiben.

Die bremspezifischen Emissionen (in g/kWh) sind nach den in Anhang 5 Anlagen A.1 und A.2 festgelegten Verfahren zu bestimmen.

Wenn der Motor bereits vor der Prüfung in Betrieb war, ist er nach bestem fachlichen Ermessen so abzukühlen, dass die gemessenen Emissionen genau denen eines bei Raumtemperatur gestarteten Motors entsprechen. Wenn zum Beispiel ein bei Raumtemperatur gestarteter Motor sich in drei Minuten ausreichend warmläuft, um den Betrieb im geschlossenen Regelkreissystem zu beginnen und volle Katalysatoraktivität zu erreichen, ist vor Beginn der nächsten Prüfung nur eine minimale Motorkühlung notwendig.

Mit vorheriger Zustimmung des technischen Dienstes kann das Verfahren zum Warmlaufen des Motors bis zu 15 Minuten des Betriebs im Lastzyklus umfassen.

#### 7.5. Allgemeiner Ablauf der Prüfung

Die Messung der Motoremissionen erfolgt in folgenden Schritten:

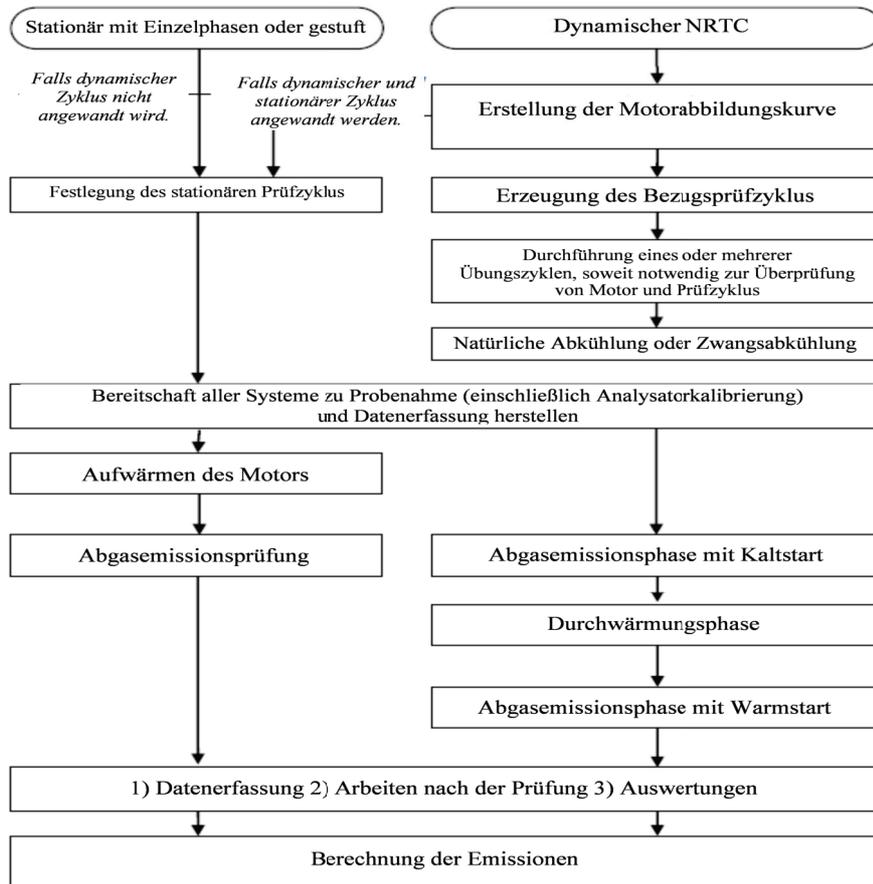
- a) Für den zu prüfenden Motor werden die Prüfdrehzahlen und Prüfdrehmomente festgelegt, indem (bei Motoren mit konstanter Drehzahl) das maximale Drehmoment oder (bei Motoren mit variabler Drehzahl) die des maximalen Drehmoments in Abhängigkeit von der Drehzahl gemessen wird.
- b) Normierte Prüfzyklen sind anhand des gemäß Buchstabe a dieses Absatzes ermittelten Drehmomentwertes (bei Motoren mit konstanter Drehzahl) oder der ermittelten Drehzahl- und Drehmomentwerte (bei Motoren mit variabler Drehzahl) zu entnormieren.
- c) Der Motor, die Ausrüstung sowie die Messgeräte sind vorab für die nachfolgende Emissionsprüfung oder die Serien von Emissionsprüfungen (Zyklus mit Kalt- und Warmstart) vorzubereiten.
- d) Es sind Vor-Prüfungsverfahren durchzuführen, um bestimmte Ausrüstungsteile und Analysatoren auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen. Alle Analysatoren sind zu kalibrieren. Alle Vor-Prüfungsdaten sind zu dokumentieren.

- e) Zu Beginn des Prüfzyklus wird der Motor gestartet (NRTC) oder läuft weiter (stationäre Zyklen und LSI-NRTC); gleichzeitig sind die Probenahmesysteme zu starten.
- f) Die Emissionen und sonstigen geforderten Parameter sind in der Probenahmezeit zu messen oder aufzuzeichnen (bei NRTC-, LSI-NRTC- und stationären gestuften Mehrphasenzyklen über den gesamten Prüfzyklus).
- g) Nach der Prüfung sind bestimmte Ausrüstungsteile und Analysatoren auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen.
- h) Der (die) PM-Filter ist (sind) vorzukonditionieren, zu wägen (Leergewicht), zu laden, erneut zu konditionieren und zu wägen (Gewicht beladen); anschließend sind die Proben gemäß den vor der Prüfung (Absatz 7.3.1.6 dieses Anhangs) und nach der Prüfung (Absatz 7.3.2.2 dieses Anhangs) durchzuführenden Verfahren auszuwerten.
- i) Die Ergebnisse der Emissionsprüfung sind auszuwerten.

Das nachfolgende Diagramm (Abbildung A.4-3) bietet einen Überblick über die zur Durchführung der NRMM-Prüfzyklen mit Messung der Abgasemissionen des Motors erforderlichen Verfahren.

Abbildung A.4-3

**Prüffolge**



### 7.5.1. Start und Neustart des Motors

#### 7.5.1.1. Motorstart

Der Motor ist zu starten:

- a) gemäß den Empfehlungen in der Betriebsanleitung mit einem handelsüblichen Anlasser oder einem Druckluftanlasssystem und entweder einer ausreichend geladenen Batterie bzw. einer anderen geeigneten Stromquelle oder einer geeigneten Druckluftversorgung oder
- b) indem der Motor bis zum Anspringen mit dem Leistungsprüfstand durchgedreht wird. Der Motor ist mit seiner typischen Anlassdrehzahl im normalen Betrieb  $\pm 25\%$  durchzudrehen oder die Drehzahl des Leistungsprüfstandes ist linear von Null auf einen Wert von  $100 \text{ min}^{-1}$  unterhalb der abgesenkten Leerlaufdrehzahl zu steigern; dies darf jedoch nur solange geschehen, bis der Motor anspringt.

Der Anlassvorgang ist innerhalb von 1 s nach Anspringen des Motors zu beenden. Springt der Motor nicht spätestens nach 15 s Durchdrehen an, ist der Anlassvorgang abzubrechen und die Ursache des Nichtanspringens zu ermitteln, sofern nicht in der Betriebsanleitung oder im Werkstatthandbuch ein längeres Durchdrehen als normal angegeben wird.

#### 7.5.1.2. Abwürgen des Motors

- a) Wird der Motor zu irgendeinem Zeitpunkt des NRTC mit Kaltstart abgewürgt, ist die Prüfung ungültig.
- b) Wird der Motor zu irgendeinem Zeitpunkt des NRTC mit Warmstart abgewürgt, so ist nur dieser Prüflauf ungültig. Der Motor ist dann nach Absatz 7.8.3 dieses Anhangs heiß abzustellen und die Prüfung mit Warmstart ist zu wiederholen. Der Prüflauf mit Kaltstart braucht in diesem Fall nicht wiederholt zu werden.
- c) Wird der Motor während des LSI-NRTC zu irgendeinem Zeitpunkt abgewürgt, ist die Prüfung ungültig.
- d) Wird der Motor zu irgendeinem Zeitpunkt des stationären Zyklus (Einzelphasen- oder gestufter Mehrphasenzyklus) abgewürgt, ist die Prüfung ungültig und muss, beginnend mit dem Warmlaufen des Motors, wiederholt werden. Bei PM-Messungen nach der Mehrfachfiltermethode (je ein Probenahmefilter für jede Betriebsphase) ist die Prüfung fortzusetzen; hierzu wird die Motortemperatur in der vorherigen Phase stabilisiert, anschließend wird die Messung für die Phase begonnen, in der der Motor abgewürgt wurde.

#### 7.5.1.3. Motorbetrieb

Diese kann durch eine Bedienperson erfolgen (d. h. manuell) oder durch einen Regler (d. h. automatisch), wobei eine mechanische oder elektronische Stellgröße die Motorleistung anfordert. Die Eingabe kann erfolgen über: ein Gaspedal, einen Signalgeber, einen Drosselklappen-Hebel oder ein Drosselklappen-Steuersignal, einen Kraftstoff-Einstellhebel oder ein Kraftstoff-Einstellsignal, einen Drehzahl-Einstellhebel oder ein Drehzahl-Einstellsignal oder mittels der Einstellung oder der Signalgabe eines Motorreglers.

### 7.6. Motorabbildungskurve

Bevor mit der Erstellung der Motorabbildungskurve begonnen wird, muss der Motor warmlaufen und gegen Ende des Warmlaufvorgangs mindestens 10 Minuten lang mit Höchstleistung oder gemäß den Empfehlungen des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen betrieben werden, um die Temperatur des Motorkühlmittels und des Schmieröls zu stabilisieren. Wenn der Motor stabilisiert ist, wird die Motorabbildungskurve wie folgt erstellt:

Beabsichtigt der Hersteller bei entsprechend ausgerüsteten Motoren die Drehmoment-Sendefunktion des elektronischen Steuergeräts zu nutzen, ist die Überprüfung nach Anlage A.3 dieses Anhangs während der Erstellung der Motorabbildungskurve zusätzlich durchzuführen.

Außer bei Motoren mit konstanter Drehzahl wird die Motorabbildungskurve mit voll geöffnetem Kraftstoff-Einstellhebel oder Kraftstoffdruckregler bei einzeln eingestellten (diskreten) Drehzahlen in aufsteigender Reihenfolge erstellt. Die niedrigste und die höchste Abbildungsdrehzahl werden wie folgt festgelegt:

Niedrigste Abbildungsdrehzahl = Warmleerlaufdrehzahl

Höchste Abbildungsdrehzahl =  $n_{hi} \times 1,02$  oder die Drehzahl, bei der das maximale Drehmoment gegen Null abfällt; es gilt der kleinere der beiden Werte.

Dabei ist:

$n_{hi}$  die hohe Drehzahl, definiert als die höchste Motordrehzahl, bei der 70 % der maximalen Leistung auftreten.

Ist die Höchstdrehzahl nicht sicher oder nicht repräsentativ (z. B. bei Motoren ohne Drehzahlregler) ist nach bestem fachlichen Ermessen bis zur höchsten sicheren oder repräsentativen Drehzahl abzubilden.

#### 7.6.1. Erstellung der Motorabbildungskurve für NRSC mit variabler Drehzahl

Beim Erstellen der Motorabbildungskurve für einen NRSC mit variabler Drehzahl (nur für Motoren, die den NRTC- oder LSI-NRTC nicht durchlaufen müssen) ist nach bestem fachlichen Ermessen eine ausreichende Zahl von gleichmäßig verteilten Einstellungen zu wählen. Bei jeder Einstellung ist die Drehzahl zu stabilisieren und es sind mindestens 15 Sekunden für die Stabilisierung des Drehmoments vorzusehen. Die mittlere Drehzahl und das mittlere Drehmoment sind bei jeder Einstellung aufzuzeichnen. Es wird empfohlen, die mittlere Drehzahl und das mittlere Drehmoment anhand der aufgezeichneten Daten aus den letzten 4 bis 6 Sekunden zu berechnen. Wenn nötig sind die Prüfdrehzahlen und -drehmomente für den NRSC mittels linearer Interpolation zu bestimmen. Bei Motoren, die zusätzlich auch eine NRTC- oder LSI-NRTC-Prüfung durchlaufen müssen, wird die NRTC-Motorabbildungskurve zur Bestimmung der Drehzahlen und Drehmomente für die stationäre Prüfung herangezogen.

Nach Wahl des Herstellers kann die Motorabbildungskurve alternativ auch nach dem Verfahren gemäß Absatz 7.6.2 dieses Anhangs erstellt werden.

#### 7.6.2. Motorabbildungskurve für den NRTC- und den LSI-NRTC

Die Motorabbildungskurve wird nach dem folgenden Verfahren erstellt:

- a) Der Motor wird ohne Last und bei Leerlaufdrehzahl betrieben.
  - i) Bei Motoren mit Regelung der niedrigen Drehzahl ist die Bedieneingabe auf den niedrigsten Wert und der Leistungsprüfstand oder eine sonstigen Belastungseinrichtung auf ein Drehmoment von Null an der Primärtriebsschwelle des Motors einzustellen, die Regelung der Drehzahl durch den Motor ist zuzulassen. Diese Warmleerlaufdrehzahl ist zu messen.
  - ii) Bei Motoren ohne Regelung der niedrigen Drehzahl ist der Leistungsprüfstand auf ein Drehmoment von Null an der Primärtriebsschwelle des Motors einzustellen, und die Bedieneingabe ist so einzustellen, dass die Drehzahl mit minimaler Belastung auf dem niedrigsten möglichen Wert gemäß den Angaben des Herstellers (auch als Warmleerlaufdrehzahl gemäß Herstellerangabe bezeichnet) gehalten wird.
  - iii) Das Leerlaufdrehmoment gemäß Herstellerangabe kann bei allen Motoren mit variabler Drehzahl (mit und ohne Regelung der niedrigen Drehzahl) herangezogen werden, wenn ein Leerlaufdrehmoment von mehr als Null repräsentativ für den tatsächlichen Betrieb ist.
- b) Die Bedieneingabe ist auf ihren maximalen Wert einzustellen und die Drehzahl ist auf einen Wert zwischen der Warmleerlaufdrehzahl und 95 % der Warmleerlaufdrehzahl regeln. Bei Motoren, in deren Bezugsarbeitszyklen die Mindestdrehzahl höher ist als die Warmleerlaufdrehzahl, kann die Erstellung der Motorabbildungskurve bei einem Wert zwischen der niedrigsten Bezugsdrehzahl und 95 % der niedrigsten Bezugsdrehzahl beginnen.
- c) Die Drehzahl wird mit einer mittleren Geschwindigkeit von  $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$  gesteigert oder mit einer gleichbleibenden Rate in der Weise erhöht, dass es 4 bis 6 Minuten dauert, von der niedrigsten zur höchsten Abbildungsdrehzahl zu gelangen. Der Abbildungsdrehzahl-Bereich muss bei einem Wert zwischen der Warmleerlaufdrehzahl und 95 % der Warmleerlaufdrehzahl beginnen und bei der höchsten Drehzahl oberhalb der maximalen Leistung, bei der weniger als 70 % der maximalen Leistung auftreten, enden. Ist diese Höchstdrehzahl nicht sicher oder nicht repräsentativ (z. B. bei Motoren ohne Drehzahlregler) ist nach bestem fachlichen Ermessen bis zur höchsten sicheren oder repräsentativen Drehzahl abzubilden. Die Motordrehzahl und das Drehmoment sind mit einer Abtastfrequenz von mindestens 1 Hz aufzuzeichnen.

- d) Ist ein Hersteller der Auffassung, dass die vorstehenden Abbildungsverfahren für einen bestimmten Motor nicht sicher oder repräsentativ sind, können andere Abbildungstechniken verwendet werden. Diese anderen Techniken müssen dem Zweck der beschriebenen Abbildungsverfahren genügen, der darin besteht, bei allen Motordrehzahlen, die während der Prüfzyklen auftreten, das höchste verfügbare Drehmoment zu bestimmen. Abweichungen von den in diesem Absatz beschriebenen Abbildungstechniken aufgrund sicherheitstechnischer Belange oder zugunsten einer besseren Repräsentativität müssen zusammen mit der entsprechenden Begründung von der Typgenehmigungsbehörde genehmigt werden. Auf keinen Fall jedoch darf die Drehmomentkurve für Motoren mit Drehzahlregler oder Turbolader bei sinkenden Motordrehzahlen erstellt werden.
- e) Ein Motor muss nicht vor jedem einzelnen Prüfzyklus abgebildet werden. Ein Motor ist erneut abzubilden, wenn:
- i) ein nach bestem fachlichen Ermessen unangemessen langer Zeitraum seit der letzten Abbildung verstrichen ist, oder
  - ii) an dem Motor mechanische Veränderungen oder Nachkalibrierungen vorgenommen worden sind, die sich möglicherweise auf die Motorleistung auswirken, oder
  - iii) der atmosphärische Druck in der Nähe des Lufteinlasses des Motors um mehr als 5 kPa von dem Wert abweicht, der zurzeit der Erstellung der letzten Motorabbildungskurve aufgezeichnet wurde.

#### 7.6.3. Erstellung der Motorabbildungskurve für NRSC mit konstanter Drehzahl:

Der Motor kann mit einem handelsüblichen Regler auf konstanter Drehzahl gehalten werden oder ein solcher Regler kann simuliert werden, indem die Drehzahl durch ein System zur Steuerung der Bedieneingabe konstant gehalten wird. Der Regler kann je nach Erfordernis isochron oder mit bleibender Drehzahlabweichung (P-Bereich) betrieben werden.

##### 7.6.3.1. Überprüfung der Nennleistung von Motoren, die mit dem Zyklus D2 zu prüfen sind.

Folgende Prüfung ist durchzuführen:

- a) Der Motor ist mit der Nenndrehzahl und der Nennleistung so lange zu betreiben, bis sich der Betrieb stabilisiert, wobei der Regler oder der simulierte Regler die Drehzahl über die Bedieneingabe steuert.
- b) Das Drehmoment ist so lange zu erhöhen, bis der Motor die geregelte Drehzahl nicht mehr einhalten kann. Die Leistung an diesem Punkt ist aufzuzeichnen. Vor Durchführung dieser Prüfung ist zwischen dem Hersteller und dem die Prüfung durchführenden technischen Dienst in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Reglers ein Verfahren zu vereinbaren, nach dem sicher bestimmt werden kann, wann dieser Punkt erreicht ist. Die aufgezeichnete Leistung darf die Nennleistung gemäß der Definition in Absatz 2.1.71 dieser Regelung nicht um mehr als 12,5 % übersteigen. Wird dieser Wert überschritten, muss der Hersteller die angegebene Nennleistung ändern.

Wenn der zu prüfende konkrete Motor dieser Prüfung nicht unterzogen werden kann, weil sie zu einer Beschädigung des Motors oder des Leistungsprüfstandes führen könnte, legt der Hersteller der Typgenehmigungsbehörde einen eindeutigen Nachweis darüber vor, dass die maximale Nennleistung die Nennleistung um nicht mehr als 12,5 % überschreitet.

##### 7.6.3.2. Abbildungsverfahren für den NRSC mit konstanter Drehzahl

- a) Der Motor ist mindestens 15 Sekunden lang mit geregelter Drehzahl ohne Last (hohe Drehzahl, nicht abgesenkte Leerlaufdrehzahl) zu betreiben, wobei der Regler oder der simulierte Regler die Drehzahl über die Bedieneingabe steuert, es sei denn der konkrete Motor ist dazu nicht in der Lage.
- b) Das Drehmoment ist mithilfe des Leistungsprüfstandes mit konstanter Geschwindigkeit zu steigern. Die Abbildung ist so zu erstellen, dass bei Motoren, die mit dem Zyklus D2 geprüft werden sollen, das der Nennleistung entsprechende Drehmoment und bei Motoren, die nach anderen Prüfzyklen mit konstanter Drehzahl geprüft werden, das maximale Drehmoment ausgehend von der geregelten Drehzahl ohne Last in nicht weniger als 2 min erreicht wird. Während der Erstellung der Motorabbildungskurve sind die tatsächlichen Drehzahl- und Drehmomentwerte mit einer Abtastfrequenz von mindestens 1 Hz aufzuzeichnen.
- c) Motoren mit konstanter Drehzahl und einem Regler, der auf verschiedene Drehzahlen eingestellt werden kann, sind mit jeder anwendbaren konstanten Drehzahl zu prüfen.

Bei Motoren mit konstanter Drehzahl sind Drehmoment und Leistung bei den festgelegten Betriebsdrehzahlen im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde nach bestem fachlichen Ermessen mittels anderer Verfahren aufzuzeichnen.

Bei Motoren, die nicht nach dem Zyklus D2 geprüft werden, kann, falls für das maximale Drehmoment sowohl der gemessene als auch der erklärte Wert vorliegt, der erklärte Wert anstatt des gemessenen Wertes herangezogen werden, wenn er zwischen 95 % und 100 % des gemessenen Wertes beträgt.

## 7.7. Erzeugen von Prüfzyklen

### 7.7.1. Erzeugung von stationären Prüfzyklen (NRSC)

Nach den Bestimmungen dieses Absatzes sind die Drehzahl- und Lastwerte festzulegen, mit denen der Motor während des stationären Prüfzyklus im Einzelphasen-NRSC oder im RMC zu betreiben ist.

#### 7.7.1.1. Festlegung von NRSC-Prüfdrehzahlen für Motoren, die sowohl mit dem NRSC als auch mit dem NRTC oder dem LSI-NRTC geprüft werden.

Für Motoren, die zusätzlich zu einem stationären Zyklus einen NRTC oder LSI-NRTC durchlaufen, ist als 100-%-Drehzahl sowohl für die dynamische als auch für die stationäre Prüfung die maximale Prüfdrehzahl nach Absatz 5.2.5.1 dieses Anhangs zu verwenden.

Die maximale Prüfdrehzahl ist bei der Bestimmung der Zwischendrehzahl gemäß Absatz 5.2.5.4 dieses Anhangs anstelle der Nenndrehzahl zu verwenden.

Die Leerlaufdrehzahl muss entsprechend Absatz 5.2.5.5 dieses Anhangs festgelegt werden.

#### 7.7.1.2. Festlegung von NRSC-Prüfdrehzahlen für Motoren, die nur mit dem NRSC geprüft werden.

Für Motoren, die nicht mit einem dynamischen Prüfzyklus (NRTC oder LSI-NRTC) geprüft werden, ist als 100-%-Drehzahl die Nenndrehzahl nach Absatz 5.2.5.3 zu verwenden. Zur Bestimmung der Zwischendrehzahl nach Absatz 5.2.5.4 dieses Anhangs ist die Nenndrehzahl zu verwenden. Sind im NRSC zusätzliche Drehzahlen als Prozentsatz festgelegt, sind diese als Prozentsatz der Nenndrehzahl zu berechnen. Die Leerlaufdrehzahl muss entsprechend Absatz 5.2.5.5 dieses Anhangs festgelegt werden. Mit vorheriger Zustimmung des technischen Dienstes kann zur Erzeugung von Prüfdrehzahlen in diesem Absatz anstatt der Nenndrehzahl die maximale Prüfdrehzahl verwendet werden.

#### 7.7.1.3. Erzeugung des NRSC-Drehmoments für jede Prüfphase

Das anteilige Drehmoment in Prozent für jede Prüfphase des gewählten Prüfzyklus ist der einschlägigen NRSC-Tabelle in Anlage A.6 dieses Anhangs zu entnehmen. Der Wert von 100 % bei einer bestimmten Prüfdrehzahl ist der gemessene oder erklärte Wert aus der gemäß den Absätzen 7.6.1, 7.6.2 bzw. 7.6.3 dieses Anhangs erstellten Motorabbildungskurve, ausgedrückt als Leistung (kW). Die Motoreinstellung ist für jeden Prüfpunkt mithilfe der Gleichung (A.4-14) zu berechnen:

$$S = \left( (P_{\max} + P_{AUX}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AUX} \quad (\text{A.4-14})$$

Dabei ist:

$S$  = Einstellwert des Leistungsprüfstands, kW

$P_{\max}$  = festgestellte oder erklärte Höchstleistung bei Prüfdrehzahl unter Prüfbedingungen (Angabe des Herstellers), kW

$P_{AUX}$  = angegebene Gesamtleistungsaufnahme der für die Prüfung angebrachten Hilfseinrichtungen (siehe Absatz 6.3) bei Prüfdrehzahl, kW

$L$  = % Drehmoment.

Es kann ein Mindestdrehmoment bei warmem Motor angegeben werden, das repräsentativ für den normalen Betrieb ist; dieses kann für alle Drehmomentpunkte verwendet werden, die sonst unterhalb dieses Wertes lägen, wenn der Motortyp unterhalb dieses Mindestdrehmoments nicht normal arbeiten kann, etwa weil er in eine/ein nicht für den Straßenverkehr bestimmte/s mobile/s Maschine/Gerät eingebaut werden soll, die oder das unterhalb eines gewissen Mindestdrehmoments nicht betrieben werden kann.

Im Fall des Zyklus D2 muss der Hersteller die Nennleistung erklären und diese ist bei der Erzeugung des Prüfzyklus als 100%-Leistung heranzuziehen.

#### 7.7.2. Erzeugung von NRTC- und LSI-NRTC-Drehzahl und -Drehmoment für jeden Prüfpunkt (Entnormierung)

Nach den Bestimmungen dieses Absatzes sind die entsprechenden Drehzahl- und Drehmomentwerte zu bestimmen, mit denen der Motor in den NRTC- oder LSI-NRTC-Prüfungen zu betreiben ist. In Anlage A.6 dieses Anhangs sind anwendbare Prüfzyklen in normiertem Format definiert. Ein normierter Prüfzyklus besteht aus einer Abfolge von Paaren aus Prozentwerten für Drehzahl und Drehmoment.

Die normierten Werte für Drehzahl und Drehmoment sind nach folgenden Konventionen umzuwandeln:

- a) Die normierte Drehzahl ist nach Absatz 7.7.2.2 dieses Anhangs in eine Abfolge von Bezugsdrehzahlen ( $n_{ref}$ ) umzuwandeln.
- b) Das normierte Drehmoment wird als Prozentwert des abgebildeten Drehmoments aus der nach Absatz 7.6.2 dieses Anhangs erstellten Kurve bei der entsprechenden Bezugsdrehzahl ausgedrückt. Diese normierten Werte sind nach Absatz 7.7.2.3 dieses Anhangs in eine Abfolge von Bezugsdrehmomenten ( $T_{ref}$ ) umzuwandeln.
- c) Die Bezugsdrehzahl und das Bezugsdrehmoment, jeweils ausgedrückt in kohärenten Einheiten, werden multipliziert, um die Werte der Bezugsleistungswerte zu berechnen.

##### 7.7.2.1. Reserviert

##### 7.7.2.2. Entnormierung der Motordrehzahl

Die Motordrehzahl ist nach der Gleichung (A.4-15) zu entnormieren:

$$n_{ref} = \frac{\%speed \cdot (MTS - n_{idle})}{100} + n_{idle} \quad (A.4-15)$$

Dabei ist:

$n_{ref}$  die Bezugsdrehzahl

MTS die maximale Prüfdrehzahl

$n_{idle}$  die Leerlaufdrehzahl

$\%speed$  der normierte Drehzahlwert des NRTC oder LSI-NRTC aus Anlage A.6 dieses Anhangs.

##### 7.7.2.3. Entnormierung des Motordrehmoments

Die im Ablaufplan in Anhang 4 Anlage A.6 für den Motorleistungsprüfstand angegebenen Drehmomentwerte sind auf die Höchstwerte bei den jeweiligen Drehzahlen normiert. Anhand der nach Absatz 7.6.2 dieses Anhangs bestimmten Abbildungskurve sind die Drehmomentwerte des Bezugszyklus nach der Gleichung (A.4-16) zu entnormieren:

$$T_{ref} = \frac{\%torque \cdot \max \text{ torque}}{100} \quad (A.4-16)$$

für die in Absatz 7.7.2.2 bestimmte jeweilige Bezugsdrehzahl.

Dabei ist:

$T_{ref}$  das Bezugsdrehmoment für die jeweilige Bezugsdrehzahl

$max.torque$  das maximale Drehmoment bei der jeweiligen Prüfdrehzahl aus der gemäß Absatz 7.6.2 erstellten, wenn nötig nach Buchstabe b dieses Absatzes berichtigten Motorabbildungskurve

$\%torque$  der normierte Drehmomentwert des NRTC oder LSI-NRTC aus Anhang 4 Anlage A.6

a) Angegebenes minimales Drehmoment

Es kann ein Mindestdrehmoment angegeben werden, das repräsentativ für den normalen Betrieb ist. Beispielsweise kann, wenn der Motor üblicherweise an eine nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine oder ein mobiles Gerät angeschlossen ist, die oder das nicht unterhalb eines bestimmten Mindestdrehmoments arbeitet, dieser Drehmomentwert erklärt und für alle Lastpunkte verwendet werden, die sonst unterhalb dieses Wertes lägen.

b) Berichtigung des Motordrehmoments wegen Hilfseinrichtungen, die für die Emissionsprüfungen angebracht wurden

Sind Hilfseinrichtungen nach Anlage A.2 dieses Anhangs angebracht, ist keine Berichtigung des maximalen Drehmoments der jeweiligen Prüfdrehzahl aus der nach Absatz 7.6.2 dieses Anhangs erstellten Motorabbildungskurve vorzunehmen.

Wenn nach Absatz 6.3.2 oder 6.3.3 notwendige Hilfseinrichtungen, die für die Prüfung hätten angebracht werden sollen, nicht angebracht wurden oder Hilfseinrichtungen angebracht sind, die zu entfernen waren, ist der Wert  $T_{max}$  nach der Gleichung (A.4-17) zu berichtigen.

$$T_{max} = T_{map} - T_{AUX} \quad (A.4-17)$$

Dabei ist:

$$T_{AUX} = T_r - T_f \quad (A.4-18)$$

Dabei ist:

$T_{map}$  das unberichtigte maximale Drehmoment bei der jeweiligen Prüfdrehzahl aus der gemäß Absatz 7.6.2 dieses Anhangs erstellten Motorabbildungskurve

$T_f$  das für den Antrieb von Hilfseinrichtungen, die anzubringen waren, für die Prüfung jedoch nicht angebaut wurden, notwendige Drehmoment

$T_r$  das für den Antrieb von Hilfseinrichtungen, die auszubauen waren, bei der Prüfung jedoch angebaut waren, notwendige Drehmoment

7.7.2.4. Beispiel für ein Entnormierungsverfahren

Als Beispiel soll folgender Prüfpunkt entnormiert werden:

$$\%speed = 43 \%$$

$$\%torque = 82 \%$$

Unter der Annahme folgender Werte:

$$MTS = 2\,200 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{idle} = 600 \text{ min}^{-1}$$

Daraus folgt

$$n_{\text{ref}} = \frac{43 \cdot (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288 \text{ min}^{-1}$$

Mit dem höchsten Drehmoment von 700 Nm aus der Abbildungskurve bei 1288 min<sup>-1</sup> folgt:

$$T_{\text{ref}} = \frac{82 \cdot 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

## 7.8. Spezifische Durchführungsverfahren für die Prüfzyklen

### 7.8.1. Emissionsprüfungsfolge für NRSC mit Einzelphasen

#### 7.8.1.1. Warmlaufen des Motors für stationäre Prüfzyklen mit Einzelphasen

Die vor der Prüfung auszuführenden Arbeiten nach Absatz 7.3.1 dieses Anhangs einschließlich der Kalibrierung der Analysatoren sind durchzuführen. Der Motor ist nach der Vorkonditionierungssequenz unter Absatz 7.3.1.1.3 dieses Anhangs aufzuwärmen. Die Messungen des Prüfzyklus beginnen unmittelbar, wenn dieser Punkt der Konditionierung erreicht ist.

#### 7.8.1.2. Durchführung des Einzelphasen-NRSC

- a) Die Prüfung ist in aufsteigender Reihenfolge der für den jeweiligen Prüfzyklus angegebenen Prüfphasen durchzuführen (siehe Anhang 4 Anlage A.6);
- b) Jede Phase dauert mindestens 10 Minuten. In jeder Phase ist der Motor mindestens 5 Minuten lang zu stabilisieren. Am Ende jeder Phase sind über 1 bis 3 Minuten Probenahmen der gasförmigen Emissionen und gegebenenfalls der Partikelzahl durchzuführen; die PM-Probenahme erfolgt gemäß Buchstabe c.

Sowohl bei der Prüfung von Fremdzündungsmotoren mit den Prüfzyklen G1, G2 oder G3 als auch bei der Durchführung der Messungen gemäß Absatz 5.6 dieser Regelung dauert jede Phase, unbeschadet des ersten Unterabsatzes, mindestens 3 Minuten. In diesem Fall sind in jeder Phase während mindestens der letzten 2 Minuten Probenahmen der gasförmigen Emissionen und gegebenenfalls der Partikelzahl durchzuführen; die PM-Probenahme erfolgt gemäß Buchstabe c.

Um die Genauigkeit zu erhöhen, ist eine Verlängerung der Phasendauer und der Probenahmezeit zulässig.

Die Dauer der Prüfphasen ist aufzuzeichnen und anzugeben;

- c) Die PM-Probenahme kann nach dem Einfachfilterverfahren oder nach dem Mehrfachfilterverfahren erfolgen. Da die Ergebnisse bei diesen Verfahren geringfügig voneinander abweichen können, ist das angewandte Verfahren zusammen mit den Ergebnissen anzugeben.

Beim Einfachfilterverfahren müssen die in dem Prüfzyklusverfahren für die einzelnen Prüfpunkte angegebenen Gewichtungsfaktoren und der tatsächliche Abgasdurchsatz während der Probenahme berücksichtigt werden, indem der Durchsatz der Probe und/oder die Probenahmezeit entsprechend angepasst werden. Der effektive Gewichtungsfaktor der PM-Probenahme darf um nicht mehr als  $\pm 0,005$  von dem Gewichtungsfaktor der jeweiligen Phase abweichen.

Die Probenahme muss bei jeder Prüfphase so spät wie möglich erfolgen. Beim Einzelfilterfahren muss das Ende der Partikel-Probenahme auf  $\pm 5$  s genau mit dem Abschluss der Messung der gasförmigen Emissionen zusammenfallen. Die Probenahme muss bei jedem Prüfpunkt beim Einzelfilterverfahren mindestens 20 s und beim Mehrfachfilterverfahren mindestens 60 s dauern. Bei Systemen ohne Umleitungsmöglichkeit muss die Probenahme bei Einfach- und Mehrfachfilterverfahren bei jedem Prüfpunkt mindestens 60 s dauern;

- d) Die Messung der Motordrehzahl und -last, der Ansauglufttemperatur, des Kraftstoffdurchsatzes sowie gegebenenfalls des Luft- oder Abgasdurchsatzes muss an jedem Prüfpunkt mit demselben Zeitabstand erfolgen wie die Messung der Konzentration der gasförmigen Emissionen.

Für die Berechnung erforderliche zusätzliche Messwerte sind aufzuzeichnen;

- e) Wird zu irgendeinem Zeitpunkt nach Beginn der Emissionsprobenahme mit dem Einzelfilterverfahren in einer diskreten Phase der Motor abgewürgt oder die Emissionsprobenahme unterbrochen, ist die Prüfung ungültig und ist beginnend mit dem Warmlaufen des Motors zu wiederholen. Bei PM-Messungen nach der Mehrfachfiltermethode (je ein Probenahmefilter für jeden Prüfpunkt) ist die Prüfung fortzusetzen; hierzu wird der Motor im Hinblick auf die Temperaturkonditionierung am vorherigen Prüfpunkt stabilisiert, anschließend wird die Messung für den Prüfpunkt begonnen, an dem der Motor abgewürgt wurde.

- f) Nach der Prüfung sind die Verfahren gemäß Absatz 7.3.2 dieses Anhangs durchzuführen.

#### 7.8.1.3. Validierungskriterien

An jedem Punkt des jeweiligen stationären Prüfzyklus muss nach der Übergangsphase zu Anfang die gemessene Drehzahl der Bezugsdrehzahl mit einer Toleranz von  $\pm 1\%$  der Nenndrehzahl oder  $\pm 3 \text{ min}^{-1}$  entsprechen, wobei jeweils die größere Toleranz zu wählen ist; dies gilt nicht für die Leerlaufdrehzahl, die innerhalb der vom Hersteller angegebenen Toleranzen liegen muss. Das gemessene Drehmoment darf von dem Bezugsdrehmoment um nicht mehr als  $2\%$  des maximalen Drehmoments bei der Prüfdrehzahl abweichen.

#### 7.8.2. Emissionsprüfungsfolge für den RMC

##### 7.8.2.1. Warmlaufen des Motors

Die vor der Prüfung auszuführenden Arbeiten nach Absatz 7.3.1 dieses Anhangs einschließlich der Kalibrierung der Analytoren sind durchzuführen. Der Motor ist gemäß der Vorkonditionierungssequenz unter Absatz 7.3.1.1.4 dieses Anhangs aufzuwärmen. Im unmittelbaren Anschluss an dieses Konditionierungsverfahren sind Drehzahl und Drehmoment, falls sie nicht bereits für die erste Phase der Prüfung eingestellt sind, linear in einem  $20 \pm 1$  s langen Übergang auf die Werte der ersten Prüfphase zu verändern. Die Messungen des Prüfzyklus müssen 5 bis 10 s nach Ende des Übergangs zur Prüfstufe beginnen.

##### 7.8.2.2. Durchführung eines gestuften Mehrphasen-Prüfzyklus

Die Prüfung ist in der Reihenfolge der für den Prüfzyklus angegebenen Prüfphasen durchzuführen (siehe Anlage A.6 dieses Anhangs). Ist für den vorgeschriebenen NRSC kein RMC vorhanden, ist nach dem Verfahren mit Einzelphasen nach Absatz 7.8.1 dieses Anhangs vorzugehen.

Der Motor ist in jeder Phase für die vorgeschriebene Dauer zu betreiben. Der Übergang von einer Phase zur nächsten muss linear in  $20 \pm 1$  s mit den Toleranzen gemäß Absatz 7.8.2.4 dieses Anhangs erfolgen.

Bei gestuften Mehrphasenzyklen sind die Werte für die Bezugsdrehzahl und das Bezugsdrehmoment mit einer Mindestfrequenz von 1 Hz zu erzeugen; diese Abfolge von Punkten ist zur Durchführung des Zyklus zu verwenden. Während des Übergangs zwischen den Phasen sind die entnormierte Bezugsdrehzahl und das entnormierte Bezugsdrehmoment zur Erzeugung von Bezugspunkten linear zu ändern. Die normierten Bezugsdrehmoment-Werte sind zwischen den Phasen nicht linear zu ändern und anschließend zu entnormieren. Wird ein Punkt oberhalb der Drehmomentkurve des Motors vom Drehzahl- und Drehmomentübergang erfasst, ist dieser zur Steuerung der Bezugsdrehmomente fortzusetzen; eine Erhöhung der Bedieneingabe auf den Maximalwert ist in diesem Fall zulässig.

Über den gesamten RMC-Prüfzyklus (in jeder Phase einschließlich der Übergänge zwischen den Phasen) sind die Konzentration jedes gasförmigen Schadstoffes zu messen und PM- und PN-Probenahmen durchzuführen, falls ein Grenzwert gilt. Die gasförmigen Schadstoffe können im Rohabgas oder im verdünnten Abgas gemessen werden und sind laufend aufzuzeichnen; falls die Messung im verdünnten Abgas erfolgt, können sie auch in einen Probenahmebeutel geleitet werden. Die Partikelprobe ist mit konditionierter und sauberer Umgebungsluft zu verdünnen. Eine Probe ist über den gesamten Prüfzyklus zu entnehmen und im Fall der PM-Probe, an einem einzigen PM-Filter abzuschneiden.

Zur Ermittlung der spezifischen Emissionen im Bremsbetrieb ist die tatsächliche Zyklusarbeit durch Integration der tatsächlichen Motorleistung über den Zyklus zu errechnen.

#### 7.8.2.3. Ablauf der Emissionsprüfung

- a) Die Durchführung des RMC, die Abgas-Probenahme, die Datenaufzeichnung und die Integration der Messwerte müssen gleichzeitig beginnen.
- b) Drehzahl und Drehmoment sind auf die Werte der ersten Phase des Prüfzyklus zu bringen.
- c) Wird der Motor zu irgendeinem Zeitpunkt der Durchführung des RMC abgewürgt, ist die Prüfung ungültig. Der Motor ist vorzukonditionieren und die Prüfung zu wiederholen.
- d) Am Ende des RMC ist die Probenahme außer der PM-Probenahme fortzusetzen, wobei alle Systeme zu betreiben sind, damit die Ansprechzeit des Systems verstreichen kann. Anschließend sind Probenahme und Aufzeichnung einschließlich der Aufzeichnung der Hintergrundproben vollständig einzustellen. Schließlich sind alle Integratoren anzuhalten und die aufgezeichneten Daten müssen das Prüfungsende anzeigen.
- e) Nach der Prüfung sind die Verfahren gemäß Absatz 7.3.2 dieses Anhangs durchzuführen.

#### 7.8.2.4. Validierungskriterien

Die RMC-Prüfungen sind mittels der Regressionsanalyse gemäß den Absätzen 7.8.3.3 und 7.8.3.5 dieses Anhangs zu validieren. Die zulässigen RMC-Toleranzen sind in der nachfolgenden Tabelle A.4-1 angegeben. Zu beachten ist, dass die RMC-Toleranzen sich von den NRTC-Toleranzen in Tabelle A.4-2 unterscheiden. Bei der Prüfung von Motoren mit einer Bezugsleistung von mehr als 560 kW können die Toleranzen der Regressionsgeraden nach Tabelle A.4-2 und die Punktstreichung nach Tabelle A.4-3 angewandt werden.

Tabelle A.4-1

#### Toleranz der RMC-Regressionsgeraden

	Drehzahl	Drehmoment	Leistung
Standardabweichung vom Schätzwert (SEE) von y über x	max. 1 % der Nenndrehzahl	max. 2 % des höchsten Motordrehmoments	max. 2 % der höchsten Motorleistung
Steigung der Regressionsgeraden, $a_1$	0,99 bis 1,01	0,98 bis 1,02	0,98 bis 1,02
Bestimmungskoeffizient, $r^2$	min. 0,990	min. 0,950	min. 0,950
y-Achsenabschnitt der Regressionsgeraden, $a_0$	$\pm 1$ % der Nenndrehzahl	$\pm 20$ Nm oder, falls größer, $\pm 2$ % des höchsten Drehmoments	$\pm 4$ kW oder, falls größer, $\pm 2$ % der höchsten Leistung

Falls die RMC-Prüfung nicht an einem dynamischen Prüfstand durchgeführt wird, sodass die Drehzahl- und Drehmomentwerte nicht im Sekundentakt zur Verfügung stehen, sind folgende Validierungskriterien anzuwenden.

Die Vorschriften zu den Toleranzen für Drehzahl und Drehmoment für jede Phase sind in Absatz 7.8.1.3 dieses Anhangs angegeben. Für den 20 s langen linearen Drehzahl- und Drehmomentübergang zwischen den Phasen der stationären RMC-Prüfungen (Absatz 7.4.1.2 dieses Anhangs) gelten bei Drehzahl und Last folgende Toleranzen: Die Drehzahl ist linear innerhalb von  $\pm 2$  % der Nenndrehzahl zu halten. Das Drehmoment ist linear innerhalb von  $\pm 5$  % des maximalen Drehmoments bei Nenndrehzahl zu halten.

#### 7.8.3. Dynamischer Prüfzyklus (NRTC und LSI-NRTC)

Zur Durchführung von NRTC und LSI-NRTC sind die Führungssollwerte für Bezugsdrehzahl und -drehmoment nacheinander auszugeben. Die Sollwerte für Drehzahl und Drehmoment sind mit einer Frequenz von mindestens 5 Hz auszugeben. Da der Bezugsprüfzyklus eine Frequenz von 1 Hz aufweist, sind die dazwischen liegenden Führungssollwerte für Drehzahl und Drehmoment linear aus den Bezugs-Drehmomentwerten aus der Zykluserzeugung zu interpolieren.

Durch geringe entnormierte Drehzahlwerte nah an der Warmleerlaufdrehzahl könnte die Regelung der niedrigen Drehzahl aktiviert werden, sodass trotz minimaler Bedieneingabe das Bezugsdrehmoment überschritten wird. In diesen Fällen wird empfohlen, den Leistungsprüfstand so zu steuern, dass vorrangig das Bezugsdrehmoment anstatt der Bezugsdrehzahl eingehalten wird und die Drehzahl durch den Motor gesteuert wird.

Bei Kaltstart kann mittels einer besonderen Vorrichtung die Leerlaufdrehzahl erhöht werden, damit der Motor samt den Nachbehandlungseinrichtungen rasch warmläuft. Unter solchen Bedingungen führen sehr niedrige normierte Drehzahlen dazu, dass die Bezugsdrehzahl unter dieser erhöhten Leerlaufdrehzahl liegt. In diesem Fall wird empfohlen, den Leistungsprüfstand so zu steuern, dass vorrangig die Bezugsdrehzahl eingehalten wird und die Drehzahl bei minimaler Bedieneingabe vom Motor geregelt wird.

Während einer Emissionsprüfung sind die Bezugswerte sowie die ausgegebenen Werte für Drehzahl und Drehmoment mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz, bevorzugt aber mit 5 Hz oder sogar 10 Hz aufzuzeichnen. Diese höhere Aufzeichnungsfrequenz ist insofern wichtig, als sie dazu beiträgt, die verzerrende Wirkung der Zeitverzögerung zwischen den Bezugswerten und den ausgegebenen Werten für Drehzahl und Drehmoment zu vermindern.

Die Bezugswerte und die ausgegebenen Werte für Drehzahl und Drehmoment können mit einer niedrigeren Frequenz (zulässige Mindestfrequenz 1 Hz) aufgezeichnet werden, wenn die Durchschnittswerte für den Zeitraum zwischen den aufgezeichneten Werten aufgezeichnet werden. Die Durchschnittswerte sind auf der Grundlage von ausgegebenen Werten zu berechnen, welche mit einer Frequenz von mindestens 5 Hz aktualisiert werden. Diese aufgezeichneten Werte sind zur Berechnung der Validierungsstatistiken für den Zyklus und der Gesamtarbeit heranzuziehen.

#### 7.8.3.1. Durchführung eines dynamischen NRTC-Prüfzyklus

Die vor der Prüfung auszuführenden Arbeiten nach Absatz 7.3.1 dieses Anhangs einschließlich der Kalibrierung der Analysatoren sind durchzuführen.

Die Prüfung ist folgendermaßen zu beginnen:

Die Prüffolge beginnt unmittelbar nach Starten des Motors, welcher bei der NRTC-Prüfung mit Kaltstart zuvor nach Absatz 7.3.1.2 dieses Anhangs abgekühlt und bei der NRTC-Prüfung mit Warmstart zuvor heiß abgestellt wurde. Die Abfolge nach Absatz 7.4.2.1 dieses Anhangs ist einzuhalten.

Die Datenaufzeichnung, die Abgasprobenahmen und die Integrierung der Messwerte sind beim Start des Motors gleichzeitig einzuleiten. Der Prüfzyklus ist beim Start des Motors einzuleiten und nach dem Ablaufplan in Anlage A.6 dieses Anhangs durchzuführen.

Am Ende des Zyklus ist die Probenahme fortzusetzen, wobei alle Systeme zu betreiben sind, damit die Ansprechzeit des Systems verstreichen kann. Anschließend sind Probenahme und Aufzeichnung einschließlich der Aufzeichnung der Hintergrundproben vollständig einzustellen. Schließlich sind alle Integriertoren anzuhalten, und die aufgezeichneten Daten müssen das Prüfungsende anzeigen.

Nach der Prüfung sind die Verfahren gemäß Absatz 7.3.2 dieses Anhangs durchzuführen.

#### 7.8.3.2. Durchführung einer LSI-NRTC-Prüfung

Die Verfahren nach Absatz 7.3.1 dieses Anhangs, einschließlich der Kalibrierung der Analysatoren, sind vor der Prüfung durchzuführen.

Die Prüfung ist folgendermaßen zu beginnen:

Die Prüfung ist nach der in Absatz 7.4.2.2 dieses Anhangs festgelegten Abfolge zu beginnen.

Die Datenaufzeichnung, die Abgasprobenahmen und die Integrierung der Messwerte sind zu Beginn des LSI-NRTC nach Ablauf der dreißigsekündigen Leerlaufphase gemäß Absatz 7.4.2.2 Buchstabe b dieses Anhangs einzuleiten. Der Prüfzyklus ist nach dem Ablaufplan in Anlage A.6 dieses Anhangs durchzuführen.

Am Ende des Zyklus ist die Probenahme fortzusetzen, wobei alle Systeme zu betreiben sind, damit die Ansprechzeit des Systems verstreichen kann. Anschließend sind Probenahme und Aufzeichnung einschließlich der Aufzeichnung der Hintergrundproben vollständig einzustellen. Schließlich sind alle Integriertoren anzuhalten, und die aufgezeichneten Daten müssen das Prüfungsende anzeigen.

Nach der Prüfung sind die Verfahren gemäß Absatz 7.3.2 dieses Anhangs durchzuführen.

#### 7.8.3.3. Validierungskriterien für dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC)

Zur Prüfung der Validität einer Prüfung sind die Kriterien für die Zyklusvalidierung gemäß diesem Absatz auf die Bezugswerte sowie die ausgegebenen Werte für Drehzahl, Drehmoment, Leistung und Gesamtarbeit anzuwenden.

#### 7.8.3.4. Berechnung der Zyklusarbeit

Vor der Berechnung der Zyklusarbeit sind die während des Motoranlassens aufgenommenen Messpunkte auszuscheiden. Phasen mit negativen Drehmomentwerten sind mit einer Arbeit von Null zu berücksichtigen. Die tatsächliche Zyklusarbeit  $W_{act}$  (kWh) ist unter Verwendung jeweils eines Paares von ausgegebenen Motordrehzahl- und Drehmomentwerten zu berechnen. Die Bezugszyklusarbeit  $W_{ref}$  (kWh) ist anhand der Bezugswerte des Motors für Drehzahl und Drehmoment zu berechnen. Die tatsächliche Zyklusarbeit  $W_{act}$  wird für den Vergleich mit der Bezugszyklusarbeit  $W_{ref}$  und zum Berechnen der bremspezifischen Emissionen (siehe Absatz 7.2 dieses Anhangs) verwendet.

$W_{act}$  muss zwischen 85 % und 105 % von  $W_{ref}$  liegen.

#### 7.8.3.5. Validierungsstatistiken (siehe Anhang 5 Anlage A.3)

Für Drehzahl, Drehmoment und Leistung sind lineare Regressionen zwischen den Bezugswerten und den ausgegebenen Werten auszuführen.

Um die verzerrende Wirkung der Zeitverzögerung zwischen den Bezugswerten und den ausgegebenen Werten zu vermindern, kann die gesamte Sequenz der Motordrehzahl- und -drehmomentmesssignale zeitlich nach vorn oder hinten (bezogen auf die Bezugssequenz der Drehzahl- und Drehmomentwerte) verschoben werden. Bei einer Verschiebung der Messsignale müssen Drehzahl und Drehmoment um den gleichen Umfang und in die gleiche Richtung verschoben werden.

Es ist die Fehlerquadratmethode anzuwenden, mit folgender Formel für die beste Anpassung:

$$y = a_1x + a_0 \quad (\text{A.4-19}) \quad (\text{A.4-19})$$

Dabei ist:

$y$  = ausgegebener Wert der Drehzahl ( $\text{min}^{-1}$ ), des Drehmoments (Nm), oder der Leistung (kW)

$a_1$  = Steigung der Regressionsgeraden

$x$  = Bezugswert der Drehzahl ( $\text{min}^{-1}$ ), des Drehmoments (Nm), oder der Drehzahl (kW)

$a_0$  = y-Achsabschnitt der Regressionsgeraden

Die Standardabweichung vom Schätzwert (SEE)  $y$  über  $x$  und der Bestimmungskoeffizient ( $r^2$ ) ist für jede einzelne Regressionsgerade (Anhang 4 Anlage A.2) zu berechnen.

Es wird empfohlen, diese Analyse bei 1 Hz durchzuführen. Für die Gültigkeit der Prüfung müssen die Kriterien von Tabelle A.4-2 erfüllt sein.

Tabelle A.4-2

#### Toleranzen der Regressionsgeraden

	Drehzahl	Drehmoment	Leistung
Standardabweichung vom Schätzwert (SEE) von $y$ über $x$	$\leq 5,0$ % der maximalen Prüfdrehzahl	$\leq 10,0$ % des höchsten abgebildeten Drehmoments	$\leq 10,0$ % der höchsten abgebildeten Leistung
Steigung der Regressionsgeraden, $a_1$	0,95 bis 1,03	0,83 bis 1,03	0,89 bis 1,03
Bestimmungskoeffizient, $r^2$	min. 0,970	min. 0,850	min. 0,910
y-Achsabschnitt der Regressionsgeraden, $a_0$	$\leq 10$ % der Leerlaufdrehzahl	$\pm 20$ Nm oder $\pm 2$ % des höchsten Drehmoments, je nachdem, welcher Wert größer ist	$\pm 4$ kW oder $\pm 2$ % der Höchstleistung, je nachdem, welcher Wert größer ist

Ausschließlich für die Regressionsanalysen können die in Tabelle A.4-3 genannten Punkte vor der Regressionsberechnung gestrichen werden. Für die Berechnung der Zyklusarbeit und der Emissionen dürfen sie jedoch nicht gestrichen werden. Ein Leerlaufpunkt ist definiert als ein Punkt, an dem das normierte Bezugsdrehmoment und die normierte Bezugsdrehzahl 0 % betragen. Die Punktstreichung kann auf den gesamten Zyklus oder auf jeden Teil des Zyklus angewandt werden. Die Punkte, auf die die Punktstreichung angewandt wird, sind anzugeben.

Tabelle A.4-3

**Zulässige Punktstreichungen aus der Regressionsanalyse**

Vorgang	Bedingungen (n = Drehzahl, T = Drehmoment)	Zulässige Punktstreichungen
Minimum der Bedieneingabe (Leerlaufpunkt)	$n_{ref} = n_{idle}$ und $T_{ref} = 0$ und $T_{act} > (T_{ref} - 0,02 T_{maxmappedtorque})$ und $T_{act} < (T_{ref} + 0,02 T_{maxmappedtorque})$	Drehzahl und Leistung
Minimum der Bedieneingabe	$n_{act} \leq 1,02 n_{ref}$ und $T_{act} > T_{ref}$ oder $n_{act} > n_{ref}$ und $T_{act} \leq T_{ref}$ oder $n_{act} > 1,02 n_{ref}$ und $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0,02 T_{maxmappedtorque})$	Leistung und entweder Drehmoment oder Drehzahl
Maximum der Bedieneingabe	$n_{act} < n_{ref}$ und $T_{act} \geq T_{ref}$ oder $n_{act} \geq 0,98 n_{ref}$ und $T_{act} < T_{ref}$ oder $n_{act} < 0,98 n_{ref}$ und $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0,02 T_{maxmappedtorque})$	Leistung und entweder Drehmoment oder Drehzahl

Dabei ist:

$n_{ref}$  die Bezugsdrehzahl (siehe Absatz 7.7.2 dieses Anhangs)

$n_{idle}$  die Leerlaufdrehzahl

$n_{act}$  die tatsächliche (gemessene) Drehzahl

$T_{ref}$  das Bezugsdrehmoment (siehe Absatz 7.7.2 dieses Anhangs)

$T_{act}$  das tatsächliche (gemessene) Drehmoment

$T_{maxmappedtorque}$  der Höchstwert des Drehmoments auf der gemäß Absatz 7.6 dieses Anhangs aufgezeichneten Volllast-Drehmomentkurve

## 8. MESSVERFAHREN

### 8.1. Kalibrierung und Leistungsüberprüfungen

#### 8.1.1. Einleitung

Dieser Absatz enthält eine Beschreibung der erforderlichen Kalibrierungen und Überprüfungen der Messsysteme. Siehe Absatz 9.4 dieses Anhangs für die Spezifikationen zu einzelnen Messgeräten.

Kalibrierungen oder Überprüfungen sind in der Regel über die gesamte Messkette durchzuführen.

Liegen für einen Teil des Messsystems keine Kalibrierungs- oder Überprüfungsspezifikationen vor, ist dieser Teil des Systems so oft wie vom Hersteller empfohlen und nach bestem fachlichen Ermessen zu kalibrieren und hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit zu überprüfen.

Zur Einhaltung der für Kalibrierungen und Überprüfungen festgelegten Toleranzen sind international anerkannte, rückverfolgbare Normen heranzuziehen.

## 8.1.2. Überblick über die Kalibrierungs- und Überprüfungs­­tätigkeiten

Tabelle A.4-4 enthält einen Überblick über die in diesem Absatz beschriebenen Kalibrierungs- und Überprüfungs­­tätigkeiten sowie Angaben über den Zeitpunkt, zu dem diese Tätigkeiten durchgeführt werden müssen.

Tabelle A.4-4

**Überblick über die Kalibrierungs- und Überprüfungs­­tätigkeiten**

Art der Kalibrierung oder Überprüfung	Mindesthäufigkeit (e)
8.1.3: Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Geräusentwicklung	Genauigkeit: Nicht erforderlich, aber bei der Erstin­­stallation emp­­fohlen Wiederholbarkeit: Nicht erforderlich, aber bei der Erstin­­stallation emp­­fohlen Lärm: Nicht erforderlich, aber bei der Erstin­­stallation emp­­fohlen
8.1.4: Nachprüfung der Linearität	Drehzahl: bei der Erstin­­stallation, binnen 370 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten Drehmoment: bei der Erstin­­stallation, binnen 370 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten Durchsatz von sauberem Gas und verdünntem Abgas: bei der Erstin­­stallation, binnen 370 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten, es sei denn, der Durchsatz wird durch eine Pro­­pankontrolle oder mittels Kohlenstoff- oder Sauerstoffbilanz über­­prüft. Durchsatz von Rohabgas: bei der Erstin­­stallation, binnen 185 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten, es sei denn, der Durchsatz wird durch eine Pro­­pankontrolle oder mittels Kohlenstoff- oder Sauerstoffbilanz über­­prüft. Gasanalysatoren: bei der Erstin­­stallation, binnen 35 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten PM-Waage: bei der Erstin­­stallation, binnen 370 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten Selbstständiger Druck und selbstständige Temperatur: bei der Erstin­­stallation, binnen 370 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten
8.1.5: Überprüfung des Ansprechverhaltens und der Aktualisierungs-/ Aufzeichnungsfunktion von kontinuierlichen Gasanalysatoren — für Gasanalysatoren, bei denen eine ständige Berichtigung um andere Gasarten vorgenom­­men wird	Bei der Erstin­­stallation oder nach Systemänderungen, die sich auf das Ansprechverhalten auswirken.
8.1.6: Überprüfung des Ansprechverhaltens und der Aktualisierungs-/ Aufzeichnungsfunktion von kontinuierlichen Gasanalysatoren — für Gasanalysatoren, die kontinuierlich für andere Gasarten kompensiert werden	Bei der Erstin­­stallation oder nach Systemänderungen, die sich auf das Ansprechverhalten auswirken.
8.1.7.1: Drehmoment	bei der Erstin­­stallation und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten
8.1.7.2: Druck, Temperatur, Taupunkt	bei der Erstin­­stallation und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten
8.1.8.1: Kraftstoffdurchsatz	bei der Erstin­­stallation und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten
8.1.8.2: Ansaugdurchsatz	bei der Erstin­­stallation und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten
8.1.8.3: Abgasdurchsatz	bei der Erstin­­stallation und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten
8.1.8.4: Durchsatz verdünnten Abgases (CVS und PFD)	bei der Erstin­­stallation und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten
8.1.8.5: Überprüfung von CVS/PFD und Stich­­probenentnehmer (f)	Bei der Erstin­­stallation, binnen 35 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten (Propankontrolle)
8.1.8.5.8: Überprüfung des Probentrockners	Bei thermischen Kühlern: bei der Installation und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten. Bei osmotischen Membranen: bei der Installation, binnen 35 Tagen vor der Prü­­fung und nach umfangreichen Wartungs­­tätigkeiten.
8.1.8.8: Vakuumleckage	Vor jeder Laborprüfung gemäß Absatz 7.1

Art der Kalibrierung oder Überprüfung	Mindesthäufigkeit <sup>(e)</sup>
8.1.9.1 : CO <sub>2</sub> NDIR H <sub>2</sub> O-Querempfindlichkeit	bei der Erstin­stallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.9.2. : CO NDIR CO <sub>2</sub> und H <sub>2</sub> O-Querempfindlichkeit	bei der Erstin­stallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.10.1 : FID-Kalibrierung Optimierung und Überprüfung eines THC-FID	Kalibrierung, Optimierung und Ermittlung des CH <sub>4</sub> -Ansprechverhaltens: bei der Erstin­stallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten Überprüfung des CH <sub>4</sub> -Ansprechverhaltens: bei der Erstin­stallation, binnen 185 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.10.2 : Rohabgas-FID-O <sub>2</sub> -Querempfindlichkeit	Bei allen FID-Analysatoren: bei der Erstin­stallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten Bei THC-FID-Analysatoren: bei der Erstin­stallation, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten und nach der FID-Optimierung gemäß Absatz 8.1.10.1
8.1.11.1: CLD CO <sub>2</sub> und H <sub>2</sub> O-Querempfindlichkeit	bei der Erstin­stallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.11.3: NDUV HC und H <sub>2</sub> O-Querempfindlichkeit	bei der Erstin­stallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.11.4: NO <sub>2</sub> -Durchlass des Proben­trockners (Kühlapparat)	bei der Erstin­stallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.11.5: Umwandlung des NO <sub>2</sub> -NO-Konverters	bei der Erstin­stallation, binnen 35 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten.
8.1.12.1: PM-Waage und Wägung	Unabhängige Überprüfung: bei der Erstin­stallation, binnen 370 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten Nullung, Justierung und Überprüfung von Vergleichs­proben: binnen 12 Stunden vor der Wägung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten

<sup>(e)</sup> Kalibrierungen und Überprüfungen häufiger und gemäß Herstelleranweisung sowie nach bestem fachlichen Ermessen durchführen.

<sup>(f)</sup> Bei Systemen, die einer chemischen Kohlenstoff- oder Sauerstoffbilanz von Ansaugluft, Kraftstoff und verdünntem Abgas  $\pm 2\%$  entsprechen, ist keine CVS-Überprüfung erforderlich.

### 8.1.3. Überprüfung von Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Geräusentwicklung

Die in Tabelle 8 angegebenen Leistungswerte einzelner Geräte bilden die Grundlage zur Ermittlung der Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Geräusentwicklung von Geräten.

Die Überprüfung der Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Geräusentwicklung von Geräten ist nicht obligatorisch. Allerdings können derartige Überprüfungen in Betracht gezogen werden, um Spezifikationen für ein neues Gerät festzulegen, die Funktion eines neuen Geräts bei der Inbetriebnahme zu kontrollieren oder Störungen an einem vorhandenen Gerät zu beheben.

### 8.1.4. Nachprüfung der Linearität

#### 8.1.4.1. Umfang und Häufigkeit

Für jedes in Tabelle A.4-5 genannte Messsystem muss zumindest mit der dort angeführten Häufigkeit eine Linearitätsprüfung erfolgen, die den Empfehlungen des Herstellers entspricht und nach bestem fachlichen Ermessen durchgeführt wird. Mithilfe einer Linearitätsprüfung wird gewährleistet, dass ein Messsystem im gesamten relevanten Messbereich verhältnismäßig reagiert. Bei einer Linearitätsprüfung wird ein Messsystem anhand einer Serie von mindestens zehn Bezugswerten — sofern nichts anderes vorgeschrieben ist — überprüft. Das Messsystem quantifiziert jeden Bezugswert. Die Messwerte werden gemeinsam unter Anwendung einer linearen Regression nach der Fehlerquadratmethode und der in Tabelle A.4-5 angegebenen Linearitätskriterien mit den Bezugswerten abgeglichen.

#### 8.1.4.2. Leistungsanforderungen

Erfüllt ein Messsystem die anwendbaren Linearitätskriterien gemäß Tabelle A.4-5 nicht, ist der Mangel durch Nachkalibrierung, Wartung oder den Austausch von Komponenten nach Bedarf zu beheben. Die Linearitätsprüfung ist nach der Behebung des Mangels zu wiederholen, um zu gewährleisten, dass das Messsystem den Linearitätskriterien nunmehr entspricht.

## 8.1.4.3. Verfahren

Bei der Prüfung ist anhand des nachstehenden Linearitätsprüfungsprotokolls vorzugehen:

- a) Das Messsystem ist mit den angegebenen Temperaturen, Drücken und Durchsätzen zu betreiben;
- b) das Gerät ist durch die Eingabe eines Nullsignals so zu nullen wie vor einer Emissionsprüfung. Bei Gasanalysatoren ist ein Nullgas gemäß den Spezifikationen in Absatz 9.5.1 dieses Anhangs zu verwenden, das direkt in die Eintrittsöffnung des Analysators einzuleiten ist;
- c) das Gerät ist durch die Eingabe eines Justiersignals so zu justieren wie vor einer Emissionsprüfung. Bei Gasanalysatoren ist ein Justiergas gemäß den Spezifikationen in Absatz 9.5.1 dieses Anhangs zu verwenden, das direkt in die Eintrittsöffnung des Analysators einzuleiten ist;
- d) nach der Justierung des Geräts ist die Nullung mit dem in Buchstabe b dieses Absatzes genannten Signal zu überprüfen. Auf der Basis der Nullablesung ist nach bestem fachlichen Ermessen zu entscheiden, ob das Gerät vor dem Fortfahren mit dem nächsten Schritt nachgenullt bzw. nachjustiert werden soll;
- e) für alle Messgrößen ist bei der Wahl der Bezugswerte  $y_{refi}$ , die den gesamten während der Emissionsprüfung erwarteten Wertebereich abdecken, gemäß Herstellerempfehlungen und nach bestem fachlichen Ermessen vorzugehen, damit nicht über diese Werte hinaus extrapoliert werden muss. Als einer der Bezugswerte der Linearitätsprüfung ist ein Nullbezugssignal zu wählen. Für Linearitätsprüfungen von selbstständigem Druck und selbstständiger Temperatur müssen mindestens drei Bezugswerte ausgewählt werden. Für alle anderen Linearitätsprüfungen müssen mindestens zehn Bezugswerte ausgewählt werden;
- f) die Wahl der Reihenfolge, in der die Serie von Bezugswerten eingeleitet wird, ist gemäß Herstellerempfehlungen und nach bestem fachlichen Ermessen zu treffen;
- g) Bezugsmengen sind wie in Absatz 8.1.4.4 dieses Anhangs beschrieben zu erzeugen und einzuleiten. Bei Gasanalysatoren sind Gaskonzentrationen zu verwenden, die bekanntermaßen den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechen, wobei diese direkt in die Eintrittsöffnung des Analysators einzuleiten sind;
- h) für die Stabilisierung des Geräts während der Messung der Bezugswerte ist hinreichend Zeit vorzusehen;
- i) der Bezugswert ist zumindest mit der in Tabelle 7 angegebenen Mindestaufzeichnungsfrequenz über 30 s zu messen und der arithmetische Mittelwert der erfassten Werte,  $\bar{y}_i$  ist aufzuzeichnen;
- j) die in den Buchstaben g bis i dieses Absatzes genannten Schritte sind zu wiederholen, bis alle Bezugsgrößen gemessen sind;
- k) der arithmetische Mittelwert,  $\bar{y}_i$  und die Bezugswerte,  $y_{refi}$ , sind für die Berechnung der Parameter der linearen Regression nach der Fehlerquadratmethode sowie von statistischen Werten zum Abgleich mit den in Tabelle 5 festgelegten Mindestleistungskriterien zu verwenden. Die Berechnung ist nach Anhang 5 Anlage A.3 vorzunehmen.

## 8.1.4.4. Bezugssignale

Dieser Absatz enthält eine Beschreibung der empfohlenen Verfahren zur Erzeugung von Bezugswerten für das Linearitätsprüfungsprotokoll gemäß Absatz 8.1.4.3 dieses Anhangs. Zu verwenden sind Bezugswerte, die tatsächliche Werte simulieren, oder es ist ein tatsächlicher Wert einzuleiten und mit einem Bezugsmesssystem zu messen. Im zweiten Fall ist der vom Bezugsmesssystem gemeldete Wert der Bezugswert. Bezugswerte und Bezugsmesssysteme müssen auf internationale Normen rückführbar sein.

Bei Temperaturmesssystemen mit Sensoren wie Thermoelementen, Widerstandsthermometern und Thermistoren kann der Sensor für die Linearitätsprüfung aus dem System entnommen und durch einen Simulator ersetzt werden. Zu verwenden ist ein unabhängig kalibrierter Simulator, falls erforderlich einer Kompensation der Kaltlötlötstellentemperatur. Die anhand der Temperatur skalierte international rückführbare Simulatorunsicherheit muss weniger als 0,5 % der maximalen Betriebstemperatur  $T_{max}$  betragen. Bei der Wahl dieser Option müssen Sensoren verwendet werden, die laut Herstellerangaben eine Genauigkeit von über 0,5 % von  $T_{max}$  bezogen auf ihre Standardkalibrierkurve aufweisen.

## 8.1.4.5. Messsysteme, die eine Linearitätsprüfung erfordern

Tabelle A.4-5 enthält eine Aufstellung der Messsysteme, die eine Linearitätsprüfung erfordern. Für diese Tabelle gelten folgende Bestimmungen:

- a) Wenn vom Hersteller empfohlen oder nach bestem fachlichen Ermessen erforderlich, sind Linearitätsprüfungen häufiger durchzuführen;

b) „min“ bezieht sich auf den im Zuge der Linearitätsprüfung verwendeten minimalen Bezugswert;

bei diesem Wert kann es sich in Abhängigkeit vom Signal auch um Null oder einen negativen Wert handeln;

c) „max“ bezieht sich in der Regel auf den im Zuge der Linearitätsprüfung verwendeten maximalen Bezugswert. Beispielsweise entspricht  $x_{\max}$  bei Gasteilern der ungeteilten, unverdünnten Justiergaskonzentration. Nachstehend angeführt sind Sonderfälle, bei denen sich „max“ auf einen anderen Wert bezieht:

i) bei der Linearitätsprüfung der PM-Waage bezieht sich  $m_{\max}$  auf die typische Masse eines PM-Filters;

ii) Bei der Linearitätsprüfung des Drehmoments bezieht sich  $T_{\max}$  auf den vom Hersteller angegebenen Drehmoment-Spitzenwert des Motors, der das höchste Drehmoment der geprüften Motoren aufweist.

d) die Bereichsangaben umfassen die oberen und unteren Grenzwerte. Beispielsweise entspricht ein angegebener Bereich von 0,98-1,02 für die Steigung  $a_1$   $0,98 \leq a_1 \leq 1,02$ ;

e) bei Systemen, die den in Absatz 8.1.8.5 für die Propankontrolle beschriebenen Kriterien zur Überprüfung des Durchsatzes von verdünntem Abgas oder einer chemischen Kohlenstoff- oder Sauerstoffbilanz von Ansaugluft, Kraftstoff und Abgas mit einer Toleranz von  $\pm 2$  Prozent entsprechen, sind keine Linearitätsprüfungen erforderlich;

f)  $a_1$  Kriterien für diese Größen sind nur einzuhalten, wenn anstelle eines Signals, das nur linear verhältnismäßig zum tatsächlichen Wert ist, der Absolutwert der Messgröße gefordert ist;

g) Zu den selbstständigen Temperaturen zählen die zur Erzeugung oder Überprüfung von Motorbedingungen dienenden Motortemperaturen und Umgebungsbedingungen, die zur Erzeugung oder Überprüfung kritischer Bedingungen im Prüfsystem verwendeten Temperaturen sowie für Emissionsberechnungen herangezogene Temperaturen:

i) die nachstehenden Temperatur-Linearitätsprüfungen sind obligatorisch: Luftansaugung; Nachbehandlungssystem(e) (für Motoren, die mit Nachbehandlungseinrichtungen in Zyklen mit Kaltstartkriterien geprüft wurden); Verdünnungsluft für PM-Probenahmesysteme (CVS-, Doppelverdünnungs- und Teilstromsysteme); PM-Proben und Kühlapparatproben (bei Systemen für gasförmige Proben, in denen Proben mithilfe von Kühlapparaten getrocknet werden);

ii) die nachstehenden Temperatur-Linearitätsprüfungen sind nur obligatorisch, wenn vom Motorhersteller gefordert: Kraftstoffeinlass; Luftaustritt des Ladeluftkühlers der Prüfzelle (für Motoren, die auf einem Prüfstand mit einem Wärmetauscher geprüft wurden, der einen Ladeluftkühler für ein Fahrzeug/eine Maschine simuliert); Kühlmittelintritt des Ladeluftkühlers in der Prüfzelle (für Motoren, die auf einem Prüfstand mit einem Wärmetauscher geprüft wurden, der einen Ladeluftkühler für ein Fahrzeug/eine Maschine simuliert); Öl im Sumpf/in der Wanne und Kühlmittel vor dem Thermostat (für flüssigkeitsgekühlte Motoren);

h) Zu den selbstständigen Drücken zählen die zur Erzeugung oder Überprüfung von Motorbedingungen dienenden Motordrücke und Umgebungsbedingungen, die zur Erzeugung oder Überprüfung kritischer Bedingungen im Prüfsystem verwendeten Drücke sowie für Emissionsberechnungen herangezogene Drücke:

i) die nachstehenden Druck-Linearitätsprüfungen sind obligatorisch: Begrenzung des Ansaugluftdrucks; Abgasgegendruck; Barometer; Manometerdruck am CVS-Eintritt (wenn die Messung mittels CVS erfolgt) und Kühlapparatproben (bei Systemen für gasförmige Proben, in denen Proben mithilfe von Kühlapparaten getrocknet werden);

ii) die nachstehenden Druck-Linearitätsprüfungen sind nur obligatorisch, wenn vom Motorhersteller gefordert: Ladeluftkühler am Prüfstand und Druckabfall im Verbindungsrohr (für Motoren mit Turbolader, die auf einem Prüfstand mit einem Wärmetauscher, der einen Fahrzeug-/Motor-Ladeluftkühler simuliert, geprüft wurden), Kraftstoffzufuhr und Kraftstoffaustritt.

Tabelle A.4-5

**Messsysteme, die eine Linearitätsprüfung erfordern**

Messsystem	Menge	Mindesthäufigkeit der Überprüfung	Linearitätskriterien			
			$\left  x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 \right $	a	SEE	r <sup>2</sup>
Motordrehzahl	n	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 0,05 \% n_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% n_{\max}$	$\geq 0,990$
Motordrehmoment	T	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% T_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% T_{\max}$	$\geq 0,990$
Kraftstoffdurchsatz	q <sub>m</sub>	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{m, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{m, \max}$	$\geq 0,990$
Ansaugluftdurchsatz <sup>(1)</sup>	q <sub>V</sub>	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Verdünnungsluftdurchsatz <sup>(1)</sup>	q <sub>V</sub>	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Durchsatz des verdünnten Abgases <sup>(1)</sup>	q <sub>V</sub>	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Rohabgasdurchsatz <sup>(1)</sup>	q <sub>V</sub>	Binnen 185 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Probenentnehmerdurchsatz <sup>(1)</sup>	q <sub>V</sub>	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Gasteiler	x/x <sub>span</sub>	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% x_{\max}$	$\geq 0,990$
Gasanalysatoren	x	Binnen 35 Tagen vor der Prüfung	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% x_{\max}$	$\geq 0,998$
PM-Waage	m	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% m_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% m_{\max}$	$\geq 0,998$
Selbstständige Drücke	p	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% p_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% p_{\max}$	$\geq 0,998$
Analog-Digital-Wandlung von selbstständigen Temperatursignalen	T	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% T_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% T_{\max}$	$\geq 0,998$

<sup>(1)</sup> Unter der „Messgröße“ kann anstelle des Norm-Volumendurchsatzes auch der Moldurchsatz verstanden werden. In diesem Fall kann in den entsprechenden Linearitätskriterien der maximale Moldurchsatz anstelle des maximalen Norm-Volumendurchsatzes verwendet werden.

#### 8.1.5. Überprüfung des Ansprechverhaltens und der Aktualisierungs-/ Aufzeichnungsfunktion von kontinuierlichen Gasanalysatoren

In diesem Abschnitt wird ein allgemeines Verfahren zur Überprüfung des Ansprechverhaltens und der Aktualisierungs-/ Aufzeichnungsfunktion von kontinuierlichen Gasanalysatoren beschrieben. Siehe Absatz 8.1.6 für Verfahren zur Überprüfung von Kompensationsanalysatoren.

##### 8.1.5.1. Umfang und Häufigkeit

Diese Überprüfung ist nach der Installation oder dem Austausch eines für die kontinuierliche Probenahme verwendeten Gasanalysators durchzuführen. Diese Überprüfung muss darüber hinaus ausgeführt werden, wenn das System auf eine Art und Weise neu konfiguriert wird, die sich auf das Ansprechverhalten des Systems auswirkt. Erforderlich ist diese Überprüfung bei kontinuierlichen Gasanalysatoren, die für dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) oder RMC-Prüfungen verwendet werden, nicht hingegen bei Gasanalysatorensystemen für Stichproben oder bei Systemen von kontinuierlichen Gasanalysatoren, die nur für einen Einzelphasen-NRSC eingesetzt werden.

### 8.1.5.2. Messgrundsätze

Bei dieser Überprüfung wird sichergestellt, dass die Aktualisierungs- und Aufzeichnungsfrequenz dem allgemeinen Ansprechverhalten des Systems bei einer raschen Veränderung der Konzentrationswerte an der Probenahmesonde entspricht. Gasanalysatoren sind so zu optimieren, dass ihr allgemeines Ansprechverhalten bei einer raschen Veränderung der Konzentration mit angemessener Frequenz aktualisiert und aufgezeichnet wird, um Informationsverluste zu vermeiden. Im Rahmen dieser Überprüfung wird auch gewährleistet, dass kontinuierliche Gasanalysatoren eine bestimmte Mindestansprechzeit aufweisen.

Zur Bewertung der Ansprechzeit werden exakt die gleichen Systemeinstellungen (d. h. Druck, Durchsätze, Filtereinstellungen der Analysatoren und alle übrigen Einflüsse auf die Ansprechzeit) wie bei der Messung des Prüflaufs verwendet. Die Bestimmung der Ansprechzeit erfolgt durch Gasumstellung direkt am Eintritt der Probenahmesonde. Die Gaswechseleinrichtungen müssen einer Spezifikation entsprechen, die vorsieht, dass der Gaswechsel in weniger als 0,1 Sekunde erfolgt. Die für die Prüfung verwendeten Gase müssen eine Veränderung der Konzentration von mindestens 60 % des Skalenendwertes bewirken.

Die Konzentrationskurve ist für jeden einzelnen Abgasbestandteil aufzuzeichnen.

### 8.1.5.3. Systemanforderungen

- a) Die Systemansprechzeit muss bei einer Anstiegszeit von  $\leq 5$  s bzw. bei einer Anstiegs- und Abfallzeit von  $\leq 5$  s für alle gemessenen Abgasbestandteile ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$  und HC) und alle verwendeten Messbereiche  $\leq 10$  s betragen.

Alle Daten (Konzentration, Kraftstoff- und Luftdurchsatz) sind vor der Durchführung der Emissionsberechnungen nach Anhang 5 um ihre gemessenen Ansprechzeiten zu verschieben.

- b) zum Nachweis einwandfreier Aktualisierungs- und Aufzeichnungsfunktionen im Hinblick auf das allgemeine Ansprechverhalten des Systems muss das System eines der folgenden Kriterien erfüllen:
- i) das Produkt aus der mittleren Anstiegszeit und der Frequenz, mit der das System eine aktualisierte Konzentration erfasst, muss mindestens 5 betragen. Die mittlere Anstiegszeit darf in keinem Fall mehr als 10 s betragen;
  - ii) die Frequenz, mit der das System die Konzentration erfasst, muss mindestens 2 Hz betragen (siehe auch Tabelle 7).

### 8.1.5.4. Verfahren

Das nachstehende Verfahren dient zur Überprüfung des Ansprechverhaltens jedes kontinuierlichen Gasanalysators:

- a) Die Anweisungen des Herstellers zur Inbetriebnahme und zum Betrieb des Geräts sind zu beachten. Das Messsystem ist zur Leistungsoptimierung nach Bedarf zu justieren. Bei dieser Überprüfung ist der Analysator auf die gleiche Weise zu betreiben wie bei der Emissionsprüfung. Teilt der Analysator sein Probenahmesystem mit anderen Analysatoren und wirkt sich der Durchfluss des Gases zu den anderen Analysatoren auf die Ansprechzeit des Systems aus, sind die anderen Analysatoren während der Durchführung dieser Überprüfung ebenfalls einzuschalten und zu betreiben. Diese Überprüfung kann gleichzeitig für mehrere Analysatoren, die über ein gemeinsames Probenahmesystem verfügen, durchgeführt werden. Werden bei der Emissionsprüfung analoge Filter oder Echtzeit-Digitalfilter eingesetzt, müssen diese Filter bei der Überprüfung wie üblich verwendet werden;
- b) für Einrichtungen zur Validierung der Systemansprechzeit wird die Verwendung von möglichst kurzen Gasübertragungsleitungen zwischen allen Anschlüssen empfohlen, wobei eine Nullluftquelle mit einem Eintritt eines schnell schaltenden 3-Wege-Ventils (zwei Eintritte, ein Austritt) verbunden wird, um den Durchfluss von Nullgas und Justiergasgemischen in den Sondereintritt des Probenahmesystems oder ein T-Stück in der Nähe des Sondereintritts zu kontrollieren. In der Regel ist der Gasdurchsatz höher als der Probedurchsatz der Sonde und der Überschuss wird über den Sondereintritt abgeleitet. Liegt der Gasdurchsatz unterhalb des Sondendurchsatzes, müssen die Gaskonzentrationen angepasst werden, um der Verdünnung durch in die Sonde eindringende Umgebungsluft Rechnung zu tragen. Verwendet werden können binäre oder Multigas-Justiergase. Zum Mischen der Justiergase kann eine Gasmischvorrichtung eingesetzt werden. Die Nutzung einer Gasmischvorrichtung wird empfohlen, wenn mit  $\text{N}_2$  verdünnte Justiergase mit luftverdünnten Justiergasen vermischt werden sollen.

Mithilfe eines Gasteilers wird ein NO-CO-CO<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>-CH<sub>4</sub>-Justiergas (Rest N<sub>2</sub>) zu gleichen Teilen mit einem NO<sub>2</sub>-Justiergas (Rest gereinigte synthetische Luft) vermischt. Gegebenenfalls können anstelle von vermishtem NO-CO-CO<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>-CH<sub>4</sub>-Justiergas (Rest N<sub>2</sub>) auch binäre Standard-Justiergase verwendet werden. In diesem Fall sind für alle Analysatoren getrennte Prüfungen des Ansprechverhaltens durchzuführen. Der Austritt des Gasteilers ist mit dem anderen Eintritt des 3-Wege-Ventils zu verbinden. Der Ventilaustritt wird mit einem Überlauf an der Sonde des Gasanalysators oder mit einer Überlaufgarnitur zwischen der Sonde und der Übertragungsleitung zu allen zu prüfenden Analysatoren verbunden. Die Vermeidung von Druckpulsationen infolge der Unterbrechung des Durchflusses durch die Gasmischvorrichtung ist durch eine geeignete Vorrichtung zu gewährleisten. Gasbestandteile, die zur Überprüfung der Analysatoren nicht erforderlich sind, sind wegzulassen. Alternativ ist die Verwendung von Gasflaschen mit Einzelgasen und die getrennte Messung der Ansprechzeiten zulässig;

c) bei der Datenerfassung ist folgendermaßen vorzugehen:

- i) das Ventil wird betätigt, um den Durchfluss von Nullgas zu aktivieren;
- ii) die Stabilisierung ist abzuwarten, um Transportverzögerungen auszugleichen und ein volles Ansprechen des langsamsten Analysators zu erlauben;
- iii) die Datenaufzeichnung wird mit der bei der Emissionsprüfung verwendeten Frequenz aufgenommen. Bei jedem aufgezeichneten Wert muss es sich um eine einmalige, aktualisierte, vom Analysator gemessene Konzentration handeln; aufgezeichnete Werte dürfen nicht durch Interpolation oder Filterung verändert werden;
- iv) das Ventil wird betätigt, um die vermishten Justiergase in die Analysatoren einzuleiten. Die dafür benötigte Zeit wird als  $t_0$  erfasst;
- v) es wird abgewartet, um Transportverzögerungen auszugleichen und ein volles Ansprechen des langsamsten Analysators zu erlauben;
- vi) der Durchfluss wird umgestellt, um Nullgas in den Analysator einzuleiten. Die dafür benötigte Zeit wird als  $t_{100}$  erfasst;
- vii) es wird abgewartet, um Transportverzögerungen auszugleichen und ein volles Ansprechen des langsamsten Analysators zu erlauben;
- viii) die Schritte gemäß Buchstabe c Ziffer iv bis vii dieses Absatzes werden wiederholt, bis sieben vollständige Zyklen aufgezeichnet sind; der Messzyklus endet mit der Einleitung von Nullgas in die Analysatoren;
- ix) die Aufzeichnung wird beendet.

#### 8.1.5.5. Leistungsbeurteilung

Die Daten gemäß Absatz 8.1.5.4 Buchstabe c dieses Anhangs dienen zur Berechnung der mittleren Anstiegszeit  $T_{10-90}$  für jeden der Analysatoren.

- a) Soll die Einhaltung von Absatz 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer i dieses Anhangs nachgewiesen werden, ist folgendermaßen vorzugehen: Die Anstiegszeiten (in s) werden mit ihren jeweiligen Aufzeichnungsfrequenzen in Hertz (1/s) multipliziert. Das jeweilige Ergebnis muss mindestens 5 betragen. Liegt der Wert niedriger als 5, müssen die Aufzeichnungsfrequenz erhöht, die Durchsätze angepasst oder das Probenahmesystem verändert werden, um die Anstiegszeit nach Bedarf zu erhöhen. Zur Erhöhung der Anstiegszeit können auch Digitalfilter konfiguriert werden;
- b) soll die Einhaltung von Absatz 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer ii nachgewiesen werden, genügt es, die Erfüllung der Anforderungen gemäß Absatz 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer ii zu zeigen.

#### 8.1.6. Überprüfung der Ansprechzeit von Kompensationsanalysatoren

##### 8.1.6.1. Umfang und Häufigkeit

Diese Überprüfung dient zur Ermittlung des Ansprechverhaltens eines kontinuierlichen Gasanalysators, wenn zur Quantifizierung einer gasförmigen Emission das Ansprechverhalten eines Analysators durch das eines anderen kompensiert wird. Für die Zwecke dieser Überprüfung gilt Wasserdampf als gasförmiger Bestandteil. Erforderlich ist diese Überprüfung bei kontinuierlichen Gasanalysatoren, die für dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) oder RMC verwendet werden. Nicht erforderlich ist diese Überprüfung bei Gasanalysatoren für Stichproben oder bei kontinuierlichen Gasanalysatoren, die nur für NRSC-Einzelprüfungen eingesetzt werden. Diese Überprüfung ist nicht auf die Korrektur für im Rahmen der Nachbearbeitung aus der Probe entnommenes Wasser anwendbar. Sie ist nach der Erstinstallation (d. h. der Inbetriebnahme der Prü fzelle) durchzuführen. Nach umfangreichen Wartungstätigkeiten kann gemäß Absatz 8.1.5 vorgegangen werden, um ein einheitliches Ansprechverhalten zu gewährleisten, vorausgesetzt, dass sämtliche ausgetauschten Komponenten zu irgendeinem Zeitpunkt einer Überprüfung des einheitlichen Ansprechverhaltens bei Feuchtigkeit unterzogen wurden.

### 8.1.6.2. Messgrundsätze

Dieses Verfahren dient zur Überprüfung des Zeitabgleichs und des einheitlichen Ansprechverhaltens kontinuierlich kombinierter Gasmessungen. Bei der Anwendung dieses Verfahrens muss sichergestellt werden, dass alle Kompensierungsalgorithmen und Feuchtigkeitskorrekturen aktiviert sind.

### 8.1.6.3. Systemanforderungen

Die in Absatz 8.1.5.3 Buchstabe a festgelegten Anforderungen hinsichtlich allgemeiner Ansprechzeit und Anstiegszeit gelten auch für Kompensationsanalysatoren. Wenn sich die Aufzeichnungsfrequenz von der Aktualisierungsfrequenz des kontinuierlich kombinierten/kompensierten Signals unterscheidet, ist für die gemäß Absatz 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer i dieses Anhangs geforderte Überprüfung die niedrigere der beiden Frequenzen zu verwenden.

### 8.1.6.4. Verfahren

Es sind alle in Absatz 8.1.5.4 Buchstaben a bis c dieses Anhangs genannten Verfahren zu anzuwenden. Zudem sind auch das Ansprechverhalten und die Anstiegszeit von Wasserdampf zu messen, wenn ein Kompensierungsalgorithmus auf der Grundlage von gemessenem Wasserdampf eingesetzt wird. In diesem Fall muss zumindest eines der verwendeten Kalibrierer-gase (nicht jedoch  $\text{NO}_2$ ) folgendermaßen befeuchtet werden:

Nutzt das System keinen Probentrockner zum Abscheiden von Wasser aus dem Probegas, muss das Justiergas befeuchtet werden, indem das Gasgemisch durch ein abgedichtetes Gefäß mit destilliertem Wasser geleitet wird, wo das Gas auf den höchsten während der Emissionsprobenahme erwarteten Probentaupunkt befeuchtet wird. Wird das System während der Prüfung mit einem Probentrockner betrieben, der die einschlägige Überprüfung bestanden hat, kann das befeuchtete Gasgemisch hinter dem Probentrockner eingeleitet werden, indem es bei  $298 \pm 10 \text{ K}$  ( $25 \pm 10 \text{ °C}$ ) oder einer Temperatur oberhalb des Taupunkts in ein abgedichtetes Gefäß mit destilliertem Wasser geleitet wird. In allen Fällen ist das befeuchtete Gas nach dem Gefäß in der Leitung auf einer Temperatur von mindestens  $5 \text{ K}$  ( $5 \text{ °C}$ ) über seinem lokalen Taupunkt zu halten. Gasbestandteile, die zur Überprüfung der Analysatoren nicht erforderlich sind, können weggelassen werden. Bei Gasbestandteilen, die nicht zum Wasserausgleich neigen, kann die Überprüfung des Ansprechverhaltens dieser Analysatoren ohne Befeuchtung durchgeführt werden.

### 8.1.7. Messung von Motorparametern und Umgebungsbedingungen

Interne Qualitätssicherungsverfahren, die auf anerkannte nationale oder internationale Normen rückführbar sind, sind anzuwenden. Andernfalls ist auf die nachstehenden Verfahren zurückzugreifen.

#### 8.1.7.1. Kalibrierung des Drehmoments

##### 8.1.7.1.1. Umfang und Häufigkeit

Alle Drehmoment-Messsysteme, einschließlich Messwertaufnehmern und Systemen für die Drehmomentmessung am Leistungsprüfstand, sind bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten u. a. mittels Bezugskraft oder Hebelarmlänge in Verbindung mit Totgewicht zu kalibrieren. Die Kalibrierung ist nach bestem fachlichen Ermessen zu wiederholen. Zur Linearisierung der Messwerte des Drehmomentsensors sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten. Andere Kalibrierungsverfahren sind zulässig.

##### 8.1.7.1.2. Kalibrierung mit Totgewicht

Bei diesem Verfahren wird eine bekannte Kraft angewendet, indem bekannte Gewichte in einem bekannten Abstand an einen Hebelarm gehängt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass der Hebelarm mit den Gewichten rechtwinkelig zur Schwerkraft (also horizontal) und rechtwinkelig zur Drehachse des Leistungsprüfstands ausgerichtet ist. Für jeden benötigten Drehmoment-Messbereich sind mindestens sechs Kalibriergewichtskombinationen anzubringen, wobei die Gewichtsmengen in etwa gleichmäßig über den Bereich zu verteilen sind. Der Leistungsprüfstand ist während der Kalibrierung in Schwingung oder Drehung zu versetzen, um eine reibungsbedingte Wechselfeldhysterese zu verringern. Die Kraft jedes Gewichts wird durch die Multiplikation seiner auf internationale Normen rückführbaren Masse mit der Erdbeschleunigung des jeweiligen Ortes ermittelt.

##### 8.1.7.1.3. Kalibrierung mit Dehnungsmessstreifen oder Ringfeder

Bei diesem Verfahren wird Kraft angewendet, indem entweder Gewichte an einen Hebelarm gehängt werden (diese Gewichte und die Hebelarmlänge werden nicht zur Ermittlung des Bezugsdrehmoments herangezogen) oder indem der Leistungsprüfstand mit unterschiedlichen Drehmomenten betrieben wird. Für jeden benötigten Drehmoment-Messbereich sind mindestens sechs Kraftkombinationen anzuwenden, wobei die Kraftmengen in etwa gleichmäßig über den Bereich zu verteilen sind. Der Leistungsprüfstand ist während der Kalibrierung in Schwingung oder Drehung zu versetzen, um eine reibungsbedingte Wechselfeldhysterese zu verringern. In diesem Fall wird das Bezugsdrehmoment ermittelt, indem die mit der Bezugsmesseinrichtung (etwa ein Dehnungsmessstreifen oder einer Ringfeder) ermittelte Kraft mit der effektiven Hebelarmlänge — gemessen von dem Punkt, an dem die Kraftmessung erfolgt, bis zur Drehachse des Leistungsprüfstands — multipliziert wird. Dabei ist zu gewährleisten, dass diese Länge rechtwinkelig zur Messachse der Bezugsmesseinrichtung und rechtwinkelig zur Drehachse des Leistungsprüfstands gemessen wird.

### 8.1.7.2. Kalibrierung von Druck, Temperatur und Taupunkt

Geräte für die Messung von Druck, Temperatur und Taupunkt sind bei der Erstin­stallation zu kalibrieren. Dabei sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten, und die Kalibrierung ist nach bestem fachlichen Ermessen zu wiederholen.

Für Temperaturmesssysteme mit Thermo­elementen, Widerstandsthermometern oder Thermistorsensoren wird die Kalibrierung durchgeführt, wie in Absatz 8.1.4.4 dieses Anhangs für Linearitätsprüfungen beschrieben.

### 8.1.8. Durchsatzbezogene Messungen

#### 8.1.8.1. Kalibrierung des Kraftstoffdurchsatzes

Geräte zur Messung des Kraftstoffdurchsatzes sind bei der Erstin­stallation zu kalibrieren. Dabei sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten, und die Kalibrierung ist nach bestem fachlichen Ermessen zu wiederholen.

#### 8.1.8.2. Kalibrierung des Ansaugluftdurchsatzes

Geräte zur Messung des Ansaugluftdurchsatzes sind bei der Erstin­stallation zu kalibrieren. Dabei sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten, und die Kalibrierung ist nach bestem fachlichen Ermessen zu wiederholen.

#### 8.1.8.3. Kalibrierung des Abgasdurchsatzes

Geräte zur Messung des Abgasdurchsatzes sind bei der Erstin­stallation zu kalibrieren. Dabei sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten, und die Kalibrierung ist nach bestem fachlichen Ermessen zu wiederholen.

#### 8.1.8.4. Kalibrierung des Durchsatzes des verdünnten Abgases (CVS)

##### 8.1.8.4.1. Übersicht

- a) In diesem Absatz wird die Kalibrierung von Geräten zur Messung des Durchsatzes von CVS-Probenahmesystemen für verdünntes Abgas beschrieben;
- b) für diese Kalibrierung muss sich das Durchflussmessgerät in seiner ständigen Position befinden. Diese Kalibrierung ist durchzuführen, wenn eine dem Durchflussmessgerät vor- oder nachgelagerte Komponente der Durchflusskonfiguration, die sich auf die Kalibrierung des Durchflussmessgeräts auswirken kann, verändert wurde. Zudem ist diese Kalibrierung bei der CVS-Erstin­stallation und in Fällen, in denen Abhilfemaßnahmen zur Behebung von bei der Überprüfung des Durchsatzes des verdünnten Abgases (d. h. Propankontrolle) gemäß Absatz 8.1.8.5 dieses Anhangs festgestellten Mängeln versagen, erforderlich;
- c) ein CVS-Durchflussmessgerät wird mithilfe eines Bezugsdurchflussmessgeräts wie einem subsonischen Venturirohr, einer Durchflussdüse mit langem Radius, einer SAO-Düse (Smooth Approach Orifice), einem Laminardurchfluss-Element, mehrerer Venturirohre mit kritischer Strömung oder einem Ultraschalldurchflussmessgerät kalibriert. Es ist ein Bezugsdurchflussmessgerät zu verwenden, dessen Messungen mit  $\pm 1\%$  Messunsicherheit auf internationale Normen rückführbar sind. Die Durchsatzmessung des Bezugsdurchsatzmessgeräts dient als Bezugswert für die Kalibrierung des CVS-Durchflussmessgeräts;
- d) die Verwendung eines vorgeschalteten Siebs oder eines sonstigen Begrenzers, der sich auf den Durchsatz vor dem Bezugsdurchflussmessgerät auswirken könnte, ist nicht zulässig, es sei denn, diese Drosselung wurde bei der Kalibrierung des Durchflussmessgeräts berücksichtigt;
- e) der in Absatz 8.1.8.4 dieses Anhangs beschriebene Kalibrierungsablauf bezieht sich auf den molbasierten Ansatz. Für den entsprechenden Ablauf beim massenbasierten Ansatz siehe Anhang 5 Anlage A.1.
- f) Das kritisch durchströmte Venturirohr oder das subsonische Venturirohr zur Kalibrierung können auch von ihrer ständigen Position entfernt werden, solange folgende Anforderungen erfüllt sind, wenn das Venturirohr in das CVS eingebaut ist:
  - i) Bei der Installation des kritisch durchströmten oder subsonischen Venturirohrs in das CVS ist nach bestem fachlichen Ermessen zu prüfen, dass keine Undichtigkeiten zwischen dem Einlass des CVS und dem Venturirohr entstanden sind.
  - ii) Nach der Ex-situ-Kalibrierung des Venturirohrs sind bei kritisch durchströmten Venturirohren alle Durchsatzkombinationen und bei subsonischen Venturirohren mindestens 10 Durchsatzpunkte mithilfe der Propankontrolle gemäß Absatz 8.1.8.5 dieses Anhangs zu prüfen. Das Ergebnis der Propankontrolle für jeden Venturi-Durchsatzpunkt darf die Toleranz nach Absatz 8.1.8.5.6 dieses Anhangs nicht überschreiten.

- iii) Die Ex-situ-Kalibrierung eines CVS mit mehr als einem kritisch durchströmten Venturirohr ist folgendermaßen zu überprüfen:
  - a) Mittels einer Vorrichtung mit konstantem Durchsatz ist ein konstanter Durchfluss des Propans zum Verdünnungstunnel zu erzeugen.
  - b) Die Kohlenwasserstoffkonzentration ist bei subsonischen Venturirohren mit mindestens 10 unterschiedlichen Durchsätzen und bei kritisch durchströmten Venturirohren mit allen möglichen Durchsatzkombinationen zu messen, wobei der Propandurchsatz konstant zu halten ist.
  - c) Die Kohlenwasserstoff-Hintergrundkonzentration in der Verdünnungsluft ist zu Beginn und am Ende der Prüfung zu messen. Die durchschnittliche Hintergrundkonzentration von jeder Messung an jedem Durchsatzpunkt ist vor der Durchführung der Regressionsanalyse nach Ziffer iv abzuziehen.
  - d) Bei der Regression für die Leistung ist unter Berücksichtigung aller Paare von Durchsatz- und berichteten Konzentrationswerten eine Beziehung in der Form  $y = a \times x^b$  zu ermitteln, wobei die Konzentration als unabhängige und der Durchsatz als abhängige Variable zu verwenden ist. Für jeden Messpunkt ist die Differenz zwischen dem gemessenen Durchsatz und dem aus der Kurve hervorgehenden Wert zu errechnen. Die Differenz muss in jedem Punkt weniger als  $\pm 1\%$  des entsprechenden Regressionswertes betragen. Der Wert für b muss zwischen - 1,005 und - 0,995 liegen. Wenn die Ergebnisse diese Grenzwerte nicht einhalten, sind unter Einhaltung von Absatz 8.1.8.5.1 Buchstabe a dieses Anhangs Abhilfemaßnahmen zu treffen.

#### 8.1.8.4.2. PDP-Kalibrierung

Bei der Kalibrierung einer Verdrängerpumpe (PDP) wird eine Gleichung für das Verhältnis zwischen Durchsatz und PDP-Drehzahl ermittelt, die Durchsatzverluste an Dichtflächen in der PDP als Funktion des PDP-Eintrittsdrucks abbildet. Für jede Drehzahl, mit der die PDP betrieben wird, sind eigene Gleichungskoeffizienten zu bestimmen. Ein PDP-Durchflussmessgerät wird folgendermaßen kalibriert:

- a) Das System ist anzuschließen, wie in Abbildung A.4-4 dargestellt.
- b) Lecks zwischen dem Durchflussmessgerät zur Kalibrierung und der PDP müssen kleiner als 0,3 % des Gesamtdurchsatzes am niedrigsten kalibrierten Durchsatzpunkt sein; beispielsweise am höchsten Drosselungs- und am niedrigsten PDP-Drehzahlpunkt.
- c) Während des PDP-Betriebs muss am PDP-Eintritt eine konstante Temperatur im Bereich von  $\pm 2\%$  der mittleren absoluten Eintrittstemperatur  $T_{in}$  gewahrt werden.
- d) Die PDP-Drehzahl wird auf den ersten zu kalibrierenden Drehzahlpunkt eingestellt.
- e) Der variable Begrenzer wird auf volle Öffnung eingestellt.
- f) Die PDP wird mindestens 3 min betrieben, damit sich das System stabilisieren kann. Während die PDP kontinuierlich weiterläuft, werden die Mittelwerte von mindestens 30 s an erfassten Daten für jede der folgenden Messgrößen aufgezeichnet:
  - i) mittlerer Durchsatz des Bezugsdurchflussmessgeräts,  $\bar{V}_{ref}$
  - ii) mittlere Temperatur am PDP-Eintritt  $T_{in}$ ;
  - iii) mittlerer statischer absoluter Druck am PDP-Eintritt  $p_{in}$ ;
  - iv) mittlerer statischer absoluter Druck am PDP-Austritt  $p_{out}$ ;
  - v) mittlere PDP-Drehzahl  $n_{PDP}$ .
- g) Das Begrenzerventil wird schrittweise geschlossen, um den absoluten Druck am PDP-Eintritt  $p_{in}$  abzusenken.

- h) Die Schritte gemäß den Buchstaben f und g dieses Absatzes sind zu wiederholen, um Daten an mindestens sechs Begrenzerpositionen innerhalb des gesamten verwendeten Druckbereichs am PDP-Eintritt zu erfassen.
- i) Die PDP ist anhand der gesammelten Daten und der Gleichungen in Anhang 5 zu kalibrieren.
- j) Die Schritte gemäß den Buchstaben f bis i dieses Absatzes sind für jede Drehzahl, mit der die PDP betrieben wird, zu wiederholen.
- k) Die Gleichungen in Anhang 5 Anlage A.2 (molbasierter Ansatz) bzw. A.1 (massenbasierter Ansatz) dienen zur Ermittlung der PDP-Durchsatzgleichung für die Emissionsprüfung.
- l) Die Kalibrierung kann mithilfe einer CVS-Überprüfung (d. h. einer Propankontrolle) gemäß Absatz 8.1.8.5 geprüft werden.
- m) Die PDP darf nicht mit einem Druck unterhalb des niedrigsten im Rahmen der Kalibrierung geprüften Eintrittsdrucks betrieben werden.

#### 8.1.8.4.3. CFV-Kalibrierung

Bei der Kalibrierung eines Venturirohrs mit kritischer Strömung (CFV) wird sein Durchflusskoeffizient  $C_d$  beim niedrigsten erwarteten statischen Differenzdruck zwischen dem CFV-Ein- und Austritt überprüft. Ein PDP-Durchflussmessgerät wird folgendermaßen kalibriert:

- a) Das System ist anzuschließen, wie in Abbildung A.4-4 dargestellt.
- b) Das Gebläse wird hinter dem CFV gestartet.
- c) Während des CFV-Betriebs muss am CFV-Eintritt eine konstante Temperatur im Bereich von  $\pm 2\%$  der mittleren absoluten Eintrittstemperatur  $T_{in}$  gewahrt werden.
- d) Lecks zwischen dem Durchflussmessgerät zur Kalibrierung und dem CFV müssen weniger als 0,3 % des Gesamtdurchsatzes bei der höchsten Drosselung entsprechen.
- e) Der variable Begrenzer wird auf volle Öffnung eingestellt. Anstelle eines variablen Begrenzers kann der Druck nach dem CFV auch durch die Anpassung der Gebläseleistung oder durch den Einsatz eines kontrollierten Lecks verändert werden. Für manche Gebläse gelten in unbelastetem Zustand Beschränkungen.
- f) Das CFV wird mindestens 3 min betrieben, damit sich das System stabilisieren kann. Während das CFV kontinuierlich weiterläuft, werden die Mittelwerte von mindestens 30 s an erfassten Daten für jede der folgenden Messgrößen aufgezeichnet:
  - i) mittlerer Durchsatz des Bezugsdurchflussmessgeräts,  $\bar{q}_{Vref}$
  - ii) optional: mittlerer Taupunkt der Kalibrierluft  $T_{dew}$ . Siehe Anhang 5 für zulässige Annahmen während der Emissionsmessung
  - iii) mittlere Temperatur am Eintritt des Venturirohrs  $T_{in}$ ;
  - iv) mittlerer statischer absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs  $p_{in}$ ;
  - v) mittlerer statischer Differenzdruck zwischen CFV-Eintritt und CFV-Austritt  $\Delta p_{CFV}$ ;
- g) Das Begrenzerventil wird schrittweise geschlossen, um den absoluten Druck am CFV-Eintritt  $p_{in}$  abzusenken.
- h) Die Schritte gemäß den Buchstaben f und g dieses Absatzes werden wiederholt, bis Mittelwerte an mindestens zehn Begrenzerpositionen erfasst sind, sodass während der Prüfung der erwartete praktische Bereich des Werts  $\Delta p_{CFV}$  möglichst vollständig abgedeckt ist. Es müssen keine Kalibrierungskomponenten oder CVS-Komponenten entfernt werden, um bei geringstmöglicher Drosselung zu kalibrieren.
- i)  $C_d$  und das höchste zulässige Druckverhältnis  $r$  sind gemäß Anhang 5 zu ermitteln.

- j)  $C_d$  dient zur Bestimmung des CFV-Durchsatzes während einer Emissionsprüfung. Das CFV darf nicht oberhalb des höchsten zulässigen Werts  $r$ , der gemäß Anhang 5 ermittelt wurde, eingesetzt werden.
- k) Die Kalibrierung kann mithilfe einer CVS-Überprüfung (d. h. einer Propankontrolle) gemäß Absatz 8.1.8.5 dieses Anhangs geprüft werden.
- l) Wenn das CVS zum parallelen Betrieb von mehr als einem CFV konfiguriert ist, ist das CVS nach einem der folgenden Verfahren zu kalibrieren:
  - i) Jede CFV-Kombination ist gemäß diesem Absatz und Anhang 5 zu kalibrieren. Siehe Anhang 5 für Anweisungen zur Berechnung von Durchsätzen für diese Option.
  - ii) Jedes CFV ist gemäß diesem Absatz und Anhang 5 zu kalibrieren. Siehe Anhang 5 für Anweisungen zur Berechnung von Durchsätzen für diese Option.

#### 8.1.8.4.4. SSV-Kalibrierung

Bei der Kalibrierung eines subsonischen Venturirohrs (SSV) wird sein Kalibrierkoeffizient  $C_d$  für den erwarteten Bereich von Eintrittsdrücken ermittelt. Ein SSV-Durchflussmessgerät wird folgendermaßen kalibriert:

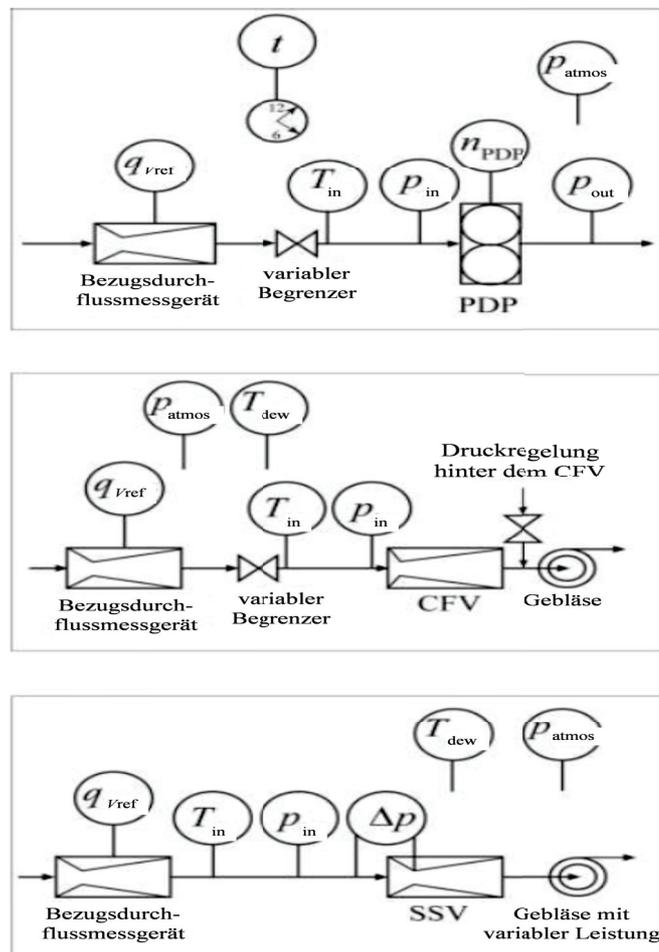
- a) Das System ist anzuschließen, wie in Abbildung A.4-4 dargestellt.
- b) Das Gebläse wird hinter dem SSV gestartet.
- c) Lecks zwischen dem Durchflussmessgerät zur Kalibrierung und dem SSV müssen kleiner als 0,3 % des Gesamtdurchsatzes bei der höchsten Drosselung sein.
- d) Während des SSV-Betriebs muss am SSV-Eintritt eine konstante Temperatur im Bereich von  $\pm 2\%$  der mittleren absoluten Eintrittstemperatur  $T_{in}$  gewahrt werden.
- e) Der variable Begrenzer bzw. das Gebläse mit variabler Leistung wird auf einen Durchsatz oberhalb des höchsten während der Prüfung erwarteten Durchsatzes eingestellt. Durchsätze dürfen nicht über kalibrierte Werte hinaus extrapoliert werden. Es sollte daher sichergestellt werden, dass die Reynolds-Zahl  $Re$  an der SSV-Einschnürung beim höchsten kalibrierten Durchsatz größer ist als der höchste während der Prüfung erwartete  $Re$ -Wert.
- f) Das SSV wird mindestens 3 min betrieben, damit sich das System stabilisieren kann. Während das SSV kontinuierlich weiterläuft, werden die Mittelwerte von mindestens 30 s an erfassten Daten für jede der folgenden Messgrößen aufgezeichnet:
  - i) mittlerer Durchsatz des Bezugsdurchflussmessgeräts,  $\bar{q}_{Vref}$
  - ii) optional: mittlerer Taupunkt der Kalibrierluft  $T_{dew}$ . Siehe Anhang 5 für zulässige Annahmen.
  - iii) mittlere Temperatur am Eintritt des Venturirohrs  $T_{in}$ ;
  - iv) mittlerer statischer absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs  $p_{in}$ ;
  - v) statischer Differenzdruck zwischen dem statischen Druck am Venturieintritt und dem statischen Druck an der Venturieinschnürung,  $\Delta p_{SSV}$ .
- g) Das Begrenzerventil wird schrittweise geschlossen bzw. die Gebläseleistung reduziert, um den Durchsatz zu verringern.
- h) Die Schritte gemäß den Buchstaben f und g dieses Absatzes werden wiederholt, bis Daten bei mindestens zehn Durchsatzwerten erfasst sind.

- i) Anhand der gesammelten Daten und der Gleichungen in den Anlagen A.1 und A.2 von Anhang 5 ist eine Funktionsform von  $C_d$  bezogen auf  $Re$  zu ermitteln.
- j) Die Kalibrierung kann mithilfe einer CVS-Überprüfung (d. h. einer Propankontrolle) gemäß Absatz 8.1.8.5 dieses Anhangs unter Anwendung der neuen Gleichung für  $C_d$  bezogen auf  $Re$  geprüft werden.
- k) Das SSV darf nur zwischen den kalibrierten minimalen und maximalen Durchsatzwerten eingesetzt werden.
- l) Die Gleichungen in Anhang 5 Anlage A.1 (massenbasierter Ansatz) oder Anhang 5 Anlage A.2 (molbasierter Ansatz) dienen zur Ermittlung des SSV-Durchsatzes während einer Prüfung.

#### 8.1.8.4.5. Ultraschallkalibrierung (reserviert)

Abbildung A.4-4

#### Schematische Darstellung der Kalibrierung des CVS für den Durchsatz des verdünnten Abgases



### 8.1.8.5. Überprüfung von CVS und Probenentnehmer (Propankontrolle)

#### 8.1.8.5.1. Einleitung

- a) Eine Propankontrolle dient als CVS-Überprüfung, bei der festgestellt wird, ob eine Abweichung hinsichtlich der Messwerte des Durchsatzes des verdünnten Abgases besteht. Mithilfe einer Propankontrolle wird auch der Probenentnehmer überprüft, um Abweichungen im Probennahmesystem, das Proben aus einem CVS entnimmt, wie in Buchstabe f dieses Absatzes beschrieben, zu ermitteln. Nach bestem fachlichen Ermessen und unter Einhaltung von entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen kann für diese Kontrolle auch ein anderes Gas als Propan, z. B. CO<sub>2</sub> oder CO, eingesetzt werden. Bei einer Propankontrolle festgestellte Mängel können auf ein oder mehrere Probleme hindeuten, die Abhilfemaßnahmen erfordern, zum Beispiel:
- i) Fehlerhafte Kalibrierung des Analysators. Der FID-Analysator muss neu kalibriert, repariert oder ausgetauscht werden.
  - ii) An Tunnel, Verbindungen und Verschlüssen des CVS und am HC-Probennahmesystem sind Leckprüfungen gemäß Absatz 8.1.8.7 dieses Anhangs durchzuführen.
  - iii) Die angemessene Durchmischung ist gemäß Absatz 9.2.2 dieses Anhangs zu überprüfen.
  - iv) Die Überprüfung der Verunreinigung des Probennahmesystems mit Kohlenwasserstoff erfolgt gemäß Absatz 7.3.1.3 dieses Anhangs.
  - v) Veränderung der CVS-Kalibrierung. Das CVS-Durchflussmessgerät wird in situ gemäß Absatz 8.1.8.4 dieses Anhangs kalibriert.
  - vi) Andere Probleme mit dem CVS bzw. der Hard- oder Software zur Überprüfung der Probenahme. Das CVS-System und die Hardware sowie Software zur Überprüfung des CVS werden auf Abweichungen geprüft.
- b) Für eine Propankontrolle wird entweder eine Bezugsmasse oder ein Bezugsdurchsatz von C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> als Spürgas in einem CVS genutzt. Bei Verwendung eines Bezugsdurchsatzes ist jedes andere als das ideale Gasverhalten des C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> im Bezugsdurchflussmessgerät zu berücksichtigen. Siehe die Beschreibung der Kalibrierung und Verwendung bestimmter Durchflussmessgeräte in Anlage A.1 von Anhang 5 (massenbasierter Ansatz) oder Anlage A.2 von Anhang 5 (molbasierter Ansatz). In Absatz 8.1.8.5 und Anhang 5 darf nicht von einem idealen Gas ausgegangen werden. Bei der Propankontrolle wird die berechnete Masse des eingeleiteten C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> mithilfe von HC-Messungen und CVS-Durchsatzmessungen mit dem Bezugswert abgeglichen.

#### 8.1.8.5.2. Verfahren zur Einleitung einer bekannten Propanmenge in das CVS-System

Die Gesamtgenauigkeit des CVS-Probennahmesystems und des Analysesystems wird ermittelt, indem eine bekannte Masse luftverunreinigenden Gases in das System eingeleitet wird, wenn dieses normal betrieben wird. Der Schadstoff wird analysiert und die Masse gemäß Anhang 5 berechnet. Es ist eines der beiden folgenden Verfahren anzuwenden:

- a) Zur Messung mit einem gravimetrischen Verfahren ist folgendermaßen vorzugehen: Die Masse eines kleinen, mit Kohlenmonoxid oder Propan gefüllten Zylinders ist auf ± 0,01 g genau zu bestimmen. Danach wird das CVS-System 5 bis 10 Minuten lang wie für eine normale Emissionsprüfung betrieben, während Kohlenmonoxid oder Propan in das System eingeleitet werden. Die abgegebene Menge reinen Gases wird durch Messung der Massendifferenz ermittelt. Eine Gasprobe wird mit dem normalerweise verwendeten Gerät analysiert (Beutel oder Integrationsmethode) und die Masse des Gases berechnet;
- b) zur Messung mit einer Messblende für kritische Strömung ist folgendermaßen vorzugehen: Durch eine kalibrierte Messblende für kritische Strömung wird eine bekannte Menge reinen Gases (Kohlenmonoxid oder Propan) in das CVS-System eingeleitet. Ist der Eintrittsdruck groß genug, so ist der mit der Messblende eingestellte Durchsatz unabhängig vom Austrittsdruck der Messblende (kritische Strömung). Das CVS-System wird wie für eine normale Emissionsprüfung 5 bis 10 Minuten betrieben. Eine Gasprobe wird mit dem normalerweise verwendeten Gerät analysiert (Beutel oder Integrationsmethode) und die Masse des Gases berechnet.

#### 8.1.8.5.3. Vorbereitung der Propankontrolle

Die Propankontrolle ist folgendermaßen vorzubereiten:

- a) Wird anstelle eines Bezugsdurchsatzes eine  $C_3H_8$ -Bezugsmasse verwendet, ist ein mit  $C_3H_8$  gefüllter Zylinder erforderlich. Die  $C_3H_8$ -Masse des Bezugszylinders ist mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,5\%$  des erwarteten  $C_3H_8$ -Verbrauchs zu bestimmen.
- b) Für CVS und  $C_3H_8$  sind angemessene Durchsätze zu wählen.
- c) Im CVS ist eine Öffnung zur Einspritzung des  $C_3H_8$  zu wählen. Die Position dieser Öffnung ist so nahe wie möglich an der Stelle, an der das Motorabgas in das CVS eingeleitet wird, zu wählen. Der  $C_3H_8$ -Zylinder wird an das Einspritzsystem angeschlossen.
- d) Das CVS wird betrieben und stabilisiert.
- e) Etwaige Wärmetauscher im Probenahmesystem sind vorzuheizen bzw. vorzukühlen.
- f) Es muss hinreichend Zeit vorgesehen werden, damit sich erwärmte oder gekühlte Komponenten wie Probenableitungen, Filter, Kühlapparate und Pumpen auf Betriebstemperatur stabilisieren können.
- g) Gegebenenfalls ist auf der Unterdruckseite des HC-Probenahmesystems eine Leckprüfung gemäß Absatz 8.1.8.7 durchzuführen.

#### 8.1.8.5.4. Vorbereitung des HC-Probenahmesystems für die Propankontrolle

Eine Leckprüfung auf der Unterdruckseite des HC-Probenahmesystems kann gemäß Buchstabe g dieses Absatzes durchgeführt werden. Wird diese Vorgehensweise gewählt, kann auf das Verfahren zur Prüfung der Verunreinigung mit HC gemäß Absatz 7.3.1.3 zurückgegriffen werden. Wird keine Leckprüfung auf der Unterdruckseite gemäß Buchstabe g durchgeführt, ist das HC-Probenahmesystem folgendermaßen zu nullen, zu justieren und auf Verunreinigungen zu überprüfen:

- a) Es ist der niedrigste zur Messung der für das CVS und den  $C_3H_8$ -Durchsatz erwarteten  $C_3H_8$ -Konzentration geeignete Bereich des HC-Analysators zu wählen.
- b) Der HC-Analysator wird durch die Einleitung von Nullluft an der Eintrittsöffnung genullt.
- c) Der HC-Analysator wird durch die Einleitung von  $C_3H_8$ -Justiergas an der Eintrittsöffnung justiert.
- d) Die HC-Sonde oder eine Überlaufgarnitur zwischen der HC-Sonde und der Übertragungsleitung wird mit Nullluft geflutet.
- e) Die stabile HC-Konzentration des HC-Probenahmesystems wird als überlaufende Nullluft gemessen. Bei der HC-Messung von Stichproben ist der Stichprobenbehälter (beispielsweise ein Beutel) zu füllen und die Überlauf-HC-Konzentration zu messen.
- f) Übersteigt die HC-Überlaufkonzentration  $2\ \mu\text{mol/mol}$ , darf das Verfahren erst fortgesetzt werden, wenn die Verunreinigung beseitigt ist. Die Quelle der Verunreinigung ist zu ermitteln und Abhilfemaßnahmen, wie eine Reinigung des Systems oder der Austausch verunreinigter Komponenten, sind zu ergreifen.
- g) Bleibt die HC-Überlaufkonzentration unter  $2\ \mu\text{mol/mol}$ , ist dieser Wert als  $x_{HCinit}$  aufzuzeichnen und zum Ausgleich der Verunreinigung mit HC, wie in Anhang 5 Anlage A.1 (massenbasierter Ansatz) bzw. Anhang 5 Anlage A.2 (molbasierter Ansatz) beschrieben, anzuwenden.

#### 8.1.8.5.5. Durchführung der Propankontrolle

- a) Die Propankontrolle ist folgendermaßen durchzuführen:
  - i) Für die Entnahme von HC-Stichproben müssen saubere Speichermittel angebracht werden, zum Beispiel luftleere Beutel.

- ii) HC-Messgeräte sind gemäß Herstelleranweisungen zu betreiben.
  - iii) Ist eine Korrektur der Verdünnungsluft in Bezug auf HC-Hintergrundkonzentrationen vorgesehen, müssen HC-Hintergrundkonzentrationen in der Verdünnungsluft gemessen und aufgezeichnet werden.
  - iv) Integratoren sind zu nullen.
  - v) Mit der Probenahme wird begonnen, etwaige Durchsatzintegratoren sind zu starten.
  - vi)  $C_3H_8$  wird in der gewählten Menge freigesetzt. Wird ein  $C_3H_8$ -Bezugsdurchsatz verwendet, ist mit der Integration dieses Durchsatzes zu beginnen.
  - vii)  $C_3H_8$  wird weiter freigesetzt, bis die freigesetzte Menge zumindest zur genauen Bestimmung der Menge des Bezugs- $C_3H_8$  und des gemessenen  $C_3H_8$  ausreicht.
  - viii) Der  $C_3H_8$ -Zylinder wird abgesperrt und die Entnahme von Proben fortgesetzt, bis die Zeitverzögerungen infolge des Probentransports und des Ansprechverhaltens des Analysators ausgeglichen sind.
  - ix) Die Entnahme von Proben wird beendet, etwaige Integratoren werden gestoppt.
- b) Bei der Messung mit einer Messblende für kritische Strömung kann alternativ zu dem im vorhergehenden Unterabsatz beschriebenen Verfahren für die Propankontrolle folgendermaßen vorgegangen werden:
- i) Für die Entnahme von HC-Stichproben müssen saubere Speichermittel angebracht werden, zum Beispiel luftleere Beutel.
  - ii) HC-Messgeräte sind gemäß Herstelleranweisungen zu betreiben.
  - iii) Ist eine Korrektur der Verdünnungsluft in Bezug auf HC-Hintergrundkonzentrationen vorgesehen, müssen HC-Hintergrundkonzentrationen in der Verdünnungsluft gemessen und aufgezeichnet werden.
  - iv) Integratoren sind zu nullen.
  - v) Der Inhalt des  $C_3H_8$ -Bezugszylinders wird in der gewählten Menge freigesetzt.
  - vi) Mit der Probenahme wird begonnen. Sobald gewährleistet ist, dass die HC-Konzentration stabil ist, können etwaige Durchsatzintegratoren gestartet werden.
  - vii) Der Inhalt des Zylinders wird weiter freigesetzt, bis die freigesetzte Menge  $C_3H_8$  zumindest zur genauen Bestimmung der Menge des Bezugs- $C_3H_8$  und des gemessenen  $C_3H_8$  ausreicht.
  - viii) Etwaige Integratoren werden gestoppt.
  - ix) Der  $C_3H_8$ -Bezugszylinder wird abgesperrt.

#### 8.1.8.5.6. Bewertung der Propankontrolle

Nach Abschluss des Prüfverfahrens ist folgendermaßen vorzugehen:

- a) Wenn Stichproben entnommen wurden, sollten diese so bald wie möglich analysiert werden.
- b) Nach der HC-Analyse müssen Korrekturen für Verunreinigungen und Hintergrundkonzentrationen vorgenommen werden.
- c) Die auf den CVS- und HC-Daten basierende  $C_3H_8$ -Gesamtmasse ist gemäß Anhang 5 unter Verwendung der Molmasse von  $C_3H_8$ ,  $M_{C_3H_8}$  anstelle der effektiven Molmasse von HC,  $M_{HC}$ , zu berechnen.

- d) Wird eine Bezugsmasse verwendet (gravimetrisches Verfahren), ist die Propanmasse des Zylinders auf  $\pm 0,5\%$  genau zu bestimmen; die  $C_3H_8$ -Bezugsmasse wird berechnet, indem die Propanmasse des leeren Zylinders von der Propanmasse des vollen Zylinders abgezogen wird. Wird eine Messblende für kritische Strömung verwendet (Messung mit einer Messblende für kritische Strömung), muss zur Bestimmung der Propanmasse der Durchsatz mit der Prüfzeit multipliziert werden.
- e) Die  $C_3H_8$ -Bezugsmasse ist von der berechneten Masse abzuziehen. Bewegt sich die Differenz innerhalb von  $\pm 3,0\%$  der Bezugsmasse, hat das CVS dieser Prüfung standgehalten.

#### 8.1.8.5.7. Überprüfung des PM-Sekundärverdünnungssystems

Wird die Propankontrolle zur Überprüfung des PM-Sekundärverdünnungssystems wiederholt, ist dabei nach dem folgenden Verfahren gemäß Buchstaben a bis d vorzugehen:

- a) Das HC-Probenahmesystem wird zur Entnahme einer Probe in der Nähe der Position des Speichermittels (z. B. PM-Filter) des Probenentnehmers konfiguriert. Ist der absolute Druck an dieser Stelle zur Entnahme einer HC-Probe zu gering, kann HC am Pumpenauspuff des Probenentnehmers entnommen werden. Bei der Entnahme von Proben am Pumpenauspuff ist jedoch Vorsicht geboten, da ein unter anderen Umständen tolerierbares Pumpenleck hinter dem Durchflussmessgerät des Probenentnehmers zu einem fälschlich negativen Ergebnis bei der Propankontrolle führt.
- b) Die Propankontrolle ist wie in diesem Absatz beschrieben zu wiederholen, wobei HC aus dem Probenentnehmer entnommen wird.
- c) Die  $C_3H_8$ -Masse wird unter Berücksichtigung einer etwaigen Sekundärverdünnung durch den Probenentnehmer berechnet.
- d) Die  $C_3H_8$ -Bezugsmasse ist von der berechneten Masse abzuziehen. Bewegt sich die Differenz innerhalb von  $\pm 5\%$  der Bezugsmasse, hat der Probenentnehmer dieser Überprüfung standgehalten. Andernfalls sind Abhilfemaßnahmen zu ergreifen.

#### 8.1.8.5.8. Überprüfung des Probentrockners

Wird ein Feuchtigkeitssensor zur kontinuierlichen Überwachung des Taupunkts am Austritt des Probentrockners eingesetzt, muss diese Überprüfung nicht durchgeführt werden, sofern sichergestellt ist, dass die Feuchtigkeit am Trockneraustritt unterhalb der bei Querempfindlichkeits- und Kompensationskontrollen anwendbaren Mindestwerte liegt.

- a) Wird ein Probentrockner, wie gemäß Absatz 9.3.2.3.1 dieses Anhangs zulässig, zum Abscheiden von Wasser aus dem Probengas verwendet, ist dessen Funktion bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten am thermischen Kühlapparat zu überprüfen. Die Funktion osmotischer Membrantrockner ist bei der Erstinstallation, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten und binnen 35 Tagen vor der Prüfung zu überprüfen.
- b) Wasser kann die Fähigkeit des Analysators zur korrekten Messung des jeweiligen Abgasbestandteils beeinträchtigen und wird daher manchmal abgeschieden, bevor das Probengas den Analysator erreicht. Beispielsweise kann Wasser das  $NO_x$ -Ansprechverhalten eines CLD durch Stoßlöschung beeinträchtigen, sodass zu niedrige Werte gemessen werden, während es andererseits einen NDIR-Analysator stören kann, indem es ein mit CO vergleichbares Ansprechverhalten hervorruft, sodass zu hohe Werte erzielt werden.
- c) Der Probentrockner muss die in Absatz 9.3.2.3.1 dieses Anhangs festgelegten Spezifikationen für den Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und den absoluten Druck  $p_{\text{total}}$  hinter dem osmotischen Membrantrockner oder thermischen Kühlapparat erfüllen.
- d) Zur Ermittlung der Leistung des Probentrockners ist das nachstehende Überprüfungsverfahren anzuwenden, oder es ist stattdessen nach bestem fachlichen Ermessen ein anderes Verfahren zu entwickeln:
  - i) Zur Herstellung der benötigten Verbindungen werden Rohre aus Polytetrafluorethylen („PTFE“) oder rostfreiem Stahl verwendet.
  - ii)  $N_2$  oder gereinigte Luft müssen befeuchtet werden, indem sie durch ein abgedichtetes Gefäß mit destilliertem Wasser geleitet werden, wo das Gas auf den höchsten während der Emissionsprobenahme erwarteten Probentaupunkt befeuchtet wird.
  - iii) Das befeuchtete Gas wird vor dem Probentrockner eingeleitet.

- iv) Die Temperatur des befeuchteten Gases muss nach dem Gefäß bei mindestens 5 K (5 °C) oberhalb des Taupunkts gehalten werden.
- v) Der Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und der Druck  $p_{\text{total}}$  des befeuchteten Gases sind so nahe wie möglich am Eintritt des Probentrockners zu messen, um sicherzustellen, dass es sich beim Taupunkt um den höchsten während der Emissionsprobenahme geschätzten handelt.
- vi) Der Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und der Druck  $p_{\text{total}}$  des befeuchteten Gases sind so nahe wie möglich am Austritt des Probentrockners zu messen.
- vii) Der Probentrockner arbeitet vorschriftsmäßig, wenn das Ergebnis der Messung nach Buchstabe d Ziffer vi dieses Absatzes unterhalb des Taupunkts gemäß der Spezifikation des Probentrockners laut Absatz 9.3.2.3.1 dieses Anhangs plus 2 K (+2 °C) liegt oder wenn die Molfraktion nach Buchstabe d Ziffer vi unterhalb der entsprechenden Spezifikation des Probentrockners plus 0,002 mol/mol oder 0,2 Volumenprozent liegt. Für diese Überprüfung wird der Probentaupunkt als absolute Temperatur in Kelvin angegeben.

#### 8.1.8.6. Regelmäßige Kalibrierung von Teilstrom-Messsystemen für PM und das entsprechende Rohabgas

##### 8.1.8.6.1. Spezifikationen für die Messung des Differenzdurchsatzes

Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen zur Entnahme einer verhältnismässigen Rohabgasprobe ist die Genauigkeit der Messung des Probendurchsatzes  $q_{mp}$  besonders wichtig, wenn dieser nicht unmittelbar, sondern durch die Messung des Differenzdurchsatzes gemäß der Gleichung (A.4-20) ermittelt wird:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (\text{A.4-20})$$

Dabei ist:

$q_{mp}$  = Massendurchsatz der in das Teilstrom-Verdünnungssystem einströmenden Abgasprobe

$q_{mdw}$  = Massendurchsatz der Verdünnungsluft, feucht

$q_{mdew}$  = Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht

In diesem Fall muss der größte Fehler der Differenz soweit begrenzt sein, dass die Genauigkeit von  $q_{mp}$  innerhalb von  $\pm 5$  Prozent liegt, wenn das Verdünnungsverhältnis kleiner als 15 ist. Die Berechnung kann durch Bilden des quadratischen Mittelwerts der Fehler des jeweiligen Geräts erfolgen.

Hinreichende Genauigkeiten von  $q_{mp}$  können mit einer der folgenden Methoden erzielt werden:

- a) Die absoluten Genauigkeiten von  $q_{mdew}$  und  $q_{mdw}$  betragen  $\pm 0,2$  %, wodurch für  $q_{mp}$  bei einem Verdünnungsverhältnis von 15 eine Genauigkeit von  $\pm 5$  % gewährleistet wird. Allerdings treten bei höheren Verdünnungsverhältnissen größere Fehler auf.
- b) Die Kalibrierung von  $q_{mdw}$  im Verhältnis zu  $q_{mdew}$  erfolgt so, dass die gleiche Genauigkeit für  $q_{mp}$  wie unter Buchstabe a erreicht wird. Einzelheiten: siehe Absatz 8.1.8.6.2 dieses Anhangs.
- c) Die Genauigkeit von  $q_{mp}$  wird indirekt durch die Genauigkeit des durch ein Spürgas, z. B. CO<sub>2</sub>, bestimmten Verdünnungsverhältnisses bestimmt. Auch hier werden für  $q_{mp}$  die gleichen Genauigkeiten wie in Buchstabe a gefordert.
- d) Die absoluten Genauigkeiten von  $q_{mdew}$  und  $q_{mdw}$  betragen  $\pm 2$  % des Skalenendwertes, der Fehler der Differenz zwischen  $q_{mdew}$  und  $q_{mdw}$  beträgt höchstens 0,2 %, und der Linearitätsfehler beträgt  $\pm 0,2$  % des höchsten während der Prüfung beobachteten  $q_{mdew}$ .

##### 8.1.8.6.2. Kalibrierung für die Messung des Differenzdurchsatzes

Das Teilstrom-Verdünnungssystem zur Entnahme einer verhältnismässigen Rohgasprobe muss regelmäßig mit einem genauen, auf internationale und/oder nationale Normen rückführbaren Durchflussmessgerät kalibriert werden. Das Durchflussmessgerät bzw. die Durchflussmessenrichtungen müssen mit einem der folgenden Verfahren kalibriert werden, damit der Probefluss  $q_{mp}$  in den Tunnel die Genauigkeitsanforderungen des Absatzes 8.1.8.6.1 dieses Anhangs erfüllt:

- a) Das Durchflussmessgerät für  $q_{mdw}$  ist mit dem Durchflussmessgerät für  $q_{mdew}$  in Reihe zu schalten und die Differenz zwischen den beiden Durchflussmessgeräten ist für mindestens fünf Einstellwerte zu kalibrieren, wobei die Durchflusswerte gleichmäßig auf den Abstand zwischen den tiefsten bei der Prüfung verwendeten Wert für  $q_{mdw}$  und den bei der Prüfung verwendeten Wert für  $q_{mdew}$  verteilt sind. Der Verdünnungstunnel kann umgangen werden.

- b) Am Durchflussmessgerät für  $q_{mdew}$  ist ein kalibriertes Massendurchflussmessgerät anzuschließen, und die Genauigkeit für den bei der Prüfung verwendeten Wert ist zu überprüfen. Anschließend ist das kalibrierte Massendurchflussmessgerät in Reihe an das Durchflussmessgerät für  $q_{mdw}$  anzuschließen und die Genauigkeit für mindestens fünf Einstellungen zu überprüfen, die einem Verdünnungsverhältnis zwischen 3 und 15, bezogen auf das bei der Prüfung verwendete  $q_{mdew}$ , entsprechen.
- c) Die Übertragungsleitung TL (siehe Abbildung A.4-5) wird vom Auspuff getrennt und ein kalibriertes Durchsatzmessgerät mit einem zur Messung von  $q_{mp}$  geeigneten Messbereich wird an die Übertragungsleitung angeschlossen. Danach ist  $q_{mdew}$  auf den bei der Prüfung verwendeten Wert und  $q_{mdw}$  nacheinander auf mindestens fünf Werte einzustellen, die Verdünnungsverhältnissen zwischen 3 und 15 entsprechen. Stattdessen kann auch eine besondere Kalibrierstromleitung eingerichtet werden, die den Tunnel umgeht, aber der Gesamtdurchsatz und der Verdünnungsluftdurchsatz durch die entsprechenden Messgeräte müssen jenen bei der tatsächlichen Prüfung entsprechen.
- d) In die Abgasübertragungsleitung TL ist ein Spürgas einzuleiten. Dieses Spürgas kann ein Bestandteil des Abgases sein, zum Beispiel  $CO_2$  oder  $NO_x$ . Nach der Verdünnung im Tunnel ist der Spürgasbestandteil zu messen. Dies muss für fünf Verdünnungsverhältnisse zwischen 3 und 15 erfolgen. Die Genauigkeit des Probenstroms ist aus dem Verdünnungsverhältnis  $r_d$  nach der Gleichung (A.4-21) zu ermitteln:

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (A.4-21)$$

Die Genauigkeit der Gasanalysegeräte ist zu berücksichtigen, damit die Genauigkeit von  $q_{mp}$  gewährleistet werden kann.

#### 8.1.8.6.3. Spezielle Anforderungen betreffend die Messung des Differenzdurchsatzes

Es wird dringend empfohlen, den Kohlenstoffdurchsatz anhand von tatsächlichem Abgas zu überprüfen, um Mess- und Steuerprobleme festzustellen und den ordnungsgemäßen Betrieb des Teilstromsystems zu verifizieren. Die Kohlenstoffdurchsatzprüfung sollte zumindest dann vorgenommen werden, wenn ein neuer Motor eingebaut oder an der Prüfzelle eine wesentliche Änderung vorgenommen worden ist.

Der Motor wird bei Volllastdrehmoment und -drehzahl oder in einem anderen stationären Betriebszustand gefahren, in dem mindestens 5 %  $CO_2$  erzeugt werden. Das Teilstrom-Probenahmesystem wird mit einem Verdünnungsfaktor von etwa 15 zu 1 betrieben.

Bei Kohlenstoffdurchsatzprüfungen ist das in Anhang 4 Anlage A.4 angegebene Verfahren anzuwenden. Die Kohlenstoffdurchsätze werden gemäß den Gleichungen in Anhang 4 Anlage A.4 berechnet. Alle Kohlenstoffdurchsätze dürfen um nicht mehr als 5 % voneinander abweichen.

##### 8.1.8.6.3.1. Vorprüfung

Innerhalb von zwei Stunden vor der Prüfung ist eine Vorprüfung auf folgende Weise durchzuführen:

Die Genauigkeit der Durchflussmessgeräte ist mit derselben Methode zu prüfen wie für die Kalibrierung (siehe Absatz 8.1.8.6.2 dieses Anhangs), und zwar an wenigstens zwei Stellen, einschließlich der Durchflusswerte von  $q_{mdw}$ , die den Verdünnungsverhältnissen zwischen 5 und 15 für den bei der Prüfung veränderten Wert  $q_{mdew}$  entsprechen.

Lässt sich anhand der Aufzeichnungen des Kalibrierungsverfahrens nach Absatz 8.1.8.6.2 dieses Anhangs nachweisen, dass die Kalibrierung des Durchflussmessgeräts über längere Zeiträume stabil ist, kann die Vorprüfung unterbleiben.

##### 8.1.8.6.3.2. Bestimmung der Wandlungszeit

Die Systemeinstellungen für die Bewertung der Wandlungszeit müssen dieselben sein wie während der Messung des Prüflaufs. Die Wandlungszeit, wie in Abbildung A.5-1 definiert, ist mit folgender Methode zu ermitteln:

Ein unabhängiges Bezugsdurchflussmessgerät mit einer für den Probenstrom geeigneten Messspanne wird in Reihe mit der Sonde angebracht und mit ihr eng gekoppelt. Das Durchflussmessgerät muss eine Wandlungszeit von weniger als 100 ms für die Durchsatzstufe aufweisen, die bei der Messung der Ansprechzeit verwendet wird, wobei die Durchflussbegrenzung nach bestem fachlichen Ermessen so niedrig gewählt sein muss, dass die dynamische Leistung des Teilstrom-Verdünnungssystems nicht beeinträchtigt wird. Der Abgasdurchsatz des Teilstrom-Verdünnungssystems (oder der Luftdurchsatz, wenn der Abgasdurchsatz berechnet wird) wechselt sprunghaft von niedrigem Durchsatz bis auf mindestens 90 % des vollen Skalenendwertes. Als Auslöser für den Veränderungsschritt ist derselbe zu verwenden, der für den Start der vorausschauenden Steuerung bei der eigentlichen Prüfung verwendet wird. Das Auslösesignal des Abgasverdünnungsschritts und das Ansprechen des Durchflussmessgeräts sind mit einer Abtastfrequenz von mindestens 10 Hz aufzuzeichnen.

Aus diesen Daten wird die Wandlungszeit für das Teilstrom-Verdünnungssystem bestimmt, das heißt die Zeit von der Auslösung des Veränderungsschritts bis zum Erreichen des 50%-Ansprechens des Durchflussmessgeräts. Auf ähnliche Weise werden die Wandlungszeiten des Signals  $q_{mp}$  (d. h. Probandurchsatz des Abgases in das Teilstrom-Verdünnungssystem) und des Signals  $q_{mew,i}$  (d. h. mit dem Abgasdurchflussmessgerät ermittelter Massendurchsatz des Abgases, feucht) bestimmt. Diese Signale werden bei den Regressionskontrollen nach jeder Prüfung verwendet (siehe in Absatz 8.2.1.2 dieses Anhangs).

Die Berechnung ist für mindestens 5 ansteigende und abfallende Auslöseschritte zu wiederholen und deren Ergebnisse sind zu mitteln. Die interne Transformationszeit ( $< 100$  ms) des Bezugsdurchflussmessgeräts ist von diesem Wert zu subtrahieren. Falls eine vorausschauende Steuerung erforderlich ist, ist der vorausschauende Wert des Teilstromverdünnungssystems gemäß Absatz 8.2.1.2 dieses Anhangs anzuwenden

#### 8.1.8.7. Leckprüfung auf der Unterdruckseite

##### 8.1.8.7.1. Umfang und Häufigkeit

Bei der Erstinstallation des Probenahmesystems, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten wie Vorfilterwechseln und binnen acht Stunden vor jeder Lastzyklus-Abfolge ist mithilfe einer der in diesem Absatz beschriebenen Leckprüfungen zu gewährleisten, dass die Unterdruckseite keine wesentlichen Lecks aufweist. Für den Vollstrom-Teil eines CVS-Verdünnungssystems muss diese Überprüfung nicht durchgeführt werden.

##### 8.1.8.7.2. Messgrundsätze

Ein Leck kann erkannt werden, indem zu einem Zeitpunkt, zu dem ein Nulldurchsatz herrschen sollte, ein geringer Durchsatz gemessen wird, indem die Verdünnung einer bekannten Konzentration von durch die Unterdruckseite eines Probenahmesystems geleitetem Justiergas beobachtet wird oder indem der Druckanstieg in einem luftleeren System gemessen wird.

##### 8.1.8.7.3. Leckprüfung bei niedrigem Durchsatz

Ein Probenahmesystem wird bei niedrigem Durchsatz folgendermaßen auf Lecks geprüft:

a) Das Sondenende des Systems wird durch einen der folgenden Schritte abgedichtet:

- i) Das Ende der Probenahmesonde wird mit einer Kappe oder einem Stöpsel verschlossen.
- ii) Die Übertragungsleitung wird an der Sonde getrennt und mit einer Kappe oder einem Stöpsel verschlossen.
- iii) Ein zwischen Sonde und Übertragungsleitung in Reihe angeschlossenes leakagefreies Ventil wird geschlossen.

b) Alle Vakuumpumpen sind zu betreiben. Nach der Stabilisierung ist zu überprüfen, dass der Durchsatz auf der Unterdruckseite des Probenahmesystems weniger als 0,5 % des tatsächlichen Durchsatzes des Systems beim Gebrauch entspricht. Typische Analysator- und Umgehungsdurchsätze können näherungsweise aus den normalen Durchsätzen des Systems beim Gebrauch geschätzt werden.

##### 8.1.8.7.4. Leckprüfung durch Messung der Verdünnung des Justiergases

Für diese Prüfung kann ein beliebiger Gasanalysator verwendet werden. Wird für diese Prüfung ein FID benutzt, ist eine etwaige HC-Verunreinigung des Probenahmesystems mit HC gemäß den Anlagen A.1 und A.2 des Anhangs 5 über HC-Ermittlung zu korrigieren. Irreführende Ergebnisse sind zu vermeiden, indem nur Analysatoren mit einer Wiederholbarkeit von 0,5 % oder besser zur Messung der für diese Prüfung verwendeten Justiergaskonzentration eingesetzt werden. Die Leckprüfung auf der Unterdruckseite ist folgendermaßen durchzuführen:

a) Ein Gasanalysator wird wie für eine Emissionsprüfung vorbereitet.

b) Justiergas wird in die Eintrittsöffnung des Analysators eingeleitet und es wird überprüft, dass die Messung der Justiergaskonzentration im Rahmen der erwarteten Messgenauigkeit und Wiederholbarkeit erfolgt.

c) Überlaufendes Justiergas wird an eine der folgenden Stellen im Probenahmesystem geleitet:

- i) An das Ende der Probenahmesonde.
- ii) Die Übertragungsleitung wird an der Verbindung zur Sonde unterbrochen und das Justiergas läuft am offenen Ende der Übertragungsleitung über.

- iii) Zu einem in Reihe zwischen eine Sonde und ihre Übertragungsleitung geschalteten 3-Wege-Ventil.
- d) Es ist sicherzustellen, dass sich die gemessene Konzentration des überlaufenden Justiergases innerhalb von  $\pm 0,5\%$  der Justiergaskonzentration bewegt. Wird ein unerwartet niedriger Wert gemessen, weist dies auf ein Leck hin, während ein unerwartet hoher Wert durch ein Problem mit dem Justiergas oder dem Analysator selbst verursacht werden kann. Ein unerwartet hoher Messwert deutet nicht auf ein Leck hin.

#### 8.1.8.7.5. Leckprüfung durch Messung der Abnahme des Unterdrucks

Zur Durchführung dieser Prüfung wird im unterdruckseitigen Volumen des Probenahmesystems ein Unterdruck erzeugt und die Leckrate des Systems wird als Abnahme des erzeugten Unterdrucks beobachtet. Für diese Prüfung muss das unterdruckseitige Volumen des Probenahmesystems auf  $\pm 10\%$  des tatsächlichen Volumens bekannt sein. Auch die für diese Prüfung eingesetzten Messgeräte müssen die Spezifikationen gemäß den Absätzen 8.1 und 9.4 erfüllen.

Die Leckprüfung durch Messung der Abnahme des Unterdrucks ist folgendermaßen durchzuführen:

- a) Das Sondenende des Systems wird so nahe wie möglich an der Sondenöffnung durch einen der folgenden Schritte abgedichtet:
  - i) Das Ende der Probenahmesonde wird mit einer Kappe oder einem Stöpsel verschlossen.
  - ii) Die Übertragungsleitung an der Sonde wird unterbrochen und mit einer Kappe oder einem Stöpsel verschlossen.
  - iii) Ein zwischen Sonde und Übertragungsleitung in Reihe angeschlossenes leakagefreies Ventil wird geschlossen.
- b) Alle Vakuumpumpen sind zu betreiben. Ein für normale Betriebsbedingungen repräsentativer Unterdruck wird erzeugt. Bei Probenbeuteln wird empfohlen, das übliche Evakuierungsverfahren zweimal zu wiederholen, um Volumeneinschlüsse zu minimieren.
- c) Die Probenpumpen werden abgeschaltet und das System abgedichtet. Der absolute Druck des eingeschlossenen Gases und optional die absolute Temperatur des Systems sind zu messen und aufzuzeichnen. Es muss genügend Zeit zur Stabilisierung und zur Verursachung einer Druckveränderung in Höhe von mindestens dem Zehnfachen der Auflösung des Druckaufnehmers durch ein Leck von  $0,5\%$  eingeräumt werden. Der Druck und optional die Temperatur sind erneut aufzuzeichnen.
- d) Der Leckdurchsatz ist auf der Grundlage eines angenommenen Nullwerts für abgepumpte Beutelvolumen sowie der bekannten Werte für das Volumen des Probenahmesystems, des Ausgangs- und Enddrucks, der optionalen Temperaturen und der abgelaufenen Zeit zu berechnen. Unter Anwendung der Gleichung (A.4-22) wird überprüft, dass der Leckdurchsatz bei der Abnahme des Unterdrucks weniger als  $0,5\%$  des tatsächlichen Durchsatzes des Systems beim Gebrauch entspricht:

$$q_{V\text{leak}} = \frac{V_{\text{vac}}}{R} * \frac{\left( \frac{P_2}{T_2} - \frac{P_1}{T_1} \right)}{(t_2 - t_1)} \quad (\text{A.4-22})$$

Dabei ist:

$q_{V\text{leak}}$  = Leckrate bei der Abnahme des Unterdrucks [mol/s]

$V_{\text{vac}}$  = geometrisches Volumen der Unterdruckseite des Probenahmesystems [m<sup>3</sup>]

$R$  = molare Gaskonstante [J/(mol·K)]

$p_2$  = unterdruckseitiger absoluter Druck zum Zeitpunkt  $t_2$  [Pa]

$T_2$  = unterdruckseitige absolute Temperatur zum Zeitpunkt  $t_2$  [K]

$p_1$  = unterdruckseitiger absoluter Druck zum Zeitpunkt  $t_1$  [Pa]

$T_1$  = unterdruckseitige absolute Temperatur zum Zeitpunkt  $t_1$  [K]

$t_2$  = Zeit beim Abschluss der Leckprüfung durch Messung der Abnahme des Unterdrucks [s]

$t_1$  = Zeit beim Beginn der Leckprüfung durch Messung der Abnahme des Unterdrucks [s]

8.1.9. CO- und CO<sub>2</sub>-Messungen8.1.9.1. Überprüfung der H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit von CO<sub>2</sub>-NDIR-Analysatoren

## 8.1.9.1.1. Umfang und Häufigkeit

Wird CO<sub>2</sub> mithilfe eines NDIR-Analysators gemessen, muss die H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

## 8.1.9.1.2. Messgrundsätze

H<sub>2</sub>O kann das Ansprechverhalten eines NDIR-Analysators auf CO<sub>2</sub> beeinflussen. Wenn der NDIR-Analysator zur Überprüfung der Erfüllung der Querempfindlichkeitsanforderungen Kompensierungsalgorithmen verwendet, die Messwerte anderer Gase auswerten, müssen derartige Messungen gleichzeitig durchgeführt werden, um die Kompensierungsalgorithmen während der Kontrolle der Querempfindlichkeit des Analysators zu überprüfen.

## 8.1.9.1.3. Systemanforderungen

Die H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit eines CO<sub>2</sub>-NDIR-Analysators muss im Bereich von  $(0,0 \pm 0,4)$  mmol/mol (der erwarteten mittleren CO<sub>2</sub>-Konzentration) liegen.

## 8.1.9.1.4. Verfahren

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

- a) Der CO<sub>2</sub>-NDIR-Analysator ist wie bei einer Emissionsprüfung zu starten, zu betreiben, zu nullen und zu justieren.
- b) Ein befeuchtetes Prüfgas wird erzeugt, indem Nullluft, die den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entspricht, durch ein abgedichtetes Gefäß mit destilliertem Wasser geleitet wird. Wird die Probe nicht durch einen Trockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H<sub>2</sub>O-Gehalt im Prüfgas erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der während der Prüfung erwartete Höchstwert. Wird die Probe während der Prüfung durch einen Trockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H<sub>2</sub>O-Gehalt im Prüfgas erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der am Austritt des Trockners erwartete Höchstwert gemäß den Anforderungen in Absatz 9.3.2.3.1.1 dieses Anhangs.
- c) Die Temperatur des befeuchteten Prüfgesetzes muss nach dem Gefäß bei mindestens 5 K (5 °C) oberhalb des Taupunkts gehalten werden.
- d) Das befeuchtete Prüfgas wird in das Probenahmesystem eingeleitet. Das befeuchtete Prüfgas kann hinter dem Probentrockner eingeleitet werden, sofern ein solcher bei der Prüfung verwendet wird.
- e) Die Wassermolfraktion  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  des befeuchteten Prüfgesetzes wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise sind zur Berechnung von  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  der Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und der absolute Druck  $p_{\text{total}}$  zu messen.
- f) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  gemessen wird, und dem Analysator ist nach bestem fachlichen Ermessen zu vermeiden.
- g) Der Stabilisierung des Ansprechens der Analysatoren muss hinreichend Zeit gelassen werden. Die Stabilisierungszeit beinhaltet die zur Spülung der Übertragungsleitung und zum Ansprechen des Analysators benötigte Zeit.
- h) während der Analysator die Probenkonzentration misst, werden mindestens 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet. Das arithmetische Mittel dieser Daten ist zu berechnen. Der Analysator hat der Überprüfung der Querempfindlichkeit standgehalten, wenn der Messwert im Bereich von  $(0,0 \pm 0,4)$  mmol/mol liegt.

8.1.9.2. Überprüfung der H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit von CO-NDIR-Analysatoren

## 8.1.9.2.1. Umfang und Häufigkeit

Wird CO mithilfe eines NDIR-Analysators gemessen, müssen die H<sub>2</sub>O- und die CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

#### 8.1.9.2.2. Messgrundsätze

H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> können den Betrieb eines NDIR-Analysators stören, indem sie ein ähnliches Ansprechverhalten hervorrufen wie CO, sodass zu hohe Werte angezeigt werden. Wenn der NDIR-Analysator zur Überprüfung der Erfüllung der Querempfindlichkeitsanforderungen Kompensierungsalgorithmen verwendet, die Messwerte anderer Gase auswerten, müssen derartige Messungen gleichzeitig durchgeführt werden, um die Kompensierungsalgorithmen während der Kontrolle der Querempfindlichkeit des Analysators zu überprüfen.

#### 8.1.9.2.3. Systemanforderungen

Die kombinierte H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit eines CO-NDIR-Analysators muss im Bereich von ± 2 % der erwarteten mittleren CO-Konzentration liegen.

#### 8.1.9.2.4. Verfahren

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

- a) Der CO-NDIR-Analysator ist wie bei einer Emissionsprüfung zu starten, zu betreiben, zu nullen und zu justieren.
- b) Ein befeuchtetes CO<sub>2</sub>-Prüfgas wird erzeugt, indem ein CO<sub>2</sub>-Justiergas durch ein abgedichtetes Gefäß mit destilliertem Wasser geleitet wird. Wird die Probe nicht durch einen Trockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H<sub>2</sub>O-Pegel erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der während der Prüfung erwartete Höchstwert. Wird die Probe während der Prüfung durch einen Trockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H<sub>2</sub>O-Pegel erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der gemäß Absatz 9.3.2.3.1.1 dieses Anhangs erforderliche Wert. Die Konzentration des CO<sub>2</sub>-Justiergases muss mindestens so hoch sein wie der während der Prüfung erwartete Höchstwert.
- c) Das befeuchtete CO<sub>2</sub>-Prüfgas wird in das Probenahmesystem eingeleitet. Das befeuchtete CO<sub>2</sub>-Prüfgas kann hinter dem Probentrockner eingeleitet werden, sofern ein solcher bei der Prüfung verwendet wird.
- d) Die Wassermolfraktion  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  des befeuchteten Prüfgesetzes wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise sind zur Berechnung von  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  der Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und der absolute Druck  $p_{\text{total}}$  zu messen.
- e) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  gemessen wird, und dem Analysator ist nach bestem fachlichen Ermessen zu vermeiden.
- f) Der Stabilisierung des Ansprechens der Analysatoren muss hinreichend Zeit gelassen werden.
- g) Während der Analysator die Probenkonzentration misst, werden mindestens 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet. Das arithmetische Mittel dieser Daten ist zu berechnen.
- h) Der Analysator arbeitet vorschriftsmäßig, wenn das Ergebnis der Messung nach Buchstabe g dieses Absatzes der Toleranz gemäß Absatz 8.1.9.2.3 dieses Anhangs entspricht.
- i) Querempfindlichkeitsprüfungen für CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O können auch getrennt durchgeführt werden. Falls die verwendeten CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>O-Pegel größer sind als die während der Prüfung erwarteten Höchstwerte, ist jede beobachtete Querempfindlichkeit zu reduzieren, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Werts mit dem Verhältnis zwischen dem erwarteten Höchstwert der Konzentration und dem bei dieser Prüfung verwendeten tatsächlichen Wert. Bei getrennten Querempfindlichkeitsprüfungen ermittelte H<sub>2</sub>O-Konzentrationen (bis 0,025 mol/mol H<sub>2</sub>O-Gehalt), die geringer sind als die bei der Prüfung erwarteten Höchstwerte, dürfen verwendet werden; die beobachtete H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit ist jedoch hochzurechnen, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Werts mit dem Verhältnis zwischen dem erwarteten Höchstwert der H<sub>2</sub>O-Konzentration und dem bei dieser Prüfung verwendeten tatsächlichen Wert. Die Summe der beiden angepassten Querempfindlichkeitswerte muss der in Absatz 8.1.9.2.3 dieses Anhangs festgelegten Toleranz entsprechen.

#### 8.1.10. Messung von Kohlenwasserstoffen (HC)

##### 8.1.10.1. FID-Optimierung und -Überprüfung

##### 8.1.10.1.1. Umfang und Häufigkeit

Alle FID-Analysatoren sind bei der Erstinstallation zu kalibrieren. Die Kalibrierung ist bei Bedarf nach bestem fachlichen Ermessen zu wiederholen. Bei einem FID zur Messung von HC sind die nachstehenden Schritte durchzuführen:

- a) Das Ansprechverhalten eines FID auf verschiedene Kohlenwasserstoffe ist nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten zu optimieren. Das Ansprechverhalten eines FID auf Propylen und Toluol muss, bezogen auf Propan, zwischen 0,9 und 1,1 liegen.

- b) Der Ansprechfaktor eines FID auf Methan (CH<sub>4</sub>) wird nach der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten gemäß Absatz 8.1.10.1.4 dieses Anhangs bestimmt.
- c) Das Methan-Ansprechverhalten (CH<sub>4</sub>) wird binnen 185 Tagen vor der Prüfung kontrolliert.

#### 8.1.10.1.2. Kalibrierung

Nach bestem fachlichen Ermessen wird, etwa auf Grundlage der Anweisungen des Herstellers des FID-Analysators und der für die Kalibrierung des FID empfohlenen Häufigkeit, ein Kalibrierungsverfahren entwickelt. Der FID ist mit C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>-Kalibriergasen zu kalibrieren, die den Spezifikationen in Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechen. Die Kalibrierung muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins (C<sub>1</sub>) erfolgen.

#### 8.1.10.1.3. Optimierung des Ansprechverhaltens des HC-FID

Dieses Verfahren gilt nur für FID-Analysatoren zur Messung von HC.

- a) Bei der Inbetriebsetzung des Geräts und der Vornahme der grundlegenden Einstellungen für den Betrieb mithilfe von FID-Brennstoff und Nullluft ist unter Beachtung der Anforderungen des Herstellers nach bestem fachlichen Ermessen vorzugehen. Bei beheizten FID ist der erforderliche Betriebstemperaturbereich zu beachten. Das FID-Ansprechverhalten ist so zu optimieren, dass die Anforderungen betreffend die Kohlenwasserstoff-Ansprechfaktoren und die Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.10.1.1 Buchstabe a und Absatz 8.1.10.2 dieses Anhangs im gängigsten während der Emissionsprüfung erwarteten Analysatorbereich erfüllt werden. Auf Empfehlung des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Optimierung des FID ein größerer Analysatorbereich verwendet werden, wenn der gängige Analysatorbereich geringer ist als der vom Hersteller angeführte Mindestbereich für die Optimierung.
- b) Bei beheizten FID ist der erforderliche Betriebstemperaturbereich zu beachten. Das FID-Ansprechverhalten ist im gängigsten während der Emissionsprüfung erwarteten Analysatorbereich zu optimieren. Der FID-Brennstoffdurchsatz und der Luftdurchsatz sind gemäß den Empfehlungen des Herstellers einzustellen, und ein Justiergas ist in den Analysator einzuleiten.
- c) Die Optimierung wird anhand der nachstehenden Schritte i bis iv oder des vom Hersteller empfohlenen Verfahrens durchgeführt. Optional können zur Optimierung auch die in dem SAE-Dokument Nr. 770141 beschriebenen Verfahren herangezogen werden.
  - i) Das Ansprechverhalten bei einem bestimmten FID-Brennstoffdurchsatz ist anhand der Differenz zwischen dem Justiergas-Ansprechen und dem Nullgas-Ansprechen zu ermitteln.
  - ii) Der FID-Kraftstoffdurchsatz ist inkrementell ober- und unterhalb der Herstellerangabe einzustellen. Das Ansprechverhalten des Justier- und des Nullgases bei diesen FID-Brennstoffdurchsätzen ist aufzuzeichnen.
  - iii) Die Differenz zwischen dem Justier- und dem Nullgas-Ansprechen ist in Kurvenform aufzutragen und der Kraftstoffdurchsatz auf die fette Seite der Kurve einzustellen. Dies ist die Anfangseinstellung des Durchsatzes, die eventuell entsprechend den nach Absatz 8.1.10.1.1 Buchstabe a dieses Anhangs ermittelten Kohlenwasserstoff-Ansprechfaktoren und den Ergebnissen der Prüfung auf Sauerstoffquerempfindlichkeit nach Absatz 8.1.10.2 dieses Anhangs weiter zu optimieren ist.
  - iv) Entsprechen die Sauerstoffquerempfindlichkeit oder Kohlenwasserstoff-Ansprechfaktoren nicht den nachstehenden Spezifikationen, so ist der Luftdurchsatz inkrementell ober- und unterhalb der Herstellerangabe zu verstellen, und die Arbeitsgänge nach Absatz 8.1.10.1.1 Buchstabe a und Absatz 8.1.10.2 dieses Anhangs sind für jeden eingestellten Durchsatz zu wiederholen.
- d) Die optimalen Durchsätze und/oder Drücke für FID-Brennstoff und -Brennerluft sind zu ermitteln, zu beproben und für die künftige Verwendung aufzuzeichnen.

#### 8.1.10.1.4. Bestimmung des HC-FID-CH<sub>4</sub>-Ansprechfaktors

Da FID-Analysatoren generell unterschiedlich auf CH<sub>4</sub> bezogen auf C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> ansprechen, wird nach der FID-Optimierung der CH<sub>4</sub>-Ansprechfaktor  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  jedes THC-FID-Analysators bestimmt. Der aktuellste gemäß diesem Absatz gemessene Wert  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  wird für die Berechnungen zur HC-Ermittlung nach Anhang 5 Anlage A.2 (molbasierter Ansatz) bzw. Anhang 5 Anlage A.1 (massenbasierter Ansatz) zum Ausgleich des CH<sub>4</sub>-Ansprechverhaltens herangezogen.  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  wird wie folgt ermittelt:

- a) Zur Justierung des Analysators vor der Emissionsprüfung wird eine Konzentration von  $C_3H_8$ -Justiergas gewählt. Nur Justiergase, die Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechen, können verwendet werden, und die  $C_3H_8$ -Konzentration des Gases ist aufzuzeichnen.
- b) Ein  $CH_4$ -Justiergas, das Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entspricht, wird ausgewählt, und die  $CH_4$ -Konzentration des Gases ist aufzuzeichnen.
- c) Der FID-Analysator ist gemäß Herstelleranweisungen zu betreiben.
- d) Es muss bestätigt werden, dass der FID-Analysator mit  $C_3H_8$  kalibriert wurde. Die Kalibrierung muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins ( $C_1$ ) erfolgen.
- e) Der FID ist mit einem für die Emissionsprüfung verwendeten Nullgas zu nullen.
- f) Der FID ist mit dem ausgewählten  $C_3H_8$ -Justiergas zu justieren.
- g) Das nach Buchstabe b dieses Absatzes ausgewählte  $CH_4$ -Justiergas ist in den Probeneintritt des FID-Analysators einzuleiten.
- h) Das Ansprechverhalten des Analysators wird stabilisiert. Die Stabilisierungszeit kann die zur Spülung des Analysators und zu dessen Ansprechen benötigte Zeit beinhalten.
- i) Während der Analysator die  $CH_4$ -Konzentration misst, werden 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet und das arithmetische Mittel dieser Werte berechnet.
- j) Die mittlere gemessene Konzentration wird durch die aufgezeichnete Justierkonzentration des  $CH_4$ -Kalibriergases dividiert. Das Ergebnis ist der Wert  $RF_{CH_4[THC-FID]}$ , der Ansprechfaktor des FID-Analysators für  $CH_4$ .

#### 8.1.10.1.5. Überprüfung des HC-FID-Ansprechverhaltens auf Methan ( $CH_4$ )

Liegt der gemäß Absatz 8.1.10.1.4 dieses Anhangs ermittelte Wert  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  im Bereich von  $\pm 5,0\%$  des zuletzt bestimmten Werts, hat der HC-FID die Überprüfung des Methan-Ansprechverhaltens bestanden.

- a) Zuerst wird kontrolliert, dass die Drücke und/oder Durchsätze von FID-Brennstoff, -Brennerluft und Probe im Bereich von  $\pm 0,5\%$  der zuletzt gemäß Absatz 8.1.10.1.3 dieses Anhangs erfassten Werte liegen. Müssen diese Durchsätze angepasst werden, ist ein neuer  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  gemäß Absatz 8.1.10.1.4 dieses Anhangs zu ermitteln. Es ist sicherzustellen, dass der ermittelte Wert  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  der in diesem Absatz 8.1.10.1.5 dieses Anhangs festgelegten Toleranz entspricht.
- b) Entspricht  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  nicht der in diesem Absatz 8.1.10.1.5 dieses Anhangs festgelegten Toleranz, muss das FID-Ansprechverhalten neuerlich gemäß Absatz 8.1.10.1.3 dieses Anhangs optimiert werden.
- c) Ein neuer  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  ist gemäß Absatz 8.1.10.1.4 dieses Anhangs zu ermitteln. Dieser neue Wert  $RF_{CH_4[THC-FID]}$  ist für Berechnungen zur HC-Bestimmung, wie in Anhang 5 Anlage A.2 (molbasierter Ansatz) bzw. Anhang 5 Anlage A.1 (massenbasierter Ansatz) beschrieben, heranzuziehen.

#### 8.1.10.2. Nicht-stöchiometrische Überprüfung der Rohabgas-FID- $O_2$ -Querempfindlichkeit

##### 8.1.10.2.1. Umfang und Häufigkeit

Wenn FID-Analysatoren für Rohabgasmessungen eingesetzt werden, muss bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten die FID- $O_2$ -Querempfindlichkeit überprüft werden.

## 8.1.10.2.2. Messgrundsätze

Unterschiede in der O<sub>2</sub>-Konzentration des Rohabgases können sich durch die Veränderung der Flammentemperatur des FID auf dessen Ansprechverhalten auswirken. Für den erfolgreichen Abschluss dieser Prüfung sind FID-Brennstoff-, Brennerluft und Probanddurchsatz zu optimieren. Die Leistung des FID ist anhand der Kompensationsalgorithmen für die während einer Emissionsprüfung auftretenden FID-O<sub>2</sub>-Querempfindlichkeiten zu überprüfen.

## 8.1.10.2.3. Systemanforderungen

Jeder für die Emissionsprüfung verwendete FID-Analysator muss der Überprüfung der FID-O<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit anhand des in diesem Absatz beschriebenen Verfahrens standhalten.

## 8.1.10.2.4. Verfahren

Die FID-O<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit ist folgendermaßen zu bestimmen, wobei ein oder mehrere Gasteiler eingesetzt werden können, um die Bezugsgaskonzentrationen zu erzeugen, die zur Durchführung dieser Überprüfung erforderlich sind:

- a) Drei Justierbezugsgase werden ausgewählt, die die Anforderungen gemäß Absatz 9.5.1 erfüllen und die die zur Justierung der Analysatoren vor der Emissionsprüfung verwendete C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>-Konzentration aufweisen. Die drei Ausgleichsgaskonzentrationen sind so zu wählen, dass die O<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>-Konzentrationen dem bei der Prüfung erwarteten O<sub>2</sub>-Mindest-, -Höchst- und Zwischenwert entsprechen. Die Anforderung, dass die durchschnittliche O<sub>2</sub>-Konzentration zu verwenden ist, muss nicht erfüllt werden, wenn der FID mit Justiergas kalibriert wird, das die durchschnittlich erwartete Sauerstoffkonzentration aufweist.
- b) Es muss bestätigt werden, dass der FID-Analysator alle Spezifikationen gemäß Absatz 8.1.10.1 dieses Anhangs erfüllt.
- c) Der FID-Analysator ist wie bei einer Emissionsprüfung zu starten und zu betreiben. Unabhängig von der während der Emissionsprüfung verwendeten Luftquelle des FID-Brenners ist für diese Überprüfung Nullluft als Luftquelle für den FID-Brenner zu nutzen.
- d) Der Analysator ist auf null zu stellen.
- e) Der Analysator ist mithilfe eines während der Emissionsprüfung verwendeten Justiergases zu justieren.
- f) Das Nullgasansprechen ist mithilfe des während der Emissionsprüfung verwendeten Nullgases zu überprüfen. Mit dem nächsten Schritt kann fortgefahren werden, wenn das mittlere Nullgasansprechen von 30 s an erfassten Daten innerhalb von ± 0,5 % des laut Buchstabe e dieses Absatzes angewendeten Justierbezugswerts liegt, andernfalls muss das Verfahren ab Buchstabe d dieses Absatzes wiederholt werden.
- g) Das Ansprechverhalten des Analysators wird mit dem Justiergas überprüft, das die während der Emissionsprüfung erwartete Mindestkonzentration an O<sub>2</sub> aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Probanden ist als  $x_{O_2\min HC}$  zu erfassen.
- h) Das Nullgasansprechen des FID-Analysators ist mithilfe des bei der Emissionsprüfung verwendeten Nullgases zu überprüfen. Mit dem nächsten Schritt kann fortgefahren werden, wenn das mittlere Nullgasansprechen von 30 s an stabilisierten Probanden innerhalb von ± 0,5 % des laut Buchstabe e dieses Absatzes angewendeten Justierbezugswerts liegt, andernfalls muss das Verfahren ab Buchstabe d dieses Absatzes wiederholt werden.
- i) Das Ansprechverhalten des Analysators wird mit dem Justiergas überprüft, das die während der Emissionsprüfung erwartete durchschnittliche Konzentration an O<sub>2</sub> aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Probanden ist als  $x_{O_2\text{avg} HC}$  zu erfassen.
- j) Das Nullgasansprechen des FID-Analysators ist mithilfe des bei der Emissionsprüfung verwendeten Nullgases zu überprüfen. Mit dem nächsten Schritt kann fortgefahren werden, wenn das mittlere Nullgasansprechen von 30 s an stabilisierten Probanden innerhalb von ± 0,5 % des laut Buchstabe e dieses Absatzes angewendeten Justierbezugswerts liegt, andernfalls muss das Verfahren ab Buchstabe d dieses Absatzes wiederholt werden.

- k) Das Ansprechverhalten des Analysators wird mit dem Justiergas überprüft, das die während der Emissionsprüfung erwartete Höchstkonzentration an  $O_2$  aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Proben-  
daten ist als  $x_{O_2maxHC}$  zu erfassen.
- l) Das Nullgasansprechen des FID-Analysators ist mithilfe des bei der Emissionsprüfung verwendeten Nullgases zu überprüfen. Mit dem nächsten Schritt kann fortgefahren werden, wenn das mittlere Nullgasansprechen von 30 s an stabilisierten Proben-  
daten innerhalb von  $\pm 0,5\%$  des laut Buchstabe e dieses Absatzes angewendeten Justierbezugswerts liegt, andernfalls muss das Verfahren ab Buchstabe d dieses Absatzes wiederholt werden.
- m) Die prozentuale Differenz zwischen dem Wert  $x_{O_2maxHC}$  und seiner Bezugsgaskonzentration ist zu berechnen. Die prozentuale Differenz zwischen dem Wert  $x_{O_2avgHC}$  und seiner Bezugsgaskonzentration ist zu berechnen. Die prozentuale Differenz zwischen dem Wert  $x_{O_2minHC}$  und seiner Bezugsgaskonzentration ist zu berechnen. Die maximale prozentuale Differenz zwischen den drei Werten ist zu berechnen. Beim Ergebnis handelt es sich um die  $O_2$ -  
Querempfindlichkeit.
- n) Liegt die  $O_2$ -Querempfindlichkeit im Bereich von  $\pm 3\%$ , hat der FID der Überprüfung der  $O_2$ -Querempfindlichkeit standgehalten. Andernfalls muss der Mangel mithilfe eines oder mehrerer der folgenden Schritte behoben werden:
- Die Überprüfung wird wiederholt, um festzustellen, ob ein Fehler aufgetreten ist.
  - Für die Emissionsprüfung werden Null- und Justiergase mit einer höheren oder niedrigeren  $O_2$ -Konzentration gewählt und die Überprüfung wird wiederholt.
  - Die FID-Brennerluft, der -Brennstoff und der Probendurchsatz werden geändert. Werden diese Durchsätze bei einem HC-FID verändert, damit dieser der Überprüfung der  $O_2$ -Querempfindlichkeit standhält, muss der Wert  $RF_{CH_4}$  für die nächste  $RF_{CH_4}$ -Überprüfung zurückgesetzt werden. Nach Änderung der Durchsätze wird die Überprüfung der  $O_2$ -Querempfindlichkeit wiederholt und der Wert  $RF_{CH_4}$  wird ermittelt.
  - Der FID wird repariert oder ausgetauscht und die Überprüfung der  $O_2$ -Querempfindlichkeit wird wiederholt.

#### 8.1.11. $NO_x$ -Messungen

##### 8.1.11.1. Überprüfung der CLD $CO_2$ - und $H_2O$ -Querempfindlichkeit

###### 8.1.11.1.1. Umfang und Häufigkeit

Wird ein CLD-Analysator zur Messung von  $NO_x$  eingesetzt, müssen die  $H_2O$ - und die  $CO_2$ -Querempfindlichkeit nach der Installation des CLD-Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

###### 8.1.11.1.2. Messgrundsätze

$H_2O$  und  $CO_2$  können das  $NO_x$ -Ansprechverhalten eines CLD durch Stoßlöschung, bei der die vom CLD zur Erfassung von  $NO_x$  genutzte Chemilumineszenzreaktion gehemmt wird, stören, sodass zu niedrige Werte angezeigt werden. Dieses Verfahren und die Berechnungen nach Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs dienen zur Ermittlung der Querempfindlichkeit und zur Skalierung der Ergebnisse auf die maximale  $H_2O$ -Molfraktion und die während der Emissionsprüfung erwartete maximale  $CO_2$ -Konzentration. Wenn der CLD-Analysator Algorithmen zur Kompensierung der Querempfindlichkeit verwendet, die  $H_2O$ - und/oder  $CO_2$ -Messgeräte erfordern, müssen diese zur Ermittlung der Querempfindlichkeit eingeschaltet sein und die Kompensierungsalgorithmen müssen angewendet werden.

###### 8.1.11.1.3. Systemanforderungen

Bei der Messung verdünnter Abgase darf ein CLD-Analysator die kombinierte  $H_2O$ - und  $CO_2$ -Querempfindlichkeit von  $\pm 2\%$  nicht überschreiten. Bei der Messung von Rohabgasen darf ein CLD-Analysator die kombinierte  $H_2O$ - und  $CO_2$ -Querempfindlichkeit von  $\pm 2,5\%$  nicht überschreiten. Bei der kombinierten Querempfindlichkeit handelt es sich um die Summe aus der gemäß Absatz 8.1.11.1.4 dieses Anhangs ermittelten  $CO_2$ -Querempfindlichkeit und der gemäß Absatz 8.1.11.1.5 dieses Anhangs ermittelten  $H_2O$ -Querempfindlichkeit. Werden diese Anforderungen nicht eingehalten, sind Abhilfemaßnahmen wie die Reparatur oder der Austausch des Analysators zu ergreifen. Vor der Durchführung von Emissionsprüfungen ist sicherzustellen, dass die ordnungsgemäße Funktion des Analysators durch die Abhilfemaßnahmen wiederhergestellt wurde.

8.1.11.1.4. Verfahren zur Überprüfung der CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit

Zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit mit einem den Spezifikationen gemäß Absatz 9.4.5.6 dieses Anhangs entsprechenden Gasteiler zur Vermischung von binären Justiergasen mit Nullgas als Verdünnungsmittel kann das nachstehend beschriebene Verfahren oder die vom Gerätehersteller vorgeschriebene Methode verwendet werden; stattdessen kann nach bestem fachlichen Ermessen auch ein anderes Verfahren entwickelt werden:

- a) Zur Herstellung der benötigten Verbindungen werden Rohre aus PTFE oder rostfreiem Stahl verwendet.
- b) Der Gasteiler ist so zu konfigurieren, dass annähernd gleiche Mengen von Justier- und Verdünnungsgas miteinander vermischt werden.
- c) Verfügt der CLD-Analysator über einen Betriebsmodus, in dem anstelle des gesamten NO<sub>x</sub> nur NO erfasst werden kann, ist der CLD-Analysator in diesem Modus zu verwenden.
- d) Ein den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechendes CO<sub>2</sub>-Justiergas ist in einer Konzentration zu verwenden, die in etwa dem Doppelten der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen CO<sub>2</sub>-Konzentration entspricht.
- e) Ein den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechendes NO-Justiergas ist in einer Konzentration zu verwenden, die in etwa dem Doppelten der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen NO-Konzentration entspricht. Auf Empfehlung des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete NO-Konzentration geringer ist als der vom Hersteller angeführte Mindestbereich für die Überprüfung.
- f) Der CLD-Analysator ist zu nullen und zu justieren. Der CLD-Analysator wird über den Gasteiler mit dem in Buchstabe e dieses Absatzes genannten NO-Justiergas justiert. Das NO-Justiergas wird mit dem Justieranschluss des Gasteilers verbunden. Ein Nullgas wird mit dem Verdünnungsanschluss des Gasteilers verbunden. Dasselbe Nennmischverhältnis wie in Buchstabe b dieses Absatzes wird gewählt und die dadurch erzeugte NO-Konzentration des Gasteilers dient zur Justierung des CLD-Analysators. Um eine präzise Gasteilung zu gewährleisten, sind die Gaseigenschaften bei Bedarf zu korrigieren.
- g) Das CO<sub>2</sub>-Justiergas wird mit dem Justieranschluss des Gasteilers verbunden.
- h) Das NO-Justiergas ist mit dem Verdünnungsanschluss des Gasteilers zu verbinden.
- i) Während NO und CO<sub>2</sub> durch den Gasteiler geleitet werden, ist das vom Gasteiler erzeugte Gemisch zu stabilisieren. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration des Gasteiler-Gemischs wird ermittelt; dabei sind, um eine präzise Gasteilung zu gewährleisten, die Gaseigenschaften bei Bedarf zu korrigieren. Die ermittelte Konzentration  $x_{\text{CO}_2\text{act}}$  wird aufgezeichnet und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs herangezogen. Anstelle eines Gasteilers kann auch eine andere einfache Gasmischvorrichtung verwendet werden. In diesem Fall ist mit dem Analysator die CO<sub>2</sub>-Konzentration zu bestimmen. Wird ein NDIR-Analysator zusammen mit einer einfachen Gasmischvorrichtung benutzt, muss er den Anforderungen des vorliegenden Absatzes entsprechen und mit dem in Buchstabe d dieses Absatzes genannten CO<sub>2</sub>-Justiergas justiert werden. Die Linearität des NDIR-Analysators muss im Vorfeld über den gesamten Bereich kontrolliert werden, der in etwa dem Doppelten der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen CO<sub>2</sub>-Konzentration entspricht.
- j) Die NO-Konzentration wird hinter dem Gasteiler mit dem CLD-Analysator gemessen. Der Stabilisierung des Ansprechens der Analysatoren muss hinreichend Zeit gelassen werden. Die Stabilisierungszeit kann die zur Spülung der Übertragungsleitung und zum Ansprechen des Analysators benötigte Zeit beinhalten. Während der Analysator die Probenkonzentration misst, werden 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet. Aus diesen Daten wird das arithmetische Mittel der Konzentration, der Wert  $x_{\text{NOmeas}}$ , berechnet. Die ermittelte Konzentration  $x_{\text{NOmeas}}$  wird aufgezeichnet und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs herangezogen.

- k) Die tatsächliche NO-Konzentration  $x_{\text{NOact}}$  wird am Austritt des Gasteilers auf der Grundlage der Justiergaskonzentrationen und des Werts  $x_{\text{CO2act}}$  anhand der Gleichung (A.4-24) berechnet. Der ermittelte Wert wird für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit anhand der Gleichung (A.4-23) herangezogen.
- l) Die laut den Absätzen 8.1.11.1.4 und 8.1.11.1.5 dieses Anhangs aufgezeichneten Werte dienen zur Berechnung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs.

#### 8.1.11.1.5. Verfahren zur Überprüfung der H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit

Zur Ermittlung der H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit kann das nachstehend beschriebene Verfahren oder die vom Gerätehersteller vorgeschriebene Methode verwendet werden; stattdessen kann nach bestem fachlichen Ermessen auch ein anderes Verfahren entwickelt werden:

- a) Zur Herstellung der benötigten Verbindungen werden Rohre aus PTFE oder rostfreiem Stahl verwendet.
- b) Verfügt der CLD-Analysator über einen Betriebsmodus, in dem anstelle des gesamten NO<sub>x</sub> nur NO erfasst werden kann, ist der CLD-Analysator in diesem Modus zu verwenden.
- c) Ein den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechendes NO-Justiergas ist in einer Konzentration zu verwenden, die in etwa der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen Konzentration entspricht. Auf Empfehlung des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete NO-Konzentration geringer ist als der vom Hersteller angeführte Mindestbereich für die Überprüfung.
- d) Der CLD-Analysator ist zu nullen und zu justieren. Der CLD-Analysator wird mit dem in Buchstabe c dieses Absatzes genannten NO-Justiergas justiert, die Konzentration des Justiergases wird als  $x_{\text{NOdry}}$  aufgezeichnet und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs herangezogen.
- e) Das NO-Justiergas wird befeuchtet, indem es durch ein abgedichtetes Gefäß mit destilliertem Wasser geleitet wird. Wird die befeuchtete NO-Justiergasprobe für diese Überprüfung nicht durch einen Probentrockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass im Justiergas ein H<sub>2</sub>O-Gehalt erzeugt wird, der in etwa der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen H<sub>2</sub>O-Molfraktion entspricht. Wird die befeuchtete NO-Justiergasprobe nicht durch einen Probentrockner geleitet, wird die gemessene H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit im Zuge der Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs auf die maximale während der Emissionsprüfung erwartete H<sub>2</sub>O-Molfraktion skaliert. Wird die befeuchtete NO-Justiergasprobe für diese Überprüfung durch einen Trockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H<sub>2</sub>O-Gehalt im Prüfgas erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der am Austritt des Trockners erwartete Höchstwert gemäß den Anforderungen von Absatz 9.3.2.3.1.1 dieses Anhangs. In diesem Fall wird die gemessene H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit im Zuge der Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs nicht skaliert.
- f) Das befeuchtete NO-Prüfgas wird in das Probenahmesystem eingeleitet. Die Einleitung kann vor oder hinter einem während der Emissionsprüfung eingesetzten Probentrockner erfolgen. Abhängig vom Ort der Einleitung wird die entsprechende Berechnungsmethode laut Buchstabe e gewählt. Hinweis: Der Probentrockner muss der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.8.5.8 dieses Anhangs standhalten.
- g) Die H<sub>2</sub>O-Molfraktion im befeuchteten NO-Justiergas wird gemessen. Falls ein Probentrockner verwendet wird, wird die H<sub>2</sub>O-Molfraktion  $x_{\text{H2Omeas}}$  im befeuchteten NO-Justiergas hinter dem Probentrockner gemessen. Es wird empfohlen,  $x_{\text{H2Omeas}}$  so nah wie möglich am Eintritt des CLD-Analysators zu messen.  $x_{\text{H2Omeas}}$  kann aus den Messungen des Taupunkts  $T_{\text{dew}}$  und des absoluten Drucks  $p_{\text{total}}$  berechnet werden.
- h) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem  $x_{\text{H2Omeas}}$  gemessen wird, und dem Analysator ist nach bestem fachlichen Ermessen zu vermeiden. Das System sollte so konzipiert sein, dass die Wandtemperaturen in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken und Ventilen zwischen dem Punkt, an dem  $x_{\text{H2Omeas}}$  gemessen wird, und dem Analysator mindestens 5 K (5 °C) über dem lokalen Taupunkt des Probengases liegen.

- i) Die Konzentration des befeuchteten NO-Justiergases wird mit dem CLD-Analysator gemessen. Der Stabilisierung des Ansprechens der Analysatoren muss hinreichend Zeit gelassen werden. Die Stabilisierungszeit kann die zur Spülung der Übertragungsleitung und zum Ansprechen des Analysators benötigte Zeit beinhalten. Während der Analyse misst der Analysator die Probenkonzentration, werden 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet. Aus diesen Daten wird das arithmetische Mittel, der Wert  $x_{\text{NOwet}}$ , berechnet. Die ermittelte Konzentration  $x_{\text{NOwet}}$  wird aufgezeichnet und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.2.3 dieses Anhangs herangezogen.

#### 8.1.11.2. Berechnungen zur Überprüfung der CLD-Querempfindlichkeit

Die Berechnungen zur Überprüfung der CLD-Querempfindlichkeit sind wie in diesem Absatz beschrieben durchzuführen.

##### 8.1.11.2.1. Während der Emissionsprüfung erwartete Wassermenge

Die während der Emissionsprüfung erwartete maximale Wassermolfraktion  $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$  wird geschätzt. Diese Schätzung ist dort vorzunehmen, wo die Einleitung des befeuchteten NO-Justiergases gemäß Absatz 8.1.11.1.5 Buchstabe f dieses Anhangs erfolgt ist. Bei der Schätzung der maximalen erwarteten Wassermolfraktion ist gegebenenfalls der maximale erwartete Wassergehalt in Verbrennungsluft, Kraftstoffverbrennungsprodukten und Verdünnungsluft zu berücksichtigen. Wird das befeuchtete NO-Justiergas bei der Überprüfung vor einem Probentrockner in das Probenahmesystem eingeleitet, muss die maximale erwartete Wassermolfraktion nicht geschätzt werden und  $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$  wird gleich  $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$  gesetzt.

##### 8.1.11.2.2. Während der Emissionsprüfung erwartete CO<sub>2</sub>-Menge

Die während der Emissionsprüfung erwartete maximale CO<sub>2</sub>-Konzentration  $x_{\text{CO}_2\text{exp}}$  wird geschätzt. Diese Schätzung ist dort vorzunehmen, wo gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe j dieses Anhangs die Einleitung des vermischten NO- und CO<sub>2</sub>-Justiergases ins Probenahmesystem erfolgt. Bei der Schätzung der maximalen erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration ist der maximale erwartete CO<sub>2</sub>-Gehalt in Kraftstoffverbrennungsprodukten und Verdünnungsluft zu berücksichtigen.

##### 8.1.11.2.3. Berechnung der kombinierten H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit

Die kombinierte H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-Querempfindlichkeit ist anhand der Gleichung (A.4-23) zu berechnen:

$$\textit{quench} = \left[ \left( \frac{x_{\text{NOwet}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Omeas}} - 1} \right) \cdot \frac{x_{\text{H}_2\text{Oexp}}}{x_{\text{H}_2\text{Omeas}}} + \left( \frac{x_{\text{NOmeas}}}{x_{\text{NOact}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{CO}_2\text{exp}}}{x_{\text{CO}_2\text{act}}} \right] \cdot 100\% \quad (\text{A.4-23})$$

Dabei ist:

*quench* = Wert der CLD-Querempfindlichkeit

$x_{\text{NOdry}}$  = nach Absatz 8.1.11.1.5 Buchstabe d dieses Anhangs gemessene NO-Konzentration vor einer Waschflasche

$x_{\text{NOwet}}$  = nach Absatz 8.1.11.1.5 Buchstabe i dieses Anhangs gemessene NO-Konzentration hinter einer Waschflasche

$x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$  = maximale erwartete Wassermolfraktion während der Emissionsprüfung gemäß Absatz 8.1.11.2.1 dieses Anhangs

$x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$  = gemessene Wassermolfraktion während der Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.1.5 Buchstabe g dieses Anhangs

$x_{\text{NOmeas}}$  = gemessene NO-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO<sub>2</sub>-Justiergas gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe j dieses Anhangs

$x_{\text{NOact}}$  = tatsächliche NO-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO<sub>2</sub>-Justiergas gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe k dieses Anhangs; Berechnung anhand der Gleichung (A.4-24)

$x_{\text{CO2exp}}$  = maximale erwartete CO<sub>2</sub>-Konzentration während der Emissionsprüfung gemäß Absatz 8.1.11.2.2 dieses Anhangs

$x_{\text{CO2act}}$  = tatsächliche CO<sub>2</sub>-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO<sub>2</sub>-Justiergas gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe i dieses Anhangs

$$x_{\text{NOact}} = \left( 1 - \frac{x_{\text{CO2act}}}{x_{\text{CO2span}}} \right) \cdot x_{\text{NOspan}} \quad (\text{A.4-24})$$

Dabei ist:

$x_{\text{NOspan}}$  = Konzentration des in den Gasteiler eingeleiteten NO-Justiergases gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe e dieses Anhangs

$x_{\text{CO2span}}$  = Konzentration des in den Gasteiler eingeleiteten CO<sub>2</sub>-Justiergases gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe d dieses Anhangs.

### 8.1.11.3. Überprüfung der HC- und H<sub>2</sub>O-Querempfindlichkeit des NDUV-Analysators

#### 8.1.11.3.1. Umfang und Häufigkeit

Wird NO<sub>x</sub> mithilfe eines NDUV-Analysators gemessen, muss die H<sub>2</sub>O- und Kohlenwasserstoff-Querempfindlichkeit nach der Ersteinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

#### 8.1.11.3.2. Messgrundsätze

Kohlenwasserstoffe und H<sub>2</sub>O können den Betrieb eines NDUV-Analysators stören, indem sie ein ähnliches Ansprechverhalten hervorrufen wie NO<sub>x</sub>, sodass zu hohe Werte angezeigt werden. Wenn der NDUV-Analysator zur Überprüfung der Erfüllung der Querempfindlichkeitsanforderungen Kompensierungsalgorithmen verwendet, die Messwerte anderer Gase auswerten, müssen derartige Messungen gleichzeitig durchgeführt werden, um die Algorithmen während der Kontrolle der Querempfindlichkeit des Analysators zu überprüfen.

#### 8.1.11.3.3. Systemanforderungen

Die kombinierte H<sub>2</sub>O- und HC-Querempfindlichkeit eines NO<sub>x</sub>-NDUV-Analysators muss im Bereich von ± 2 % der mittleren NO<sub>x</sub>-Konzentration liegen.

#### 8.1.11.3.4. Verfahren

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

- a) Der NO<sub>x</sub>-NDUV-Analysator ist gemäß den Anweisungen des Messgerätherstellers zu starten, zu betreiben, nullabzugleichen und zu justieren.
- b) Für diese Überprüfung empfiehlt es sich, Motorabgase zu entnehmen. Zum Quantifizieren des NO<sub>x</sub>-Gehalts des Abgases ist ein CLD einzusetzen, der den Spezifikationen gemäß Absatz 9.4 entspricht. Die CLD-Messung ist als Bezugswert zu verwenden. Ebenso ist mit einem FID-Analysator, der den Spezifikationen gemäß Absatz 9.4 entspricht, der HC-Gehalt des Abgases zu messen. Der FID-Messwert ist als Kohlenwasserstoff-Bezugswert zu verwenden.
- c) Falls für die Prüfung ein Probentrockner eingesetzt wird, müssen die Motorabgase vor diesem in den NDUV-Analysator eingeleitet werden.

- d) Der Stabilisierung des Ansprechens der Analysatoren muss hinreichend Zeit gelassen werden. Die Stabilisierungszeit kann die zur Spülung der Übertragungsleitung und zum Ansprechen des Analysators benötigte Zeit beinhalten.
- e) Während alle Analysatoren die Konzentration der Probe messen, werden 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet und die arithmetischen Mittel der drei Analysatoren berechnet.
- f) Der CLD-Mittelwert wird vom NDUV-Mittelwert abgezogen.
- g) Die Differenz ist mit dem Verhältnis zwischen der erwarteten mittleren HC-Konzentration und der bei der Überprüfung gemessenen HC-Konzentration zu multiplizieren. Der Analysator hat der Überprüfung gemäß diesem Absatz standgehalten, wenn das Ergebnis im Bereich von  $\pm 2\%$  der beim Emissionsgrenzwert gemäß Gleichung (A.4-25) erwarteten  $\text{NO}_x$ -Konzentration liegt:

$$\left| \bar{x}_{\text{NO}_x, \text{CLD}, \text{meas}} - \bar{x}_{\text{NO}_x, \text{NDUV}, \text{meas}} \right| \cdot \left( \frac{\bar{x}_{\text{HC}, \text{exp}}}{\bar{x}_{\text{HC}, \text{meas}}} \right) \leq 2\% \cdot \left( \bar{x}_{\text{NO}_x, \text{exp}} \right) \quad (\text{A.4-25})$$

Dabei ist:

- $\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{CLD}, \text{meas}}$  = mittlere mit dem CLD gemessene  $\text{NO}_x$ -Konzentration in [ $\mu\text{mol/mol}$ ] oder [ppm]
- $\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{NDUV}, \text{meas}}$  = mittlere mit dem NDUV-Analysator gemessene  $\text{NO}_x$ -Konzentration in [ $\mu\text{mol/mol}$ ] oder [ppm]
- $\bar{x}_{\text{HC}, \text{meas}}$  = mittlere gemessene HC-Konzentration in [ $\mu\text{mol/mol}$ ] oder [ppm]
- $\bar{x}_{\text{HC}, \text{exp}}$  = mittlere beim Standardwert erwartete HC-Konzentration in [ $\mu\text{mol/mol}$ ] oder [ppm]
- $\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{exp}}$  = mittlere beim Standardwert erwartete  $\text{NO}_x$ -Konzentration in [ $\mu\text{mol/mol}$ ] oder [ppm]

#### 8.1.11.4. $\text{NO}_2$ -Durchlass des Probenrockners

##### 8.1.11.4.1. Umfang und Häufigkeit

Bei Einsatz eines Probenrockners oberhalb eines  $\text{NO}_x$ -Messinstrumentes, dem kein  $\text{NO}_2$ -NO-Konverter vorgeschaltet ist, ist diese Überprüfung für den  $\text{NO}_2$ -Durchlassanteil des Probenrockners vorzunehmen. Diese Überprüfung ist nach der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten durchzuführen.

##### 8.1.11.4.2. Messgrundsätze

Ein Probenrockner entfernt Wasser, das sonst eine  $\text{NO}_x$ -Messung verfälschen könnte. Jedoch kann in einem mangelhaft konzipierten Probenrockner verbleibendes flüssiges Wasser der Probe  $\text{NO}_2$  entziehen. Somit kann der Probe vor der  $\text{NO}_x$ -Messung  $\text{NO}_2$  entzogen werden, wenn ein Probenrockner ohne vorgeschalteten  $\text{NO}_2$ -NO-Konverter verwendet wird.

##### 8.1.11.4.3. Systemanforderungen

Der Probenrockner muss bei der höchsten erwarteten  $\text{NO}_2$ -Konzentration die Messung von mindestens 95 % des gesamten  $\text{NO}_2$  ermöglichen.

##### 8.1.11.4.4. Verfahren

Das nachstehende Verfahren dient zur Überprüfung der Leistung des Probenrockners:

- a) Inbetriebnahme des Geräts: Die Anweisungen des Herstellers des Analysators und des Probenrockners zu Inbetriebnahme und Betrieb des Geräts sind zu befolgen. Analysator und Probenrockner sind zur Leistungsoptimierung nach Bedarf einzustellen.
- b) Einrichtung des Systems und Datenerfassung:
- i) Der/die Gasanalysator/en zur Messung der Gesamt- $\text{NO}_x$  ist/sind wie bei einer Emissionsprüfung zu nullen und zu justieren.

- ii) Ein  $\text{NO}_2$ -Kalibriergas (Ausgleichsgas aus Trockenluft) mit einer  $\text{NO}_2$ -Konzentration, die in etwa dem während der Emissionsprüfung erwarteten Höchstwert entspricht, ist auszuwählen. Auf Empfehlung des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete  $\text{NO}_2$ -Konzentration geringer ist als der vom Hersteller angeführte Mindestbereich für die Überprüfung.
- iii) Die Sonde oder Überlaufgarnitur des Systems zur Entnahme von Gasproben wird mit diesem Kalibriergas geflutet. Für die Stabilisierung des gesamten  $\text{NO}_x$ -Ansprechverhaltens ist hinreichend Zeit vorzusehen, wobei nur Transportverzögerungen und das Ansprechverhalten des Messgeräts zu berücksichtigen sind.
- iv) Aus 30 s an erfassten Gesamt- $\text{NO}_x$ -Daten wird ein Mittelwert berechnet und dieser Wert als  $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$  aufgezeichnet.
- v) Der Durchfluss des  $\text{NO}_2$ -Kalibriergases wird gestoppt.
- vi) Als nächstes wird das Probenahmesystem gesättigt, indem die Sonden oder die Überlaufgarnitur des Probenahmesystems mit dem Ausstoß eines auf einen Taupunkt von 323 K (50 °C) eingestellten Taupunktgenerators geflutet wird. Der Ausstoß des Taupunktgenerators wird mindestens zehn Minuten lang durch das Probenahmesystem und den Kühlapparat geleitet, bis davon auszugehen ist, dass der Kühler eine konstante Wassermenge abscheidet.
- vii) Anschließend wird sofort wieder zur Flutung mit dem zur Bestimmung von  $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$  verwendeten  $\text{NO}_2$ -Kalibriergas zurückgewechselt. Für die Stabilisierung des gesamten  $\text{NO}_x$ -Ansprechverhaltens ist hinreichend Zeit vorzusehen, wobei nur Transportverzögerungen und das Ansprechverhalten des Messgeräts zu berücksichtigen sind. Aus 30 s an erfassten Gesamt- $\text{NO}_x$ -Daten wird ein Mittelwert berechnet und dieser Wert als  $x_{\text{NO}_x\text{meas}}$  aufgezeichnet.
- viii)  $x_{\text{NO}_x\text{meas}}$  wird auf der Grundlage der Wasserdampfdruckstände, die den Probentrockner mit der Austrittstemperatur und dem Austrittsdruck des Probentrockners durchströmt haben, zu  $x_{\text{NO}_x\text{dry}}$  korrigiert.

c) Leistungsbeurteilung:

Entspricht der Wert  $x_{\text{NO}_x\text{dry}}$  weniger als 95 % von  $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$  ist der Probentrockner instandzusetzen oder zu ersetzen.

8.1.11.5. Überprüfung der Umwandlung des  $\text{NO}_2$ -NO-Konverters

8.1.11.5.1. Umfang und Häufigkeit

Wird ein Analysator verwendet, der zur Ermittlung des  $\text{NO}_x$  nur NO misst, muss vor dem Analysator ein  $\text{NO}_2$ -NO-Konverter angebracht werden. Diese Überprüfung ist nach der Installation des Konverters, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten und binnen 35 Tagen vor einer Emissionsprüfung durchzuführen. Die Überprüfung ist mit dieser Häufigkeit zu wiederholen um sicherzustellen, dass die katalytische Wirkung des  $\text{NO}_2$ -NO-Konverters nicht abgenommen hat.

8.1.11.5.2. Messgrundsätze

Ein  $\text{NO}_2$ -NO-Konverter erlaubt die Bestimmung der Gesamt- $\text{NO}_x$  mit einem Analysator, der nur zur Messung von NO in der Lage ist, indem das  $\text{NO}_2$  im Abgas in NO umgewandelt wird.

8.1.11.5.3. Systemanforderungen

Ein  $\text{NO}_2$ -NO-Konverter muss bei der maximalen erwarteten  $\text{NO}_2$ -Konzentration die Messung von mindestens 95 % des gesamten  $\text{NO}_2$  ermöglichen.

8.1.11.5.4. Verfahren

Das nachstehende Verfahren dient zur Überprüfung der Leistung eines  $\text{NO}_2$ -NO-Konverters:

- a) Die Anweisungen der Hersteller des Analysators und des  $\text{NO}_2$ -NO-Konverters zur Inbetriebnahme und zum Betrieb der Geräte sind zu beachten. Analysator und Konverter sind zur Leistungsoptimierung nach Bedarf einzustellen.

- b) Der Eintritt eines Ozongenerators wird mit einer Nullluft- oder Sauerstoffquelle, der Austritt mit einem Anschluss eines 3-Wege-T-Stücks verbunden. Mit dem zweiten Anschluss wird ein NO-Justiergas und mit dem dritten Anschluss der Eintritt des NO<sub>2</sub>-NO-Konverters verbunden.
- c) Zur Durchführung dieser Überprüfung sind die folgenden Schritte erforderlich:
- i) Die Luftzufuhr des Ozongenerators wird unterbrochen, der Ozongenerator wird ausgeschaltet und der NO<sub>2</sub>-NO-Konverter wird in den Bypass-Modus (d. h. NO-Modus) versetzt. Für die Stabilisierung ist hinreichend Zeit vorzusehen, wobei nur Transportverzögerungen und das Ansprechverhalten des Messgeräts zu berücksichtigen sind.
  - ii) Der NO- und Nullgas-Durchsatz wird so eingestellt, dass sich die NO-Konzentration am Analysator an die während der Emissionsprüfung erwartete Gesamt-NO<sub>x</sub>-Spitzenkonzentration annähert. Der NO<sub>2</sub>-Gehalt des Gasgemischs muss weniger als 5 % der NO-Konzentration betragen. Die NO-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt. Dieser Wert ist als  $x_{\text{NOref}}$  aufzuzeichnen. Auf Empfehlung des Herstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete NO-Konzentration geringer ist als der vom Hersteller angeführte Mindestbereich für die Überprüfung.
  - iii) Die O<sub>2</sub>-Versorgung des Ozongenerators wird eingeschaltet und der O<sub>2</sub>-Durchsatz so eingestellt, dass der vom Analysator angezeigte NO-Wert ca. 10 % niedriger ist als  $x_{\text{NOref}}$ . Die NO-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt und als  $x_{\text{NO+O2mix}}$  aufgezeichnet.
  - iv) Der Ozongenerator wird eingeschaltet und die Ozonerzeugungsrate so eingestellt, dass das vom Analysator gemessene NO ca. 20 % des Werts  $x_{\text{NOref}}$  entspricht, während mindestens 10 % nicht umgesetztes NO verbleiben. Die NO-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt und als  $x_{\text{NOmeas}}$  aufgezeichnet.
  - v) Der NO<sub>x</sub>-Analysator wird in den NO<sub>x</sub>-Modus versetzt und die Gesamt-NO<sub>x</sub> werden gemessen. Die NO<sub>x</sub>-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt. Dieser Wert ist als  $x_{\text{NOmeas}}$  aufzuzeichnen.
  - vi) Der Ozongenerator wird ausgeschaltet, der Gasdurchfluss durch das System jedoch fortgesetzt. Der NO<sub>x</sub>-Analysator misst die im Gemisch aus NO und O<sub>2</sub> enthaltenen NO<sub>x</sub>. Die NO<sub>x</sub>-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt und als  $x_{\text{NOx+O2mix}}$  aufgezeichnet.
  - vii) Die O<sub>2</sub>-Versorgung wird ausgeschaltet. Der NO<sub>x</sub>-Analysator misst die im ursprünglichen NO-in-N<sub>2</sub>-Gemisch enthaltenen NO<sub>x</sub>. Die NO<sub>x</sub>-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt. Dieser Wert ist als  $x_{\text{NOref}}$  aufzuzeichnen. Dieser Wert darf nicht mehr als 5 % über dem Wert  $x_{\text{NOref}}$  liegen.
- d) Leistungsbeurteilung: Die Effizienz des NO<sub>x</sub>-Konverters wird durch Einfügen der ermittelten Konzentrationen in die Gleichung (A.4-26) berechnet:

$$\text{Efficiency}[\%] = \left( 1 + \frac{x_{\text{NOxmeas}} - x_{\text{NOx+O2mix}}}{x_{\text{NO+O2mix}} - x_{\text{NOmeas}}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.4-26})$$

- e) Entspricht das Ergebnis weniger als 95 %, muss der NO<sub>2</sub>-NO-Konverter repariert oder ausgetauscht werden.

#### 8.1.12. PM-Messungen

##### 8.1.12.1. Überprüfung von PM-Waage und Wägevorgang

###### 8.1.12.1.1. Umfang und Häufigkeit

In diesem Absatz werden drei unterschiedliche Überprüfungen beschrieben.

- a) Unabhängige Überprüfung der Leistung der PM-Waage binnen 370 Tagen vor der Wägung eines Filters

- b) Nullung und Justierung der Waage binnen zwölf Stunden vor der Wägung eines Filters
- c) Überprüfung, dass die Massenbestimmung der Vergleichsfilter vor und nach dem Filterwägedurchgang eine bestimmte Toleranz unterschreitet.

#### 8.1.12.1.2. Unabhängige Überprüfung

Der Waagenhersteller (oder ein von diesem autorisierter Bevollmächtigter) überprüft die Waagenleistung binnen 370 Tagen vor der Prüfung unter Berücksichtigung interner Auditverfahren.

#### 8.1.12.1.3. Nullung und Justierung

Die Leistung der Waage wird überprüft, indem sie mit mindestens einem Kalibriergewicht genullt und justiert wird. Für diese Überprüfung verwendete Gewichte müssen den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.2 dieses Anhangs entsprechen. Es kann ein manuelles oder ein automatisches Verfahren gewählt werden:

- a) Bei Anwendung eines manuellen Verfahrens muss die Waage mit mindestens einem Kalibriergewicht genullt und justiert werden. Wenn in der Regel Mittelwerte bestimmt werden, indem der Wägevorgang zur Erhöhung der Genauigkeit und Präzision der PM-Messungen wiederholt wird, muss bei der Überprüfung der Waagenleistung ebenso vorgegangen werden.
- b) Bei Anwendung eines automatischen Verfahrens dienen interne Kalibriergewichte zur automatischen Überprüfung der Waagenleistung. Für diese Überprüfung verwendete interne Kalibriergewichte müssen den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.2 dieses Anhangs entsprechen.

#### 8.1.12.1.4. Wägung von Vergleichsproben

Alle Massenablesungen während eines Wägedurchgangs sind durch Wägung von PM-Vergleichsmedien (z. B. Filter) vor und nach dem Durchgang zu überprüfen. Ein Wägedurchgang kann so kurz sein wie gewünscht, darf jedoch nicht länger als 80 Stunden dauern und kann sowohl Massenablesungen vor als auch nach der Prüfung beinhalten. Bei aufeinanderfolgenden Massenbestimmungen jedes PM-Vergleichsmediums muss sich derselbe Wert  $\pm 10 \mu\text{g}$  oder  $\pm 10 \%$  der erwarteten PM-Gesamtmasse ergeben, wobei der größere Wert gilt. Wird dieses Kriterium bei aufeinanderfolgenden Wägevorgängen von PM-Probenahmefiltern nicht erfüllt, werden alle zwischen den aufeinanderfolgenden Massenbestimmungen der Vergleichsfilter durchgeführten Massenablesungen für ungültig erklärt. Diese Filter können in einem anderen Wägedurchgang erneut gewogen werden. Wird ein Filter nach der Prüfung für ungültig erklärt, ist das Prüfintervall ungültig. Diese Überprüfung ist folgendermaßen durchzuführen:

- a) Mindestens zwei unbenutzte Exemplare von PM-Probenahmemedien sind in der PM-Stabilisierungsumgebung aufzubewahren. Diese dienen als Vergleichsproben. Als Vergleichsproben sind unbenutzte Filter aus demselben Material und in derselben Größe zu wählen.
- b) Vergleichsproben sind in der PM-Stabilisierungsumgebung zu stabilisieren. Vergleichsproben gelten als stabilisiert, wenn sie sich mindestens 30 min in der PM-Stabilisierungsumgebung befunden haben und die PM-Stabilisierungsumgebung zumindest in den vergangenen 60 min den Spezifikationen gemäß Absatz 9.3.4.4 dieses Anhangs entspricht hat.
- c) Die Waage wird mehrmals mit einer Vergleichsprobe getestet, ohne dass die Messwerte aufgezeichnet werden.
- d) Die Waage wird genullt und justiert. Eine Prüfmasse (beispielsweise ein Kalibriergewicht) wird auf die Waage gelegt und wieder entfernt, um sicherzustellen, dass die Waage innerhalb der normalen Stabilisierungszeit wieder einen akzeptablen Nullwert anzeigt.
- e) Jedes der Vergleichsmedien (z. B. Filter) wird gewogen und die jeweilige Masse wird aufgezeichnet. Wenn in der Regel Mittelwerte bestimmt werden, indem der Wägevorgang zur Erhöhung der Genauigkeit und Präzision der Ermittlung der Masse der Vergleichsmedien (z. B. Filter) wiederholt wird, muss bei der Ermittlung der Mittelwerte der Masse der Probenahmemedien (z. B. Filter) ebenso vorgegangen werden.
- f) Taupunkt, Umgebungstemperatur und Luftdruck in der Umgebung der Waage sind aufzuzeichnen.

- g) Die aufgezeichneten Umgebungsbedingungen dienen zur Korrektur der Ergebnisse um die Auftriebskraft gemäß Absatz 8.1.12.2 dieses Anhangs. Die auftriebsbereinigte Masse der Vergleichsmedien ist aufzuzeichnen.
- h) Die auftriebsbereinigte Vergleichsmasse jedes Vergleichsmediums (z. B. Filter) ist von seiner zuvor gemessenen und aufgezeichneten auftriebsbereinigten Masse abzuziehen.
- i) Verändert sich die ermittelte Masse eines Vergleichsfilters stärker als laut diesem Absatz zulässig, sind alle seit der letzten erfolgreichen Validierung der Masse des Vergleichsmediums (z. B. Filter) durchgeführten PM-Massenbestimmungen für ungültig zu erklären. PM-Vergleichsfilter dürfen ausgesondert werden, wenn sich nur eine der Filtermassen stärker als zulässig verändert hat und eine bestimmte Ursache für die Massenveränderung dieses Filters ausfindig gemacht werden kann, die sich auf die anderen verwendeten Filter nicht ausgewirkt hätte. Unter diesen Umständen kann die Validierung als erfolgreich gelten. Das verunreinigte Vergleichsmedium wird in diesem Fall nicht zur Ermittlung der Einhaltung der Vorgaben gemäß Buchstabe j dieses Absatzes herangezogen, sondern ausgesondert und ersetzt.
- j) Verändert sich eine der Vergleichsmassen stärker als laut diesem Absatz 8.1.12.1.4 dieses Anhangs zulässig, müssen alle zwischen den beiden Bestimmungen der Vergleichsmasse ermittelten PM-Ergebnisse für ungültig erklärt werden. Werden PM-Vergleichsmedien nach Buchstabe i dieses Absatzes ausgesondert, muss mindestens eine den Kriterien dieses Absatzes 8.1.12.1.4 dieses Anhangs entsprechende Vergleichsmassendifferenz vorliegen. Andernfalls müssen alle zwischen den beiden Massenbestimmungen der Vergleichsmedien (z. B. Filter) ermittelten PM-Ergebnisse für ungültig erklärt werden.

#### 8.1.12.2. Auftriebskorrektur für PM-Probenahmefilter

##### 8.1.12.2.1. Allgemeines

PM-Probenahmefilter sind um ihren Auftrieb in der Luft zu korrigieren. Die Auftriebskorrektur ist abhängig von der Dichte des Probenahmemediums, der Dichte der Luft und der Dichte des zur Kalibrierung der Waage verwendeten Kalibriergewichts. Der Auftrieb der PM selbst wird bei dieser Auftriebskorrektur nicht berücksichtigt, da in der Regel nur (0,01 bis 0,10) % des Gesamtgewichts auf die Masse der PM entfallen. Eine Korrektur dieses geringen Massenanteils würde maximal 0,010 % ausmachen. Die auftriebsbereinigten Werte bilden die Taramasse der PM-Proben. Diese auftriebsbereinigten Werte der vor der Emissionsprüfung gewogenen Filter werden anschließend von den auftriebsbereinigten Werten der entsprechenden nach der Prüfung gewogenen Filter abgezogen, um die Masse der während der Emissionsprüfung abgegebenen PM zu bestimmen.

##### 8.1.12.2.2. Dichte der PM-Probenahmefilter

Verschiedene PM-Probenahmefilter weisen unterschiedliche Dichtewerte auf. Zu verwenden ist die bekannte Dichte des Probenahmemediums bzw. einer der nachstehend genannten Dichtewerte einiger gängiger Probenahmemedien:

- a) Für PTFE-beschichtetes Borosilikatglas wird eine Dichte des Probenahmemediums von  $2300 \text{ kg/m}^3$  angenommen.
- b) Für PTFE-Membranmedien (Folie) mit integriertem Stützring aus Polymethylpenten, auf den 95 % der Medienmasse entfallen, wird eine Dichte des Probenahmemediums von  $920 \text{ kg/m}^3$  angenommen.
- c) Für PTFE-Membranmedien (Folie) mit integriertem Stützring aus PTFE wird eine Dichte des Probenahmemediums von  $2144 \text{ kg/m}^3$  angenommen.

##### 8.1.12.2.3. Luftdichte

Da die Umgebung der PM-Waage streng auf die Einhaltung einer Umgebungstemperatur von  $295 \pm 1 \text{ K}$  ( $22 \pm 1 \text{ °C}$ ) und eines Taupunkts von  $282,5 \pm 1 \text{ K}$  ( $9,5 \pm 1 \text{ °C}$ ) zu kontrollieren ist, handelt es sich bei der Luftdichte primär um eine Funktion des Luftdrucks. Aus diesem Grund ist eine Auftriebskorrektur vorgeschrieben, die nur eine Funktion des Luftdrucks darstellt.

## 8.1.12.2.4. Dichte des Kalibriergewichts

Die angegebene Dichte des Materials des Metall-Kalibriergewichts ist zu verwenden.

## 8.1.12.2.5. Berechnung des Korrekturwerts

Die Auftriebskorrektur für den PM-Probenahmefilter erfolgt anhand der Gleichung (A.4-27):

$$m_{\text{cor}} = m_{\text{uncor}} \cdot \left( \frac{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{weight}}}}{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{media}}}} \right) \quad (\text{A.4-27})$$

Dabei ist:

$m_{\text{cor}}$  = um Auftrieb bereinigte Masse des PM-Probenahmefilters

$m_{\text{uncor}}$  = Masse des PM-Probenahmefilters ohne Auftriebskorrektur

$\rho_{\text{air}}$  = Luftdichte in der Waagenumgebung

$\rho_{\text{weight}}$  = Dichte des zur Justierung der Waage verwendeten Kalibriergewichts

$\rho_{\text{media}}$  = Dichte des PM-Probenahmefilters

wobei

$$\rho_{\text{air}} = \frac{p_{\text{abs}} \cdot M_{\text{mix}}}{R \cdot T_{\text{amb}}} \quad (\text{A.4-28})$$

Dabei ist:

$p_{\text{abs}}$  = absoluter Druck in der Waagenumgebung

$M_{\text{mix}}$  = Molmasse der Luft in der Waagenumgebung

$R$  = molare Gaskonstante

$T_{\text{amb}}$  = absolute Umgebungstemperatur in der Waagenumgebung

## 8.2. Validierung der Messgeräte vor der Emissionsprüfung

## 8.2.1. Validierung der verhältnismäßigen Durchsatzregelung für Stichprobenahmen und des Mindestverdünnungsverhältnisses für PM-Stichprobenahmen

## 8.2.1.1. Kriterien der Verhältnismäßigkeit für CVS

## 8.2.1.1.1. Verhältnismäßige Durchsätze

Für jedes Paar von Durchflussmessgeräten sind die aufgezeichneten Proben- und Gesamtdurchsätze oder ihr 1-Hz-Mittel für die statistischen Berechnungen gemäß Anhang 5 Anlage A.3 anzuwenden. Die Standardabweichung vom Schätzwert (SEE) des Probendurchsatzes bezogen auf den Gesamtdurchsatz ist zu ermitteln. Für jedes Prüfintervall muss gezeigt werden, dass der SEE kleiner oder gleich 3,5 % des mittleren Probendurchsatzes war.

## 8.2.1.1.2. Konstante Durchsätze

Für jedes Paar von Durchflussmessgeräten ist anhand der aufgezeichneten Proben- und Gesamtdurchsätze oder ihres 1-Hz-Mittels zu zeigen, dass sich jeder Durchsatz konstant innerhalb von  $\pm 2,5\%$  seines jeweiligen mittleren Durchsatzes oder Sollwerts bewegt hat. Anstelle der Aufzeichnung des jeweiligen Durchsatzes jedes Messgerätetyps kann auf die folgenden Optionen zurückgegriffen werden:

- Venturirohr mit kritischer Strömung: Für Venturirohre mit kritischer Strömung sind die aufgezeichneten Bedingungen am Venturieintritt oder ihr 1-Hz-Mittel zu verwenden. Es ist zu zeigen, dass die Durchsatzdichte am Venturieintritt während jedes Prüfintervalls konstant bei  $\pm 2,5\%$  der mittleren Dichte oder des Sollwerts lag. Für das Venturirohr mit kritischer Strömung eines CVS kann dies gezeigt werden, indem nachgewiesen wird, dass die absolute Temperatur am Venturieintritt während jedes Prüfintervalls konstant bei  $\pm 4\%$  der mittleren absoluten Temperatur oder des Sollwerts lag.
- Verdrängerpumpe: Die aufgezeichneten Bedingungen am Pumpeneintritt oder ihr 1-Hz-Mittel ist zu verwenden. Es ist zu zeigen, dass die Durchsatzdichte am Pumpeneintritt während jedes Prüfintervalls konstant bei  $\pm 2,5\%$  der mittleren Dichte oder des Sollwerts lag. Für die Pumpe eines CVS kann dies gezeigt werden, indem nachgewiesen wird, dass die absolute Temperatur am Pumpeneintritt während jedes Prüfintervalls konstant bei  $\pm 2\%$  der mittleren absoluten Temperatur oder des Sollwerts lag.

## 8.2.1.1.3. Nachweis der Verhältnisgleichheit der Probenahmen

Für jede verhältnisgleiche Stichprobe wie einen Beutel oder PM-Filter ist zu zeigen, dass eine verhältnisgleiche Probenahme nach einem der nachstehend beschriebenen Verfahren erfolgt ist, wobei bis zu 5 % der Gesamtmenge der Messpunkte als Ausreißer unberücksichtigt bleiben können.

Nach bestem fachlichen Ermessen ist mithilfe einer technischen Analyse nachzuweisen, dass das Steuersystem für verhältnisgleiche Durchsätze an sich unter allen während der Emissionsprüfung zu erwartenden Umständen eine Verhältnisgleichheit der Probenahmen gewährleistet. Beispielsweise können CFV sowohl für den Probendurchsatz als auch für den Gesamtdurchsatz verwendet werden, wenn gezeigt wird, dass sie immer dieselben Eintrittsdrücke und -temperaturen aufweisen und immer unter kritischen Strömungsbedingungen betrieben werden.

Gemessene oder berechnete Durchsätze und/oder Spürgaskonzentrationen (z. B.  $\text{CO}_2$ ) dienen zur Ermittlung des Mindestverdünnungsverhältnisses für PM-Stichprobenahmen während des Prüfintervalls.

## 8.2.1.2. Validierung des Teilstrom-Verdünnungssystems

Zur Steuerung eines Teilstrom-Verdünnungssystems zur Entnahme einer verhältnisgleichen Rohabgasprobe ist ein rasches Ansprechen des Systems erforderlich; dies zeigt sich an der Schnelligkeit des Teilstrom-Verdünnungssystems. Die Wandlungszeit des Systems ist nach dem Verfahren von Absatz 8.1.8.6.3.2 zu bestimmen. Die tatsächliche Steuerung des Teilstrom-Verdünnungssystems beruht auf den aktuell gemessenen Bedingungen. Liegt die kombinierte Wandlungszeit des Abgasdurchsatzmesssystems und des Teilstromsystems bei  $\leq 0,3$  s, so sind Online-Steuerungssysteme zu verwenden. Überschreitet die Umwandlungszeit 0,3 s, muss eine auf einem zuvor aufgezeichneten Prüflauf basierende vorausschauende Steuerung (Look-ahead-Steuerung) verwendet werden. In diesem Fall muss die kombinierte Anstiegszeit  $\leq 1$  s und die kombinierte Ansprechverzögerung  $\leq 10$  s sein. Die Ansprechzeit des Gesamtsystems ist so auszulegen, dass eine dem Abgasmassendurchsatz verhältnisgleiche repräsentative Partikelprobe  $q_{mp,i}$  (Abgasprobendurchsatz am Eintritt des Teilstrom-Verdünnungssystems) entnommen wird. Zur Ermittlung der Verhältnisgleichheit ist eine Regressionsanalyse von  $q_{mp,i}$  bezogen auf  $q_{mew,i}$  (Massendurchsatz des Abgases, feucht) mit einer Datenerfassungsrate von mindestens 5 Hz vorzunehmen, wobei folgende Kriterien zu erfüllen sind:

- Der Korrelationskoeffizient  $r^2$  der linearen Regression zwischen  $q_{mp,i}$  und  $q_{mew,i}$  muss mindestens 0,95 betragen.
- Die Standardabweichung vom Schätzwert von  $q_{mp,i}$  gegenüber  $q_{mew,i}$  darf nicht größer als 5 % des Maximalwertes von  $q_{mp}$  sein.
- Der  $q_{mp}$ -Wert auf der Regressionsgeraden darf den Maximalwert von  $q_{mp}$  um höchstens  $\pm 2\%$  überschreiten.

Eine vorausschauende Steuerung ist erforderlich, wenn die kombinierte Wandlungszeit des Partikelsystems  $t_{50,p}$  und des Abgasmassendurchsatz-Signals  $t_{50,F} > 0,3$  s ist. In diesem Fall muss eine Vorprüfung durchgeführt werden, und das Abgasmassendurchsatz-Signal der Vorprüfung ist zur Steuerung des Probendurchsatzes in das Partikelsystem zu verwenden. Eine korrekte Steuerung des Teilstrom-Verdünnungssystems wird erreicht, wenn der in der Vorprüfung ermittelte Zeitverlauf von  $q_{mew,pre}$  auf dessen Basis  $q_{mp}$  gesteuert wird, um die „vorausschauende Zeit“  $t_{50,p} + t_{50,F}$  verschoben wird.

Zur Ermittlung der Korrelation zwischen  $q_{mp,i}$  und  $q_{mew,i}$  sind die Daten aus der eigentlichen Prüfung zu verwenden, wobei  $q_{mew,i}$  gegenüber  $q_{mp,i}$  um  $t_{50,F}$  zeitlich zu korrigieren ist (keine Korrektur um  $t_{50,p}$ ). Die Zeitverschiebung zwischen  $q_{mew}$  und  $q_{mp}$  entspricht der Differenz der in Absatz 8.1.8.6.3.2 dieses Anhangs bestimmten Wandlungszeiten.

## 8.2.2. Validierung des Messbereichs des Gasanalysators, Überprüfung und Korrektur der Drift

### 8.2.2.1. Validierung des Messbereichs

Wird ein Analysator zu einem beliebigen Zeitpunkt während der Prüfung mit mehr als 100 % seines Messbereichs betrieben, ist folgendermaßen vorzugehen:

#### 8.2.2.1.1. Stichprobenahme

Bei der Stichprobenahme muss die Probe unter Anwendung des niedrigsten Analysatorbereichs, der zu einem maximalen Ansprechen des Messgeräts unter 100 % führt, neuerlich analysiert werden. Das Ergebnis für die gesamte Prüfung ist ausgehend vom niedrigsten Bereich unter 100% des Bereichs, in dem der Analysator arbeitet, anzugeben.

#### 8.2.2.1.2. Kontinuierliche Probenahme

Bei der kontinuierlichen Probenahme muss die gesamte Prüfung unter Anwendung des nächsthöheren Analysatorbereichs wiederholt werden. Arbeitet der Analysator erneut über 100 % seines Bereichs, muss die Prüfung mit dem nächsthöheren Bereich wiederholt werden. Die Prüfung wird so lange wiederholt, bis der Analysator während der gesamten Prüfung immer unter 100 % seines Bereichs arbeitet.

### 8.2.2.2. Validierung und Korrektur der Drift

Liegt die Drift innerhalb von  $\pm 1\%$ , können die Daten entweder ohne Korrektur oder nach erfolgter Korrektur akzeptiert werden. Übersteigt die Drift  $\pm 1\%$ , sind für jeden Schadstoff zwei Sätze von bremspezifischen Emissionsergebnissen zu berechnen, andernfalls ist die Prüfung ungültig. Ein Satz wird anhand von Daten vor der Driftkorrektur berechnet, der andere nach der Driftkorrektur sämtlicher Daten gemäß Anhang 5 Anlage A.1 Absatz A.1.6 und Anhang 5 Anlage A.2 Absatz A.2.10. Der Vergleich muss als Prozentanteil der nicht korrigierten Werte ausgedrückt werden. Die Differenz zwischen nicht korrigierten und korrigierten bremspezifischen Emissionswerten muss innerhalb von  $\pm 4\%$  der nicht korrigierten bremspezifischen Emissionswerte liegen. Andernfalls ist die gesamte Prüfung ungültig.

## 8.2.3. Vorkonditionierung und Ermittlung des Taragewichts der PM-Probenahmemedien (z. B. Filter)

Vor einer Emissionsprüfung sind die PM-Probenahmemedien und die Ausrüstung für die PM-Messungen folgendermaßen vorzubereiten:

### 8.2.3.1. Regelmäßige Überprüfungen

Es ist sicherzustellen, dass die Waagenumgebung und die PM-Stabilisierungsumgebung den regelmäßigen Überprüfungen gemäß Absatz 8.1.12 dieses Anhangs standhalten. Der Vergleichsfilter ist unmittelbar vor den Prüffiltern zu wiegen, um einen geeigneten Bezugspunkt festzulegen (für weitere Informationen zum Verfahren siehe Absatz 8.1.12.1 dieses Anhangs). Die Überprüfung der Stabilität der Vergleichsfilter muss nach der Stabilisierungsphase im Anschluss an die Prüfung und unmittelbar vor der Wägung nach der Prüfung erfolgen.

### 8.2.3.2. Sichtprüfung

Der unbenutzte Probenahmefilter ist einer Sichtprüfung auf Beschädigungen zu unterziehen. Schadhafte Filter sind auszusondern.

### 8.2.3.3. Erdung

Zur Handhabung von PM-Filtern gemäß Absatz 9.3.4 dieses Anhangs ist eine elektrisch geerdete Pinzette oder ein Erdungsband zu verwenden.

### 8.2.3.4. Unbenutzte Probenahmemedien

Unbenutzte Probenahmemedien sind in einem oder mehreren offenen Behältern in der PM-Stabilisierungsumgebung aufzubewahren. Werden Filter verwendet, können diese im Unterteil einer Filterkassette aufbewahrt werden.

### 8.2.3.5. Stabilisierung

Probenahmemedien sind in der PM-Stabilisierungsumgebung zu stabilisieren. Ein unbenutztes Probenahmemedium gilt als stabilisiert, wenn es sich mindestens 30 min in der PM-Stabilisierungsumgebung befunden hat und diese PM-Stabilisierungsumgebung den Spezifikationen gemäß Absatz 9.3.4 entsprochen hat. Wenn jedoch eine PM-Masse von 400 µg oder mehr erwartet wird, dann muss das Probenahmemedium für mindestens 60 Minuten stabilisiert werden.

## 8.2.3.6. Wägung

Das Probenahmemedium wird automatisch oder manuell gewogen. Dabei ist folgendermaßen vorzugehen:

- a) Bei der automatischen Wägung sind die Anweisungen des Herstellers des Automatisierungssystems zur Vorbereitung der Proben für die Wägung zu beachten.
- b) Bei der manuellen Wägung ist nach bestem fachlichen Ermessen vorzugehen.
- c) Optional ist eine Substitutionswägung zulässig (siehe Absatz 8.2.3.10 dieses Anhangs).
- d) Sobald ein Filter gewogen ist, wird er zurück in die Petrischale gelegt und abgedeckt.

## 8.2.3.7. Auftriebskorrektur

Das gemessene Gewicht ist einer Auftriebskorrektur gemäß Absatz 8.1.12.2 dieses Anhangs zu unterziehen.

## 8.2.3.8. Wiederholung

Die Messungen der Filtermasse können nach bestem fachlichen Ermessen zur Ermittlung der durchschnittlichen Masse des Filters und zum Ausschluss von Ausreißern bei der Durchschnittsberechnung wiederholt werden.

## 8.2.3.9. Ermittlung des Taragewichts

Unbenutzte Filter, deren Taragewicht ermittelt wurde, sind in saubere Filterkassetten zu stecken, die in einem zugedeckten oder verschlossenen Behälter zur Probenahme zum Prüfstand gebracht werden müssen.

## 8.2.3.10. Substitutionswägung

Eine Substitutionswägung ist möglich. Dabei wird vor und nach der Wägung eines PM-Probenahmemediums (z. B. Filter) ein Vergleichsgewicht gewogen. Bei der Substitutionswägung muss zwar eine höhere Anzahl an Messungen durchgeführt werden, dafür wird jedoch die Nullpunktdrift einer Waage korrigiert und Linearität ist nur innerhalb eines kleinen Bereichs erforderlich. Dieses Verfahren ist das geeignetste zur Messung von PM-Gesamtmassen, die weniger als 0,1 % der Masse des Probenahmemediums ausmachen. Es kann jedoch ungeeignet sein, wenn die PM-Gesamtmasse 1 % der Masse des Probenahmemediums überschreitet. Wird die Substitutionswägung gewählt, muss sie sowohl für die Wägung vor als auch nach der Prüfung eingesetzt werden. Für die Wägung vor und nach der Prüfung ist dasselbe Substitutionsgewicht zu verwenden. Die Masse des Substitutionsgewichts ist einer Auftriebskorrektur zu unterziehen, wenn seine Dichte weniger als  $2,0 \text{ g/cm}^3$  beträgt. Nachstehend eine beispielhafte Auflistung der Verfahrensschritte bei einer Substitutionswägung:

- a) Es ist eine elektrisch geerdete Pinzette oder ein Erdungsband gemäß Absatz 9.3.4.6 dieses Anhangs zu verwenden.
- b) Zur Minimierung der elektrostatischen Ladung ist jedes Objekt, bevor es in die Waagschale gelegt wird, mit einem Elektrostatik-Neutralisator gemäß Absatz 9.3.4.6 dieses Anhangs zu neutralisieren.
- c) Es ist ein Substitutionsgewicht zu verwenden, das den Spezifikationen für Kalibriergewichte gemäß Absatz 9.5.2 dieses Anhangs entspricht. Das Substitutionsgewicht muss außerdem dieselbe Dichte aufweisen wie das zur Justierung der Mikrowaage verwendete Gewicht und seine Masse muss der eines unbenutzten Probenahmemediums (z. B. Filter) entsprechen. Werden Filter verwendet, muss die Masse des Gewichts bei üblichen Filtern mit 47 mm Durchmesser ca. 80 bis 100 mg betragen.
- d) Der Messwert der stabilisierten Waage wird aufgezeichnet und das Kalibriergewicht entfernt.
- e) Ein unbenutztes Probenahmemedium (z. B. ein neuer Filter) wird gewogen und der Messwert der stabilisierten Waage sowie der Taupunkt, die Umgebungstemperatur und der Luftdruck in der Waagenumgebung werden aufgezeichnet.
- f) Das Kalibriergewicht wird erneut gewogen und der Messwert der stabilisierten Waage aufgezeichnet.
- g) Das arithmetische Mittel der beiden Messwerte des Kalibriergewichts, die unmittelbar vor und nach der Wägung des unbenutzten Probenahmemediums aufgezeichnet wurden, wird berechnet. Dieser Mittelwert wird vom Messwert des unbenutzten Probenahmemediums abgezogen und anschließend wird die tatsächliche Masse des Kalibriergewichts laut der Angabe auf dem Zertifikat des Kalibriergewichts addiert. Dieses Ergebnis ist aufzuzeichnen. Dabei handelt es sich um das Taragewicht des unbenutzten Probenahmemediums ohne Auftriebskorrektur.

h) Diese Schritte zur Substitutionswägung sind für alle weiteren unbenutzten Probenahmemedien zu wiederholen.

i) Nach Abschluss der Wägung ist den Anweisungen in den Absätzen 8.2.3.7 bis 8.2.3.9 dieses Anhangs zu folgen.

#### 8.2.4. Konditionieren und Wägen von Feinstaubproben nach der Prüfung

Benutzte PM-Filter müssen in abgedeckten oder verschlossenen Behältern aufbewahrt werden, oder die Filterträger müssen verschlossen sein, damit die Probefilter vor Kontaminierung durch die Umwelt geschützt sind. Die so geschützten beladenen Filter sind in die Konditionierungskammer oder den Konditionierungsraum für die PM-Filter zurückzubringen. Anschließend sind die PM-Filter entsprechend zu konditionieren und zu wägen.

##### 8.2.4.1. Regelmäßige Überprüfung

Es ist sicherzustellen, dass die Wägemgebung und die PM-Stabilisierungsumgebung den regelmäßigen Überprüfungen gemäß Absatz 8.1.12.1 dieses Anhangs standgehalten haben. Nach Abschluss der Prüfung sind die Filter in die Wäge- und PM-Stabilisierungsumgebung zurückzubringen. Die Wäge- und PM-Stabilisierungsumgebung muss den Anforderungen an die Umgebungsbedingungen gemäß Absatz 9.3.4.4 dieses Anhangs entsprechen; andernfalls sind die Prüffilter abgedeckt zu lassen, bis die geforderten Bedingungen eingehalten werden.

##### 8.2.4.2. Entnahme aus den verschlossenen Behältern

Die PM-Proben werden in der PM-Stabilisierungsumgebung aus den verschlossenen Behältern entnommen. Filter können vor oder nach der Stabilisierung aus ihren Kassetten entfernt werden. Zur Entnahme eines Filters aus einer Kassette wird das Oberteil der Kassette mithilfe eines zu diesem Zweck entwickelten Kassettentrenners vom Unterteil getrennt.

##### 8.2.4.3. Elektrische Erdung

Zur Handhabung von PM-Proben ist eine elektrisch geerdete Pinzette oder ein Erdungsband gemäß Absatz 9.3.4.5 zu verwenden.

##### 8.2.4.4. Sichtprüfung

Die abgeschiedenen PM-Proben und die zugehörigen Filtermedien sind einer Sichtprüfung zu unterziehen. Scheint der Zustand des Filters oder der abgeschiedenen PM-Probe beeinträchtigt oder berührt die Partikelmaterie eine andere Oberfläche als den Filter, darf die Probe nicht zur Ermittlung von Partikelemissionen verwendet werden. Bei Kontakt mit einer anderen Oberfläche muss die betreffende Oberfläche vor dem Fortfahren gereinigt werden.

##### 8.2.4.5. Stabilisierung von PM-Proben

Zur Stabilisierung von PM-Proben werden diese in einem oder mehreren offenen Behältern in der PM-Stabilisierungsumgebung aufbewahrt, wie in Absatz 9.3.4.3 dieses Anhangs beschrieben. Eine PM-Probe ist stabilisiert, wenn sie sich während einer der nachstehend genannten Fristen in der PM-Stabilisierungsumgebung befunden hat und diese PM-Stabilisierungsumgebung den Spezifikationen gemäß Absatz 9.3.4.3 (siehe weiter unten) entsprochen hat:

- a) Ist davon auszugehen, dass die PM-Oberflächen-Gesamtkonzentration eines Filters bei einer PM-Beladung von  $400 \mu\text{g}$  auf einem wirksamen Filterbereich mit  $38 \text{ mm}$  Durchmesser  $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$  überschreitet, muss sich der Filter vor der Wägung mindestens  $60 \text{ min}$  in der Stabilisierungsumgebung befinden.
- b) Ist davon auszugehen, dass die PM-Oberflächen-Gesamtkonzentration eines Filters  $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$  unterschreitet, muss sich der Filter vor der Wägung mindestens  $30 \text{ min}$  in der Stabilisierungsumgebung befinden.
- c) Ist die PM-Oberflächen-Gesamtkonzentration eines Filters während der Prüfung unbekannt, muss sich der Filter vor der Wägung mindestens  $60 \text{ min}$  in der Stabilisierungsumgebung befinden.

##### 8.2.4.6. Ermittlung der Filtermasse nach der Prüfung

Zur Ermittlung der Filtermasse nach der Prüfung sind die Verfahren gemäß Absatz 8.2.3 (Absätze 8.2.3.6 bis 8.2.3.9 dieses Anhangs) zu wiederholen.

## 8.2.4.7. Gesamtmasse

Jede auftriebsbereinigte Taramasse eines Filters wird von der entsprechenden auftriebsbereinigten Filtermasse nach der Prüfung abgezogen. Das Ergebnis entspricht der Gesamtmasse  $m_{\text{total}}$ , die für die Emissionsberechnungen gemäß Anhang 5 heranzuziehen ist.

## 9. MESSEINRICHTUNGEN

## 9.1. Spezifikation des Motorleistungsprüfstands

## 9.1.1. Arbeit der Kurbelwelle

Der verwendete Motorprüfstand muss zur Durchführung des entsprechenden Lastzyklus geeignet sein und bestimmten Kriterien für die Validierung der Lastzyklen entsprechen. Die folgenden Prüfstände können eingesetzt werden:

- a) Prüfstände mit Wirbelstrom- oder Wasserwirbelbremsen
- b) Prüfstände mit Wechselstrom- oder Gleichstrommotor
- c) einer oder mehrere Prüfstände.

## 9.1.2. Dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC)

Zur Messung des Drehmoments werden Kraftaufnehmer oder zwischengeschaltete Drehzahlmesser verwendet.

Bei Verwendung eines Kraftaufnehmers wird das Drehmomentsignal auf die Motorachse übertragen, wobei die Trägheit des Leistungsprüfstands zu berücksichtigen ist. Tatsächliches Motordrehmoment ist das auf dem Kraftaufnehmer abgelesene Drehmoment plus das Trägheitsmoment der Bremsen multipliziert mit der Winkelbeschleunigung. Das Kontrollsystem muss eine solche Berechnung in Echtzeit durchführen.

## 9.1.3. Nebenaggregate des Motors

Die Arbeit von Nebenaggregaten, die zur Kraftstoffversorgung, Schmierung oder Beheizung des Motors, zur Umwälzung der Kühlflüssigkeit für den Motor oder zum Betrieb von Nachbehandlungsanlagen erforderlich sind, ist zu berücksichtigen. Die Nebenaggregate sind gemäß Absatz 6.3 zu installieren.

## 9.1.4. Befestigung des Motors und Antriebswellensystem (Klasse NRSh)

Soweit dies für die ordnungsgemäße Prüfung eines Motors der Klasse NRSh erforderlich ist, sind für die Befestigung des Motors am Prüfstand und für die Kraftübertragung zur Verbindung mit dem rotierenden System des Prüfstandes die vom Hersteller vorgeschriebenen Systeme zu verwenden.

## 9.2. Verdünnungsverfahren (wenn erforderlich)

## 9.2.1. Voraussetzungen für Verdünnungsgase und Hintergrundkonzentrationen

Gasförmige Bestandteile können in rohem oder verdünntem Zustand gemessen werden. Die Verdünnung kann mit einem Vollstrom- oder Teilstrom-Verdünnungssystem erfolgen. Das Abgas kann mit Umgebungsluft, synthetischer Luft oder Stickstoff verdünnt werden. Zur Messung von gasförmigen Emissionen muss die Temperatur des Verdünnungsgases mindestens 288 K (15 °C) betragen. Die Spezifikationen für die Temperatur des Verdünnungsgases zur PM-Probenahme sind für CVS in Absatz 9.2.2 bzw. für PFD mit unterschiedlichem Verdünnungsverhältnis in Absatz 9.2.3 dieses Anhangs enthalten. Die Durchflussleistung des Verdünnungssystems muss so groß sein, dass die Wasserkondensierung im Verdünnungs- und im Probenahmesystem vollständig verhindert wird. Bei hoher Luftfeuchtigkeit ist es zulässig, die Verdünnungsluft vor der Einleitung in das Verdünnungssystem zu entfeuchten. Die Wände des Verdünnungstunnels ebenso wie das Hauptstromrohr nach dem Tunnel können beheizt oder isoliert werden, um den Niederschlag wasserhaltiger Bestandteile aus der gasförmigen in die flüssige Phase („Wasserkondensierung“) zu vermeiden.

Vor der Vermischung eines Verdünnungsgases mit dem Abgas kann es durch Erhöhung oder Absenkung seiner Temperatur oder Feuchtigkeit vorkonditioniert werden. Aus dem Verdünnungsgas können Bestandteile abgeschieden werden, um deren Hintergrundkonzentrationen zu verringern. Zum Abscheiden von Bestandteilen bzw. zur Berücksichtigung von Hintergrundkonzentrationen gelten die folgenden Bestimmungen:

- a) Konzentrationen bestimmter Bestandteile im Verdünnungsgas können gemessen und ihre Hintergrundeffekte auf die Prüfergebnisse können kompensiert werden. Siehe Anhang 5 für Berechnungen zur Kompensation von Hintergrundkonzentrationen.
- b) Die folgenden Änderungen an den Anforderungen der Absätze 7.2, 9.3 und 9.4 dieses Anhangs sind zulässig zur Messung der gasförmigen Schadstoffe oder luftverunreinigenden Partikel:
  - i) Eine verhältnismäßige Beprobung ist nicht erforderlich.
  - ii) Unbeheizte Probenahmesysteme können verwendet werden.
  - iii) Die Probenahme darf unabhängig von der Stichprobenahme bei verdünnten Emissionen kontinuierlich erfolgen.
  - iv) Die Stichprobenahme darf unabhängig von der kontinuierlichen Probenahme bei verdünnten Emissionen als Stichprobenahme erfolgen.
- c) Hintergrund-PM können folgendermaßen berücksichtigt werden:
  - i) Zum Abscheiden von Hintergrund-PM ist das Verdünnungsgas mit Hochleistungsschwebstoff-Filtern (HEPA-Filtern) mit einem anfänglichen Mindestabscheidegrad von 99,97 % zu filtern (für Verfahren im Zusammenhang mit HEPA-Filterwirkungsgraden siehe Absatz 2.1.42 dieser Regelung).
  - ii) Zur Bereinigung von Hintergrund-PM ohne HEPA-Filterung dürfen nicht mehr als 50 % der mit dem Probenahmefilter abgeschiedenen Netto-PM auf die Hintergrund-PM entfallen.
  - iii) Hintergrundkorrekturen der Netto-PM mittels HEPA-Filtration sind ohne Druckbeschränkung zulässig.

#### 9.2.2. Vollstrom-Verdünnungssystem

Vollstrom-Verdünnung; Probenahme mit konstantem Volumen (Constant Volume Sampling - CVS). Der Vollstrom des Rohabgases wird in einem Verdünnungstunnel verdünnt. Ein konstanter Durchsatz kann gewährleistet werden, indem Temperatur und Druck am Durchflussmessgerät innerhalb der Grenzwerte gehalten werden. Ein nicht konstanter Durchsatz ist unmittelbar zu messen, um eine Verhältnismäßigkeit der Probenahmen zu erlauben. Das System ist folgendermaßen auszulegen (siehe Abbildung A.4-5):

- a) Die Innenflächen des verwendeten Tunnels müssen aus rostfreiem Stahl bestehen. Der gesamte Verdünnungstunnel muss elektrisch geerdet sein. Alternativ können bei Motorklassen, für die weder bei der Partikelmasse noch bei der Partikelzahl Grenzwerte gelten, nichtleitende Werkstoffe verwendet werden.
- b) Der Gegendruck des Auspuffsystems darf durch das Verdünnungsluft-Einlasssystem nicht künstlich gesenkt werden. Der statische Druck an der Stelle, an der Rohabgas in den Tunnel eingeleitet wird, muss innerhalb von  $\pm 1,2$  kPa des Luftdrucks gehalten werden.
- c) Zur besseren Vermischung sollte das Rohabgas stromabwärts entlang der Mittellinie in den Tunnel eingeleitet werden. Eine Verdünnungsluftfraktion kann radial von der Tunnelinnenfläche aus eingeleitet werden, um die Interaktion des Abgases mit den Tunnelwänden möglichst gering zu halten.
- d) Zur PM-Probenahme muss die Temperatur der Verdünnungsgase (Umgebungsluft, synthetische Luft oder Stickstoff gemäß Absatz 9.2.1 dieses Anhangs) in unmittelbarer Nähe des Eintritts des Verdünnungstunnels zwischen 293 und 325 K (20 und 52 °C) gehalten werden.

- e) Die Reynolds-Zahl  $Re$  für den verdünnten Abgasstrom muss mindestens 4000 betragen, wobei  $Re$  auf dem Innendurchmesser des Verdünnungstunnels basiert.  $Re$  ist in Anhang 5 definiert. Die ordnungsgemäße Vermischung wird überprüft, indem eine Probenahmesonde vertikal und horizontal durch den Durchmesser des Tunnels geführt wird. Zeigt der Messwert des Analysators eine Abweichung von mehr als  $\pm 2\%$  von der mittleren gemessenen Konzentration, muss das CVS mit einem höheren Durchsatz betrieben werden oder zur Verbesserung der Durchmischung wird eine Mischplatte bzw. -blende angebracht.
- f) Vorkonditionierung für die Durchsatzmessung. Vor der Messung des Durchsatzes kann das verdünnte Abgas vorkonditioniert werden, sofern diese Konditionierung nach den beheizten HC- oder PM-Probenahmesonden erfolgt und folgendermaßen vorgegangen wird:
- i) Es können Strömungsgleichrichter und/oder Pulsationsdämpfer verwendet werden.
  - ii) Ein Filter kann verwendet werden.
  - iii) Zur Temperaturkontrolle vor einem Durchflussmessgerät kann ein Wärmetauscher eingesetzt werden; allerdings sind Maßnahmen zu treffen, um eine Wasserkondensierung zu vermeiden.
- g) Wasserkondensierung.

Die Wasserkondensierung ist abhängig von der Feuchtigkeit, dem Druck, der Temperatur und den Konzentrationen anderer Bestandteile, etwa der Schwefelsäure. Diese Parameter ändern sich in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit der Motor-Ansaugluft, der Feuchtigkeit der Verdünnungsluft, dem Verhältnis Luft zu Kraftstoff des Motors und der Kraftstoffzusammensetzung — einschließlich der im Kraftstoff enthaltenen Mengen von Wasserstoff und Schwefel.

Um zu gewährleisten, dass ein Durchfluss gemessen wird, der einer gemessenen Konzentration entspricht, wird entweder die Wasserkondensierung zwischen der Position der Probenahmesonde und dem Eintritt des Durchflussmessgeräts in den Verdünnungstunnel verhindert, oder die Wasserkondensierung wird zugelassen und die Feuchtigkeit am Einlass des Durchflussmessgeräts gemessen. Die Wände des Verdünnungstunnels oder das Hauptstromrohr nach dem Tunnel können beheizt oder isoliert werden, um eine Wasserkondensierung zu vermeiden. Eine Wasserkondensierung ist im gesamten Verdünnungstunnel zu verhindern. Bestimmte Abgasbestandteile können durch das Vorhandensein von Feuchtigkeit verdünnt oder beseitigt werden.

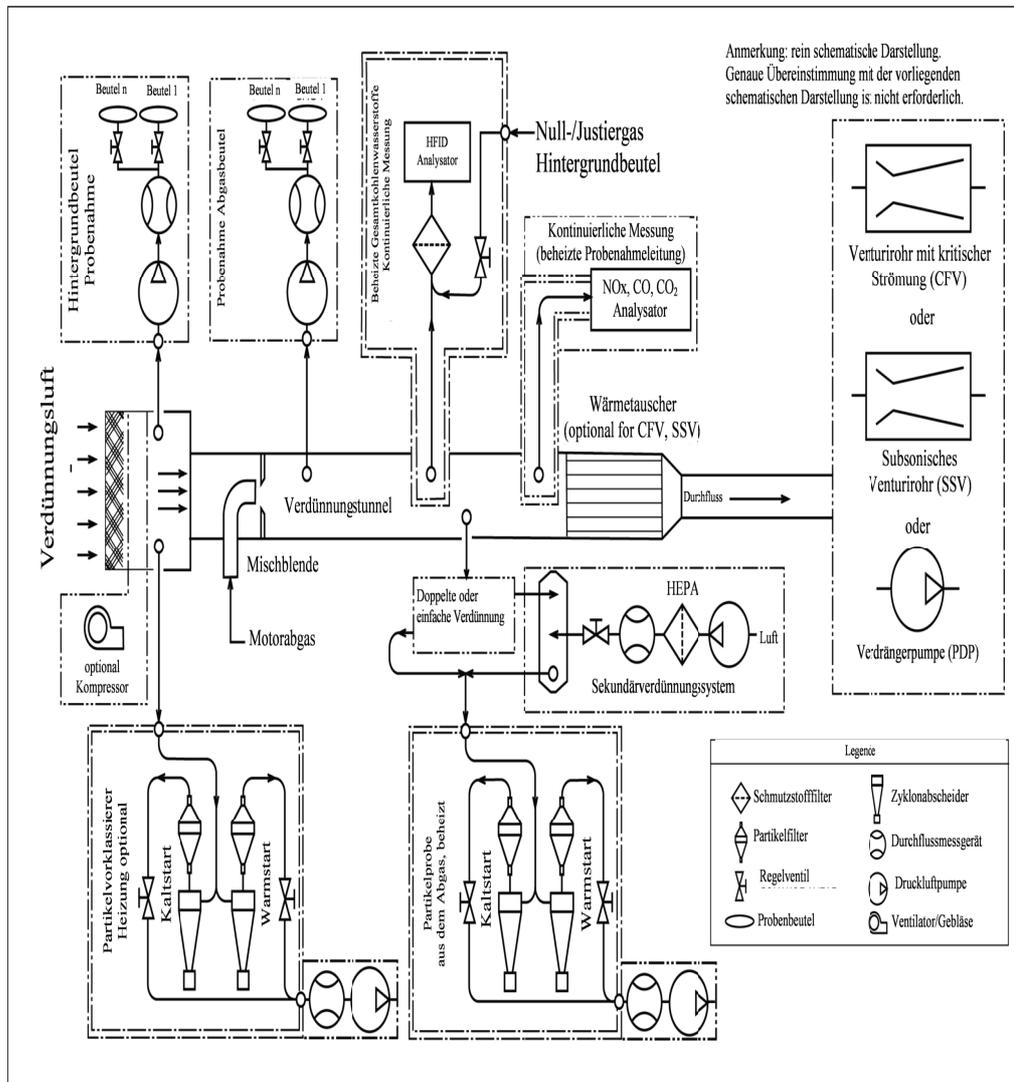
Bei der PM-Probenahme wird der vom CVS kommende, bereits verhältnismäßige Durchsatz (ein oder mehrmals) einer Sekundärverdünnung unterzogen, um das erforderliche Gesamtverdünnungsverhältnis zu erreichen, wie in Abbildung A.4-6 dargestellt und in Absatz 9.2.3.2 dieses Anhangs ausgeführt.

- h) Das minimale Gesamtverdünnungsverhältnis muss im Bereich von 5:1 bis 7:1 liegen und basierend auf dem maximalen Motorabgasdurchsatz während des Prüfzyklus oder Prüfintervalls für die primäre Verdünnungsstufe mindestens 2:1 betragen.
- i) Die Gesamtverweildauer im System muss, gemessen vom Punkt der Einleitung des Verdünnungsgases in den bzw. die Filterhalter, zwischen 0,5 und 5 s betragen.
- j) Die Verweildauer im Sekundärverdünnungssystem, sofern vorhanden, muss, gemessen vom Punkt der Einleitung des Sekundärverdünnungsgases in den bzw. die Filterhalter, mindestens 0,5 s betragen.

Zur Bestimmung der Partikelmasse sind ein Partikel-Probenahmesystem, ein Partikel-Probenahmefilter, eine gravimetrische Waage und eine Wägekammer mit kontrollierter Temperatur und Luftfeuchtigkeit erforderlich.

Abbildung A.4-5

## Beispiele für Probenahmekonfigurationen mit Vollstrom-Verdünnung



## 9.2.3. Teilstrom-Verdünnungssystem (PFD)

## 9.2.3.1. Beschreibung des Teilstromsystems

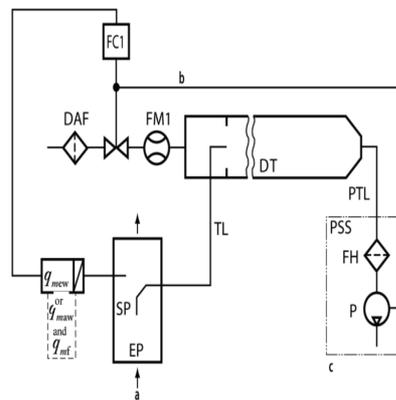
Abbildung A.4-6 zeigt eine schematische Darstellung eines PFD-Systems. Der schematische Überblick bildet die Grundsätze der Probenextraktion, -verdünnung und PM-Probenahme ab. Die Darstellung ist nicht so zu verstehen, dass alle abgebildeten Komponenten für potenzielle andere zur Abscheidung von Proben geeignete Probenahmesysteme unerlässlich sind. Andere Konfigurationen, die von der Darstellung abweichen, sind unter der Voraussetzung zulässig, dass sie demselben Zweck der Abscheidung und Verdünnung von Proben und der PM-Probenahme dienen. Sie müssen zudem weiteren Kriterien, wie beispielsweise den Anforderungen dieses Anhangs gemäß Absatz 8.1.8.6 (regelmäßige Kalibrierung) und 8.2.1.2 (Validierung) für PFD mit unterschiedlicher Verdünnung sowie Absatz 8.1.4.5 und Tabelle A.4-5 (Linearitätsprüfung) und Absatz 8.1.8.5.7 (Überprüfung) bei PFD mit konstanter Verdünnung genügen.

Wie in Abbildung A.4-6 dargestellt, muss das Rohabgas oder der primärverdünnte Strom vom Auspuffrohr EP bzw. vom CVS durch die Probenahmesonde SP und die Übertragungsleitung TL in den Verdünnungstunnel DT geleitet werden. Der Gesamtdurchsatz durch den Tunnel wird mit einem Durchsatzregler und der Probenahmepumpe P des Partikel-Probenahmesystems PSS eingestellt. Zur Entnahme einer verhältnismässigen Rohabgasprobe wird der Verdünnungsluftdurchsatz über den Durchsatzregler FC1 kontrolliert, der  $q_{mew}$  (Massendurchsatz des Abgases, feucht) oder  $q_{maw}$  (Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht) und  $q_{mf}$  (Massendurchsatz des Kraftstoffs) als Steuersignale zur Herbeiführung der gewünschten Abgasteilung verwenden kann. Der Probedurchsatz in den Verdünnungstunnel DT entspricht der Differenz aus dem Gesamtdurchsatz und dem Verdünnungsluftdurchsatz. Der Verdünnungsluftdurchsatz wird mit dem Durchsatzmessgerät FM1 und der Gesamtdurchsatz mit dem Durchsatzmessgerät des Partikel-Probenahmesystems gemessen. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand dieser beiden Durchsätze berechnet. Bei der Probenahme mit einem konstanten Verdünnungsverhältnis zwischen rohem und verdünntem Abgas bezogen auf den Abgasdurchsatz (z. B. Sekundärverdünnung für PM-Probenahme) bleibt der Verdünnungsluftdurchsatz in der Regel konstant und wird über den Durchsatzregler FC1 oder die Verdünnungsluftpumpe kontrolliert.

Die Verdünnungsluft (Umgebungsluft, synthetische Luft oder Stickstoff) ist mit einem Hochleistungsschwebstoff-Filter (HEPA-Filter) zu filtern

Abbildung A.4-6

### Schematische Darstellung eines Teilstrom-Verdünnungssystems (Gesamtprobenahme)



- a = Abgasstrom oder primärverdünnter Strom
- b = Wahlweise
- c = PM-Probenahme

Komponenten der Abbildung A.4-6:

DAF = Verdünnungsluftfilter — Die Verdünnungsluft (Umgebungsluft, synthetische Luft oder Stickstoff) ist mit einem Hochleistungsschwebstoff-Filter (HEPA-Filter) zu filtern

DT = Verdünnungstunnel oder Sekundärverdünnungssystem

EP = Auspuffrohr oder Primärverdünnungssystem

FC1 = Durchflussregler

FH = Filterhalter

FM1 = Durchflussmessgerät zur Messung des Verdünnungsluftdurchsatzes

P = Probenahmepumpe

PSS = PM-Probenahmesystem

PTL = PM-Übertragungsleitung

SP = Probenahmesonde für Rohabgas oder verdünntes Abgas

TL = Übertragungsleitung

Massendurchsätze nur für PFD zur Entnahme einer verhältnismässigen Rohabgasprobe, dabei ist:

$q_{mew}$  = Massendurchsatz des Abgases, feucht

$q_{maw}$  = Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht

$q_{mf}$  = Massendurchsatz des Kraftstoffs

#### 9.2.3.2. Verdünnung

Die Temperatur der Verdünnungsgase (Umgebungsluft, synthetische Luft oder Stickstoff gemäß Absatz 9.2.1) in unmittelbarer Nähe des Eintritts des Verdünnungstunnels muss zwischen 293 und 325 K (20 und 52 °C) gehalten werden.

Die Entfeuchtung der Verdünnungsluft vor Eintritt in das Verdünnungssystem ist zulässig. Das Teilstrom-Verdünnungssystem muss so ausgelegt sein, dass es aus dem Abgasstrom des Motors eine verhältnismässige Rohabgasprobe entnimmt und folglich Ausschläge des Abgasdurchsatzes mitvollzieht und diese Probe mit Verdünnungsluft vermischt, sodass am Prüffilter eine Temperatur gemäß Absatz 9.3.3.4.3 dieses Anhangs erreicht wird. Dafür ist es wesentlich, dass das Verdünnungsverhältnis in einer Weise bestimmt wird, welche die Genauigkeitsanforderungen gemäß Absatz 8.1.8.6.1 dieses Anhangs erfüllt.

Um zu gewährleisten, dass ein Durchfluss gemessen wird, der einer gemessenen Konzentration entspricht, wird entweder die Wasserkondensierung zwischen der Position der Probenahmesonde und dem Eintritt des Durchflussmessgeräts in den Verdünnungstunnel verhindert, oder die Wasserkondensierung wird zugelassen und die Feuchtigkeit am Einlass des Durchflussmessgeräts gemessen. Das PFD-System kann beheizt oder isoliert werden, um eine Wasserkondensierung zu vermeiden. Eine Wasserkondensierung ist im gesamten Verdünnungstunnel zu verhindern.

Das minimale Verdünnungsverhältnis muss, basierend auf dem maximalen Motorabgasdurchsatz während des Prüfzyklus oder Prüfintervalls, im Bereich von 5:1 bis 7:1 liegen.

Die Verweildauer im System muss, gemessen vom Punkt der Einleitung des Verdünnungsgases in den bzw. die Filterhalter, zwischen 0,5 und 5 s betragen.

Zur Bestimmung der Partikelmasse sind ein Partikel-Probenahmesystem, ein Partikel-Probenahmefilter, eine gravimetrische Waage und eine Wägekammer mit kontrollierter Temperatur und Luftfeuchtigkeit erforderlich.

#### 9.2.3.3. Anwendbarkeit

Ein PFD dient zur Entnahme einer verhältnismässigen Rohabgasprobe für PM-Stichproben, für die kontinuierliche PM-Probenahme oder die Probenahme von gasförmigen Emissionen in jedem dynamischen Lastzyklus (NRTC und LSI-NRTC), Einzelphasen-NRCS oder RMC.

Das System kann außerdem für ein zuvor verdünntes Abgas eingesetzt werden, von dem anhand eines konstanten Verdünnungsverhältnisses bereits ein verhältnismässiger Durchsatz verdünnt wird (siehe Abbildung A.4-6). So kann eine Sekundärverdünnung von einem CVS-Tunnel aus durchgeführt werden, um das benötigte Gesamtverdünnungsverhältnis für die PM-Probenahme zu erzielen.

#### 9.2.3.4. Kalibrierung

Die Kalibrierung des PFD zur Entnahme einer verhältnismässigen Rohabgasprobe ist in Absatz 8.1.8.6 dieses Anhangs beschrieben.

### 9.3. Probenahmeverfahren

#### 9.3.1 Allgemeine Anforderungen an die Probenahme

##### 9.3.1.1. Konzeption und Ausführung der Sonde

Bei einer Sonde handelt es sich um das erste Element eines Probenahmesystems. Sie ragt zur Entnahme einer Probe in einen Strom aus Rohabgas oder verdünntem Abgas. Dabei kommen ihre Innen- und Außenflächen in Kontakt mit dem Abgas. Die Probe gelangt aus der Sonde in eine Übertragungsleitung.

Die Innenflächen von Probenahmesonden werden aus rostfreiem Stahl oder, für die Probenahme bei Rohabgas, aus einem für Rohabgastemperaturen geeigneten, reaktionsunfähigen Material hergestellt. Probenahmesonden werden dort angebracht, wo Bestandteile zur Erzielung der mittleren Probenkonzentration vermischt werden und wo die Beeinflussung durch andere Sonden möglichst gering gehalten wird. Es wird empfohlen, alle Sonden außerhalb des Einflussbereichs von Randschichten, Wellen und Wirbeln zu positionieren — dies gilt insbesondere in der Nähe des Austritts eines Auspuffrohrs mit Rohabgas, wo eine unbeabsichtigte Verdünnung auftreten könnte. Das Spülen oder Rückspülen einer Sonde während der Prüfung darf sich nicht auf eine andere Sonde auswirken. Zur Entnahme einer aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzten Probe kann eine einzige Sonde verwendet werden, sofern diese Sonde allen Spezifikationen für jeden Bestandteil entspricht.

##### 9.3.1.1.1. Mischkammer (Klasse NRSh)

Falls vom Hersteller gestattet, kann bei der Prüfung von Motoren der Klasse NRSh eine Mischkammer verwendet werden. Die Mischkammer ist ein fakultatives Element eines Rohgas-Probenahmesystems, sie ist im Auspuffsystem zwischen dem Schalldämpfer und der Probenahmesonde angeordnet. Form und Abmessungen der Mischkammer sowie die Leitungen davor und dahinter müssen gewährleisten, dass an die Probe an der Stelle, an der sich die Probenahmesonde befindet, gut durchmischt und homogen ist und dass Beeinflussungen der Emissionsergebnisse durch starke Pulsationen oder Resonanzen der Kammer vermieden werden.

##### 9.3.1.2. Übertragungsleitungen

Die Länge von Übertragungsleitungen zur Beförderung einer entnommenen Probe von einer Sonde zu einem Analysator, Speichermittel oder Verdünnungssystem ist zu minimieren, indem Analysatoren, Speichermedium und Verdünnungssysteme so nahe wie möglich an den Sonden positioniert werden. Die Anzahl der Krümmungen der Übertragungsleitungen muss so gering wie möglich gehalten werden und der Radius jeder unvermeidbaren Krümmung muss so groß wie möglich ausgeführt werden.

##### 9.3.1.3. Probenahmemethoden

Für die kontinuierliche Entnahme von Proben und die Entnahme von Stichproben gemäß Absatz 7.2 dieses Anhangs gelten die folgenden Voraussetzungen:

- a) Bei der Entnahme aus einem konstanten Durchsatz muss auch die Probe bei konstantem Durchsatz genommen werden.
- b) Bei der Entnahme aus einem variablen Durchsatz muss der Probendurchsatz im Verhältnis zum variablen Durchsatz verändert werden.
- c) die verhältnismäßige Probenahme wird gemäß Absatz 8.2.1 dieses Anhangs validiert.

#### 9.3.2. Gasprobenahme

##### 9.3.2.1. Probenahmesonden

Zur Probenahme bei gasförmigen Emissionen werden Sonden mit einem oder mehreren Anschlüssen eingesetzt. Bezogen auf den Rohabgasstrom oder den verdünnten Abgasstrom können die Sonden beliebig ausgerichtet werden. Bei manchen Sonden muss die Proben temperatur kontrolliert werden:

- a) bei Sonden zur Entnahme von  $\text{NO}_x$  aus verdünntem Abgas muss die Wandtemperatur der Sonde kontrolliert werden, um eine Wasserkondensierung zu vermeiden.
- b) Bei Sonden zur Entnahme von Kohlenwasserstoffen aus verdünntem Abgas wird empfohlen, die Wandtemperatur der Sonde zur Minimierung von Verunreinigungen bei ca. 464 K (191 °C) zu halten.

### 9.3.2.1.1. Mischkammer (Klasse NRSh)

Falls gemäß Absatz 9.3.1.1.1 dieses Anhangs eine Mischkammer verwendet wird, muss deren Volumen mindestens das Zehnfache des Einzelhubraums je Zylinder des geprüften Motors betragen. Die Mischkammer ist so eng wie möglich mit dem Schalldämpfer zu verbinden; ihre Innenoberfläche muss eine Temperatur von mindestens 452 K (179 °C) aufweisen. Der Hersteller kann Vorgaben zur Konzeption der Mischkammer machen.

### 9.3.2.2. Übertragungsleitungen

Übertragungsleitungen mit Innenflächen aus rostfreiem Stahl, PTFE, Viton™ oder einem anderen Material mit günstigeren Eigenschaften für die Entnahme von Emissionsproben sind zu verwenden. Zu wählen ist ein für Abgastemperaturen geeignetes, reaktionsunfähiges Material. Zwischengeschaltete Filter können eingesetzt werden, wenn Filter und Gehäuse dieselben Temperaturanforderungen erfüllen wie die Übertragungsleitungen:

- a) Für NO<sub>x</sub>-Übertragungsleitungen vor einem NO<sub>2</sub>-NO-Konverter, der den Spezifikationen gemäß Absatz 8.1.11.5 dieses Anhangs entspricht, oder einem Kühlapparat, der den Spezifikationen gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs entspricht, ist eine zur Verhinderung einer Wasserkondensierung geeignete Proben temperatur einzuhalten.
- b) Für THC-Übertragungsleitungen ist in der gesamten Leitung eine Temperatur von (464 ± 11) K (191 ± 11 °C) einzuhalten. Erfolgt die Probenahme aus dem Rohabgas, kann eine unbeheizte, isolierte Übertragungsleitung unmittelbar mit einer Sonde verbunden werden. Die Länge und Isolierung der Übertragungsleitung muss so gewählt werden, dass die höchste erwartete Rohabgastemperatur nicht unter 464 K (191 °C), gemessen am Austritt der Übertragungsleitung, fällt. Erfolgt die Probenahme aus verdünntem Abgas, ist zwischen der Sonde und der Übertragungsleitung eine Übergangszone von bis zu 0,92 m Länge zulässig, um die Wandtemperatur auf 464 ± 11 K (191 ± 11 °C) zu bringen.

### 9.3.2.3. Komponenten zur Probenkonditionierung

#### 9.3.2.3.1. Probentrockner

##### 9.3.2.3.1.1. Anforderungen

Zur Verringerung der Beeinflussung der Messung gasförmiger Emissionen durch Wasser kann Feuchtigkeit mithilfe von Probentrocknern aus der Probe abgeschieden werden. Probentrockner müssen den Anforderungen nach Absatz 9.3.2.3.1.1 und 9.3.2.3.1.2 dieses Anhangs entsprechen. Der Feuchtigkeitsgehalt von 0,8 Volumenprozent H<sub>2</sub>O wird für die Gleichung (A.5-13) benötigt.

Bei der höchsten erwarteten Wasserdampfkonzentration  $H_m$  muss die Feuchtigkeit durch das Entfeuchtungsverfahren bei ≤ 5 g Wasser/kg Trockenluft (oder ca. 0,8 Volumenprozent H<sub>2</sub>O) gehalten werden können, was 100 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 277,1 K (3,9 °C) und 101,3 kPa entspricht. Diese Angabe entspricht auch ca. 25 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 298 K (25 °C) und 101,3 kPa. Der Nachweis hierfür kann erbracht werden entweder durch

- a) Messung der Temperatur am Austritt des Probentrockners oder
- b) Messung der Feuchtigkeit an einem Punkt unmittelbar vor dem CLD oder
- c) Durchführung des Überprüfungsverfahrens nach Absatz 8.1.8.5.8 dieses Anhangs.

##### 9.3.2.3.1.2. Arten von einsetzbaren Probentrocknern und Verfahren zur Schätzung des Feuchtigkeitsgehalts nach dem Trockner

Beide in diesem Absatz beschriebenen Arten von Probentrocknern zur Verringerung des Einflusses von Wasser auf die Messung gasförmiger Emissionen können verwendet werden.

- a) Wird ein osmotischer Membrantrockner vor einem Gasanalysator oder einem Speichermedium verwendet, muss er die Temperaturspezifikationen gemäß Absatz 9.3.2.2 dieses Anhangs erfüllen. Der Taupunkt  $T_{dew}$  und der absolute Druck  $p_{total}$  hinter einem osmotischen Membrantrockner sind zu überwachen. Die Wassermenge ist gemäß Anhang 5 anhand kontinuierlich aufgezeichneter Messwerte für  $T_{dew}$  und  $p_{total}$  oder ihrer während einer Prüfung beobachteten Spitzenwerte oder ihrer Alarmschwellen zu berechnen. In Ermangelung einer direkten Messung entspricht der Nennwert  $p_{total}$  dem während der Prüfung erwarteten niedrigsten absoluten Druck des Trockners.

- b) Ein thermischer Kühllapparat darf nicht vor einem THC-Messsystem für Selbstzündungsmotoren eingesetzt werden. Wird ein thermischer Kühllapparat vor einem NO<sub>2</sub>-NO-Konverter oder in einem Probenahmesystem ohne NO<sub>2</sub>-NO-Konverter verwendet, muss der Kühllapparat der NO<sub>2</sub>-Verlust-Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs standhalten. Der Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und der absolute Druck  $p_{\text{total}}$  hinter einem thermischen Kühllapparat sind zu überwachen. Die Wassermenge ist gemäß Anhang 5 anhand kontinuierlich aufgezeichneter Messwerte für  $T_{\text{dew}}$  und  $p_{\text{total}}$  oder ihrer während einer Prüfung beobachteten Spitzenwerte oder ihrer Alarmschwellen zu berechnen. In Ermangelung einer direkten Messung entspricht der Nennwert  $p_{\text{total}}$  dem während der Prüfung erwarteten niedrigsten absoluten Druck des Kühllapparats. Wenn der Sättigungsgrad im thermischen Kühllapparat angenommen werden kann, lässt sich  $T_{\text{dew}}$  auf der Grundlage des bekannten Wirkungsgrads des Kühllapparats und der kontinuierlichen Überwachung der Temperatur des Kühllapparats  $T_{\text{chiller}}$  berechnen. Werden die Werte für  $T_{\text{chiller}}$  nicht kontinuierlich aufgezeichnet, können der während einer Prüfung beobachtete Spitzenwert oder die Alarmschwelle als Konstante zur Ermittlung einer konstanten Wassermenge gemäß den Anhang 5 herangezogen werden. Wenn angenommen werden kann, dass  $T_{\text{chiller}}$  gleich  $T_{\text{dew}}$  ist, kann  $T_{\text{chiller}}$  im Einklang mit Anhang 5 anstelle von  $T_{\text{dew}}$  verwendet werden. Wenn aufgrund einer bekannten und gleichbleibenden Wiedererwärmung der Probe zwischen dem Austritt des Kühllapparats und dem Ort, an dem die Temperatur gemessen wird, von einem konstanten Temperaturunterschied zwischen  $T_{\text{chiller}}$  und  $T_{\text{dew}}$  ausgegangen werden darf, kann dieser für den Temperaturunterschied angenommene Wert in die Emissionsberechnungen miteinbezogen werden. Die Gültigkeit der laut diesem Absatz zulässigen Annahmen ist durch eine technische Analyse oder Daten zu belegen.

#### 9.3.2.3.2. Probenpumpen

Für alle Gase sind vor einem Analysator oder Speichermedium Probenpumpen einzusetzen. Zu verwenden sind Probenpumpen mit Innenflächen aus rostfreiem Stahl, PTFE oder einem anderen Material mit günstigeren Eigenschaften für die Entnahme von Emissionsproben. Bei manchen Probenpumpen muss die Temperatur kontrolliert werden:

- a) Wird eine NO<sub>x</sub>-Probenpumpe vor einem NO<sub>2</sub>-NO-Konverter, der den Spezifikationen gemäß Absatz 8.1.11.5 entspricht, oder einem Kühllapparat, der den Spezifikationen gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs entspricht, verwendet, ist sie zu heizen, um eine Wasserkondensierung zu verhindern.
- b) Wird vor einem THC-Analysator oder Speichermedium eine THC-Probenpumpe verwendet, müssen ihre Innenflächen auf einen Toleranzwert von  $464 \pm 11 \text{ K}$  ( $191 \pm 11 \text{ °C}$ ) beheizt werden.

#### 9.3.2.3.3. Ammoniakwascher

Ammoniakwascher können in jedem einzelnen oder für die Gesamtheit der Systeme für gasförmige Proben eingesetzt werden, um eine Beeinflussung durch NH<sub>3</sub>, eine Kontaminierung des NO<sub>2</sub>-NO-Konverters und Ablagerungen im Probensystem oder in den Analysatoren zu verhindern. Bei der Installation des Ammoniakwaschers ist nach den Empfehlungen des Herstellers zu verfahren.

#### 9.3.2.4. Speichermittel für Proben

Bei der Beutelprobenahme werden Gasvolumen in hinreichend reinen Behältern gespeichert, die nur minimal ausgasen oder von Gasen durchdrungen werden können. Die Ermittlung von annehmbaren Schwellenwerten für die Reinheit und Durchdringbarkeit der Speichermittel erfolgt nach bestem fachlichen Ermessen. Zur Reinigung eines Behälters kann dieser mehrfach gespült, luftleer gemacht und eventuell erhitzt werden. Zu verwenden ist ein elastischer Behälter (wie ein Beutel) in einer temperaturgeregelten Umgebung oder ein temperaturgeregelter starrer Behälter, der zunächst luftleer gemacht wird oder ein z. B. mittels Kolben oder Zylinder verdrängbares Volumen besitzt. Geeignet sind Behälter, die den Spezifikationen der nachstehenden Tabelle A.4-6 entsprechen.

Tabelle A.4-6

#### Materialien für Behälter zur Entnahme gasförmiger Stichproben

CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , NO, NO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	Polyvinylfluorid (PVF) <sup>(2)</sup> , zum Beispiel Tedlar <sup>TM</sup> , Polyvinylidenfluorid <sup>(2)</sup> , zum Beispiel Kynar <sup>TM</sup> , Polytetrafluorethylen <sup>(3)</sup> , zum Beispiel Teflon <sup>TM</sup> , oder rostfreier Stahl <sup>(3)</sup>
HC	Polytetrafluorethylen <sup>(4)</sup> oder rostfreier Stahl <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Sofern eine Wasserkondensierung im Speicherbehälter vermieden wird.

<sup>(2)</sup> Bis zu 313 K (40 °C).

<sup>(3)</sup> Bis zu 475 K (202 °C).

<sup>(4)</sup> Bei  $464 \pm 11 \text{ K}$  ( $191 \pm 11 \text{ °C}$ ).

## 9.3.3. PM-Probenahme

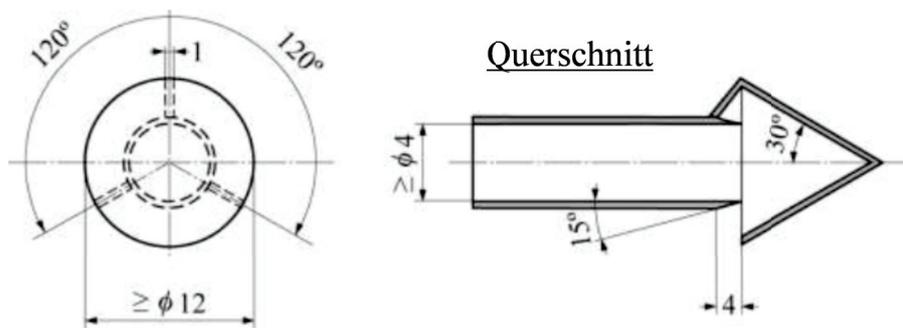
## 9.3.3.1. Probenahmesonden

Zu verwenden sind PM-Sonden mit einer einzelnen Öffnung am Ende. PM-Sonden sind unmittelbar stromaufwärts auszurichten.

Die PM-Sonde kann mit einem Hut, der den Anforderungen gemäß Abbildung A.4-7 entspricht, abgeschirmt werden. In diesem Fall darf der in Absatz 9.3.3.3 dieses Anhangs beschriebene Vorklassierer nicht verwendet werden.

Abbildung A.4-7

### Schematische Darstellung einer Probenahmesonde mit hutförmigem Vorklassierer



## 9.3.3.2. Übertragungsleitungen

Zur Minimierung von Temperaturdifferenzen zwischen Übertragungsleitungen und Abgasbestandteilen wird die Verwendung isolierter oder beheizter Übertragungsleitungen oder eines beheizten Gehäuses empfohlen. Zu verwenden sind in Bezug auf PM inerte und an den Innenflächen elektrisch leitende Übertragungsleitungen. Empfohlen wird der Einsatz von PM-Übertragungsleitungen aus rostfreiem Stahl; andere Materialien müssen bei der Probenahme dieselben Anforderungen erfüllen wie rostfreier Stahl. Die Innenfläche von PM-Übertragungsleitungen muss elektrisch geerdet sein.

## 9.3.3.3. Vorklassierer

Der Einsatz eines im Verdünnungssystem unmittelbar vor dem Filterhalter angebrachten PM-Vorklassierers zum Abscheiden von Partikeln mit großem Durchmesser ist zulässig. Nur ein Vorklassierer darf verwendet werden. Wird eine hutförmige Sonde benutzt (siehe Abbildung A.4-7), ist der Einsatz eines Vorklassierers nicht zulässig.

Beim PM-Vorklassierer kann es sich entweder um einen Trägheits- oder um einen Zyklonabscheider handeln. Er muss aus rostfreiem Stahl bestehen. Der Vorklassierer muss im Bereich der Durchsätze, für die er verwendet wird, spezifikationsgemäß mindestens 50 % der PM mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm und maximal 1 % der PM mit einem aerodynamischen Durchmesser von 1 µm abscheiden. Der Austritt des Vorklassierers muss so konfiguriert sein, dass sich ein etwaiger PM-Probenahmefilter umgehen lässt, damit der Durchsatz des Vorklassierers vor dem Beginn einer Prüfung stabilisiert werden kann. Der PM-Probenahmefilter muss sich innerhalb von 75 cm hinter dem Austritt des Vorklassierers befinden.

## 9.3.3.4. Probenahmefilter

Zur Beprobung des verdünnten Abgases ist ein Filter zu verwenden, der während der Prüffolge die Anforderungen der Absätze 9.3.3.4.1 bis 9.3.3.4.4 dieses Anhangs erfüllt.

## 9.3.3.4.1. Spezifikation der Filter

Bei allen Filtertypen muss der Abscheidegrad mindestens 99,7 Prozent betragen. Die vom Hersteller des Probenahme-filters in die Produktspezifikationen aufgenommenen Messergebnisse sind zum Nachweis der Erfüllung dieser Anforderung zulässig. Als Filterwerkstoff sind geeignet:

- a) Mit Fluorkarbon/PTFE überzogene Glasfaser oder
- b) Fluorkarbon-Membran (PTFE-Membran).

Überschreitet die erwartete PM-Nettomasse auf dem Filter 400 µg, kann ein Filter mit einem anfänglichen Mindestabscheidegrad von 98 % verwendet werden.

## 9.3.3.4.2. Filtergröße

Die Nennfiltergröße muss 46,50 mm ± 0,6 mm (Auffangfläche mindestens 37 mm) im Durchmesser betragen. Filter mit größerem Durchmesser können mit vorheriger Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde verwendet werden. Proportionalität zwischen Filter und Auffangfläche wird empfohlen.

## 9.3.3.4.3. Verdünnung und Temperaturregelung von PM-Proben

PM-Proben müssen bei einem CVS-System mindestens einmal vor den Übertragungsleitungen und bei einem PFD-System mindestens einmal danach verdünnt werden (siehe Absatz 9.3.3.2 dieses Anhangs über Übertragungsleitungen). Die Probentemperatur muss innerhalb einer Toleranz von  $320 \pm 5$  K ( $47 \pm 5$  °C) geregelt werden, wobei dieser Wert an einer beliebigen Stelle innerhalb von 200 mm vor oder 200 mm nach dem PM-Filtermedium gemessen werden kann. Die PM-Probe soll vornehmlich unter den Verdünnungsvoraussetzungen gemäß Absatz 9.2.1 Buchstabe a dieses Anhangs erwärmt oder gekühlt werden.

## 9.3.3.4.4. Filteranströmgeschwindigkeit

Die Filteranströmgeschwindigkeit muss zwischen 0,90 und 1,00 m/s betragen; weniger als 5 % der aufgezeichneten Durchsätze dürfen außerhalb dieses Bereichs liegen. Überschreitet die PM-Gesamtmasse den Wert von 400 µg, darf die Filteranströmgeschwindigkeit herabgesetzt werden. Die Anströmgeschwindigkeit ist zu berechnen aus dem Volumendurchsatz der Probe bei dem vor dem Filter herrschenden Druck und der Filteranströmtemperatur, geteilt durch die exponierte Fläche des Filters. Der Druck im Rohr der Abgasanlage oder im CVS-Tunnel wird für den Gegendruck verwendet, wenn der Druckabfall zwischen dem PM-Probennahmesystem und dem Filter weniger als 2 kPa beträgt.

## 9.3.3.4.5. Filterhalter

Zur Minimierung turbulenter Ablagerungen und zur Förderung der gleichmäßigen Ablagerung von PM auf einem Filter muss ein Filterhalter für den Übergang vom Innendurchmesser der Übertragungsleitung zum exponierten Durchmesser der Filterfrontfläche einen (von der Mitte) divergierenden Konuswinkel von 12,5 ° aufweisen. Für diesen Übergang ist rostfreier Stahl zu verwenden.

## 9.3.4. PM-Stabilisierungs- und Wägeumgebung für die gravimetrische Analyse

## 9.3.4.1. Umgebung für die gravimetrische Analyse

In diesem Abschnitt werden die beiden zur Stabilisierung und Wägung von PM für die gravimetrische Analyse erforderlichen Umgebungen beschrieben: die PM-Stabilisierungsumgebung, in der die Filter vor der Wägung aufbewahrt werden, und die Wägeumgebung, in der sich die Waage befindet. Die beiden Umgebungen können sich in einem Raum befinden.

Sowohl die Stabilisierungs- als auch die Wägeumgebung muss von Schmutzstoffen wie Staub, Aerosolen oder halbflüchtigen Stoffen, welche die PM-Proben verunreinigen könnten, freigehalten werden.

## 9.3.4.2. Sauberkeit

Die Sauberkeit der PM-Stabilisierungsumgebung ist mithilfe von Vergleichsfiltern gemäß Absatz 8.1.12.1.4 dieses Anhangs zu überprüfen.

### 9.3.4.3. Temperatur der Kammer

Die Temperatur der Kammer (oder des Raumes), in der (dem) die Partikelfilter konditioniert und gewogen werden, ist während der gesamten Dauer des Konditionierungs- und Wägevorgangs auf  $295 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$  ( $22 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$ ) zu halten. Die Luftfeuchtigkeit ist auf einem Taupunkt von  $282,5 \pm 1 \text{ K}$  ( $9,5 \pm 1 \text{ °C}$ ) und auf einer relativen Feuchtigkeit von  $45 \% \pm 8 \%$  zu halten. Wenn Stabilisierung und Wägung in getrennten Räumen erfolgen, muss die Temperatur der Stabilisierungsumgebung in einem Toleranzbereich von  $295 \pm 3 \text{ K}$  ( $22 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$ ) gehalten werden.

### 9.3.4.4. Überprüfung der Umgebungsbedingungen

Bei der Verwendung von Messgeräten, die den Spezifikationen gemäß Absatz 9.4 entsprechen, sind die nachstehenden Umgebungsbedingungen zu überprüfen:

- a) Taupunkt und Umgebungstemperatur sind aufzuzeichnen. Diese Werte werden herangezogen um festzustellen, ob die Stabilisierungs- und die Wägemgebung mindestens während der 60 min vor der Wägung der Filter die in Absatz 9.3.4.3 dieses Anhangs genannten Toleranzen erfüllt haben.
- b) Der Luftdruck in der Wägemgebung ist laufend aufzuzeichnen. Alternativ kann auch ein Barometer zur Messung des Luftdrucks außerhalb der Wägemgebung eingesetzt werden, sofern sichergestellt werden kann, dass sich der Luftdruck an der Waage immer im Bereich von  $\pm 100 \text{ Pa}$  des gemeinsamen Luftdrucks bewegt. Bei der Wägung muss die Möglichkeit bestehen, für jede einzelne PM-Probe den aktuellsten Luftdruck aufzuzeichnen. Dieser Wert dient dann zur Berechnung der PM-Auftriebskorrektur gemäß Absatz 8.1.1.2.2 dieses Anhangs.

### 9.3.4.5. Aufstellung der Waage

Bei der Aufstellung der Waage ist Folgendes zu beachten:

- a) Aufstellung auf einer erschütterungsdämpfenden Plattform zur Abschirmung vor externen Geräuschen und Erschütterungen
- b) Abschirmung vor Luftströmungen mit einem statische Elektrizität ableitenden geerdeten Windschutz.

### 9.3.4.6. Elektrostatische Aufladung

Die elektrostatische Aufladung in der Waagenumgebung muss durch die nachstehenden Maßnahmen auf ein Minimum reduziert werden:

- a) Elektrische Erdung der Waage
- b) Verwendung von Pinzetten aus rostfreiem Stahl zum manuellen Hantieren mit PM-Proben
- c) Erdung der Pinzetten mit einem Erdungsband oder durch Anlegen eines Erdungsarmbands seitens der Bedienperson, wobei diese Bänder das gleiche Erdpotential wie die Waage haben
- d) Verwendung eines elektrisch geerdeten Elektrostatik-Neutralisators, der das gleiche Erdpotential wie die Waage hat, um PM-Proben gegen elektrostatische Aufladung zu schützen.

## 9.4. Messgeräte

### 9.4.1. Einleitung

#### 9.4.1.1. Anwendungsbereich

Dieser Absatz beschäftigt sich mit den Messgeräten und den entsprechenden Systemanforderungen für Emissionsprüfungen. Dazu zählen Laborgeräte für die Messung von Motorparametern, Umgebungsbedingungen, Durchsatzparametern und Emissionskonzentrationen (von Rohabgas oder verdünntem Abgas).

#### 9.4.1.2. Arten von Geräten

Alle in diesem Anhang genannten Messgeräte sind so einzusetzen, wie in diesem Anhang beschrieben (siehe Tabelle 5 für die Messgrößen dieser Geräte). Wird ein in diesem Anhang angeführtes Gerät anders eingesetzt als angegeben, oder wird an seiner Stelle ein anderes Gerät verwendet, finden die in Absatz 5.1.3 dieses Anhangs festgelegten Bestimmungen zur Gleichwertigkeit Anwendung. Ist für eine bestimmte Messung mehr als ein Gerät angeführt, wird auf Antrag eines von diesen von der Typgenehmigungsbehörde als Referenz festgelegt, anhand welcher zu zeigen ist, dass ein alternatives Verfahren mit dem genannten Verfahren gleichwertig ist.

## 9.4.1.3. Redundante Systeme

Nach Vorabgenehmigung durch die Typgenehmigungsbehörde können zur Berechnung der Prüfergebnisse einer Einzelprüfung für alle in diesem Absatz genannten Messgeräte die Daten mehrerer Geräte verwendet werden. Die Ergebnisse aller Messungen sind aufzuzeichnen und die Rohdaten zu speichern. Diese Anforderung gilt unabhängig davon, ob die Messungen tatsächlich für die Berechnungen verwendet werden.

## 9.4.2. Datenaufzeichnung und Steuerung

Das Prüfsystem muss zur Aktualisierung und Aufzeichnung von Daten sowie zur Steuerung von Systemen aufgrund von Bedieneingaben, Prüfstand, Probennahmesystem und Messgeräten in der Lage sein. Die eingesetzten Datenerfassungs- und Steuerungssysteme müssen zur Aufzeichnung der in Tabelle A.4-7 angegebenen Mindestfrequenzen geeignet sein (diese Tabelle ist nicht auf Prüfungen mit dem Einzelphasen-NRSC anwendbar).

Tabelle A.4-7

**Mindestfrequenzen für die Datenaufzeichnung und Steuerung**

Anwendbarer Absatz des Prüfprotokolls	Messwerte	Mindestbefehls- und Steuerungsfrequenz	Mindestaufzeichnungsfrequenz
7.6.	Drehzahl und Drehmoment während einer Schrittabbildung des Motors	1 Hz	1 Mittelwert pro Schritt
7.6.	Drehzahl und Drehmoment während einer kontinuierlichen Abbildung des Motors	5 Hz	1-Hz-Mittel
7.8.3.	Bezugswerte und Messwerte für Drehzahl- und Drehmoment bei dynamischem Lastzyklus (NRTC und LSI-NRTC)	5 Hz	1-Hz-Mittel
7.8.2.	Bezugswerte sowie Drehzahl- und Drehmomentmesswerte bei stationärem Lastzyklus und gestuftem Mehrphasenlastzyklus	1 Hz	1 Hz
7.3.	Kontinuierliche Konzentrationen von Analysatoren für Rohabgas	k. A.	1 Hz
7.3.	Kontinuierliche Konzentrationen von Analysatoren für verdünntes Abgas	k. A.	1 Hz
7.3.	Stichprobenkonzentrationen von Analysatoren für Rohabgas oder verdünntes Abgas	k. A.	1 Mittelwert pro Prüfintervall
7.6.8.2.1.	Durchsatz des verdünnten Abgases in einem CVS mit einem Wärmetauscher vor dem Durchsatzmessgerät	k. A.	1 Hz
7.6.8.2.1.	Durchsatz des verdünnten Abgases in einem CVS ohne Wärmetauscher vor dem Durchsatzmessgerät	5 Hz	1-Hz-Mittel
7.6.8.2.1.	Ansaugluft- oder Abgasdurchsatz (für dynamische Rohabgas-Messungen)	k. A.	1-Hz-Mittel
7.6.8.2.1.	Verdünnungsluft, wenn diese aktiv gesteuert wird	5 Hz	1-Hz-Mittel
7.6.8.2.1.	Probendurchsatz in einem CVS mit Wärmetauscher	1 Hz	1 Hz
7.6.8.2.1.	Probendurchsatz in einem CVS ohne Wärmetauscher	5 Hz	1-Hz-Mittel

## 9.4.3. Leistungsspezifikationen für Messgeräte

## 9.4.3.1. Übersicht

Das Prüfsystem als Ganzes muss allen anwendbaren, in Absatz 8.1 dieses Anhangs genannten Kalibrierungen, Überprüfungen und Validierungskriterien für die Prüfung einschließlich den Anforderungen hinsichtlich der Linearitätsprüfung gemäß den Absätzen 8.1.4 und 8.2 dieses Anhangs entsprechen. Die Geräte müssen für alle bei der Prüfung verwendeten Bereiche den Spezifikationen laut Tabelle A.4-7 entsprechen. Zudem sind Nachweise des Geräteherstellers, aus denen hervorgeht, dass die Spezifikationen gemäß Tabelle A.4-7 eingehalten werden, aufzubewahren.

## 9.4.3.2. Anforderungen an Komponenten

Tabelle A.4-8 enthält die Spezifikationen für Drehmoment-, Drehzahl- und Druckaufnehmer, Sensoren für Temperatur und Taupunkt sowie andere Einrichtungen. Das Gesamtsystem zur Messung der jeweiligen physikalischen und/oder chemischen Größen muss der Linearitätsprüfung gemäß Absatz 8.1.4 dieses Anhangs standhalten. Zur Messung gasförmiger Emissionen können Analysatoren mit Kompensierungsalgorithmen verwendet werden, bei denen es sich um Funktionen anderer gemessener gasförmiger Bestandteile und der Kraftstoffeigenschaften für die jeweilige Motorprüfung handelt. Ein Kompensierungsalgorithmus darf nur Unterschiede ausgleichen, ohne sich auf einen Anstieg auszuwirken (bei dem es sich nicht um eine systematische Messabweichung handelt).

Tabelle A.4-8

**Empfohlene Leistungsspezifikationen für Messgeräte**

Messgerät	Symbol für die Messgröße	Komplette Anstiegszeit des Systems	Aktualisierungsfrequenz bei der Aufzeichnung	Genauigkeit (°)	Wiederholbarkeit (°)
Aufnehmer für die Motordrehzahl	n	1 s	1-Hz-Mittel	2,0 % des Mittelwerts oder 0,5 % des Maximalwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 0,25 % des Maximalwerts
Aufnehmer für das Motordrehmoment	T	1 s	1-Hz-Mittel	2,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Maximalwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 0,5 % des Maximalwerts
Gerät zur Messung des Kraftstoffdurchsatzes (Kraftstoffzähler)		5 s	Entfällt	Entfällt	Entfällt
Gerät zur Messung des Kraftstoffdurchsatzes (Kraftstoffzähler)		5 s	Entfällt	Entfällt	Entfällt
Messgerät für den Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases (CVS) (mit Wärmetauscher vor dem Messgerät)		1 s (5 s)	1-Hz-Mittel (1 Hz)	2,0 % des Mittelwerts oder 1,5 % des Maximalwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 0,75 % des Maximalwerts
Durchflussmessgeräte für Verdünnungsluft, Ansaugluft, Abgas und Probe		1 s	1-Hz-Mittel von 5-Hz-Proben	2,5 % des Mittelwerts oder 1,5 % des Maximalwerts	1,25 % des Mittelwerts oder 0,75 % des Maximalwerts
Analysator für die kontinuierliche Messung von Rohabgas	x	5 s	2 Hz	2,0 % des Mittelwerts oder 2,0 % des Messwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Messwerts
Analysator für die kontinuierliche Messung von verdünntem Abgas	x	5 s	1 Hz	2,0 % des Mittelwerts oder 2,0 % des Messwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Messwerts
Gasanalysator für die kontinuierliche Messung	x	5 s	1 Hz	2,0 % des Mittelwerts oder 2,0 % des Messwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Messwerts
Gasanalysator für die Messung von Stichproben	x	k. A.	k. A.	2,0 % des Mittelwerts oder 2,0 % des Messwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Messwerts

Messgerät	Symbol für die Messgröße	Komplette Anstiegszeit des Systems	Aktualisierungsfrequenz bei der Aufzeichnung	Genauigkeit (e)	Wiederholbarkeit (e)
Gravimetrische PM-Waage	m <sub>PM</sub>	k. A.	k. A.	Siehe 9.4.11	0,5 µg
PM-Trägheitswaage	m <sub>PM</sub>	5 s	1 Hz	2,0 % des Mittelwerts oder 2,0 % des Messwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Messwerts

(e) Genauigkeit und Wiederholbarkeit werden anhand der in Absatz 9.4.3 dieses Anhangs genannten erfassten Daten bestimmt und basieren auf absoluten Werten. „Mittelwert“ bezieht sich auf den am Emissionsgrenzwert erwarteten Gesamtmittelwert; „Maximalwert“ bezieht sich auf den während des Lastzyklus am Emissionsgrenzwert erwarteten Spitzenwert (nicht auf den Maximalwert des Messbereichs des Messgeräts); „Messwert“ bezieht sich auf den während des Lastzyklus tatsächlich gemessenen Mittelwert.

#### 9.4.4. Messung von Motorparametern und Umgebungsbedingungen

##### 9.4.4.1. Drehzahl- und Drehmomentsensoren

###### 9.4.4.1.1. Anwendung

Messgeräte zur Messung der während des Motorbetriebs zugeführten und erbrachten Leistung müssen den in diesem Absatz festgelegten Spezifikationen entsprechen. Die Verwendung von Sensoren, Aufnehmern und Messgeräten, die die Spezifikationen gemäß Tabelle A.4-8 erfüllen, wird empfohlen. Gesamtsysteme zur Messung der zugeführten und erbrachten Leistung müssen der Linearitätsprüfung nach Absatz 8.1.4 dieses Anhangs standhalten.

###### 9.4.4.1.2. Arbeit der Kurbelwelle

Arbeit und Leistung sind aus den Messwerten der Drehzahl- und Drehmomentaufnehmer gemäß Absatz 9.4.4.1 dieses Anhangs zu berechnen. Gesamtsysteme zur Messung von Drehzahl und Drehmoment müssen gemäß den Absätzen 8.1.7 und 8.1.4 dieses Anhangs kalibriert und überprüft werden.

Ein durch die Trägheit von mit dem Schwungrad verbundenen beschleunigenden und verlangsamenden Komponenten wie Antriebswelle und Bremsscheibe des Prüfstands verursachtes Drehmoment ist bei Bedarf nach bestem fachlichen Ermessen zu kompensieren.

##### 9.4.4.2. Druckwandler, Temperatursensoren und Taupunktsensoren

Gesamtsysteme zur Messung von Druck, Temperatur und Taupunkt sind gemäß Absatz 8.1.7 dieses Anhangs zu kalibrieren.

Druckwandler müssen sich in einer temperaturgeregelten Umgebung befinden oder Temperaturänderungen innerhalb ihres erwarteten Betriebsbereichs kompensieren. Die Materialien, aus denen der Wandler besteht, müssen für die zu messende Flüssigkeit geeignet sein.

#### 9.4.5. Durchsatzbezogene Messungen

Bei allen Arten von Durchflussmessgeräten (für Kraftstoff, Ansaugluft, Rohabgas, verdünntes Abgas, Proben) muss der Durchsatz nach Bedarf konditioniert werden, um Wellen, Wirbel, zirkulierende Ströme oder Pulsationen zu vermeiden, die die Genauigkeit oder Wiederholbarkeit des Messgeräts beeinträchtigen könnten. Bei manchen Messgeräten kann dies erreicht werden, indem ein ausreichend langes, gerades Rohr eingesetzt wird (wobei die Länge mindestens zehnmal dem Rohrdurchmesser entsprechen muss) oder indem eigens konzipierte Rohrkrümmungen, Begradigungsrippen, Blenden (oder pneumatische Pulsationsdämpfer für das Messgerät für den Kraftstoffdurchsatz) verwendet werden, um vor dem Messgerät ein gleichförmiges und berechenbares Geschwindigkeitsprofil zu erzielen.

##### 9.4.5.1. Gerät zur Messung des Kraftstoffdurchsatzes

Ein Gesamtsystem zur Messung des Kraftstoffdurchsatzes ist gemäß Absatz 8.1.8.1 dieses Anhangs zu kalibrieren. Bei jeder Messung des Kraftstoffdurchsatzes ist eine etwaige Kraftstoffmenge zu berücksichtigen, die den Motor umgeht oder vom Motor zum Kraftstofftank zurückgeleitet wird.

#### 9.4.5.2. Gerät zur Messung des Ansaugluftdurchsatzes

Ein Gesamtsystem zur Messung des Ansaugluftdurchsatzes ist gemäß Absatz 8.1.8.2 dieses Anhangs zu kalibrieren.

#### 9.4.5.3. Gerät zur Messung des Rohabgasdurchsatzes

##### 9.4.5.3.1. Anforderungen an Komponenten

Das Gesamtsystem zur Messung des Rohabgasdurchsatzes muss die Linearitätsanforderungen gemäß Absatz 8.1.4 dieses Anhangs erfüllen. Ein Gerät zur Messung des Rohabgasdurchsatzes muss so konzipiert sein, dass es in der Lage ist, Veränderungen des thermodynamischen Zustands, des Fluids und der Zusammensetzung des Rohabgases angemessen zu kompensieren.

##### 9.4.5.3.2. Ansprechzeit des Durchflussmessgeräts

Zur Steuerung eines Teilstrom-Verdünnungssystems bei der Entnahme einer verhältnismäßigen Rohabgasprobe ist eine raschere Ansprechzeit des Durchflussmessgeräts als in Tabelle A.4-8 angegeben erforderlich. Die Ansprechzeit eines Durchflussmessgeräts für onlinegesteuerte Teilstrom-Verdünnungssysteme muss den Spezifikationen gemäß Absatz 8.2.1.2 dieses Anhangs entsprechen.

##### 9.4.5.3.3. Abgaskühlung

Dieser Absatz gilt nicht für die Kühlung des Abgases aufgrund der Gestaltung des Motors, einschließlich, aber nicht beschränkt auf wassergekühlte Abgaskrümmen oder Turbolader.

Die Kühlung des Abgases vor dem Durchflussmessgerät ist mit folgenden Einschränkungen zulässig:

- a) Hinter der Kühlung dürfen keine PM-Proben entnommen werden.
- b) Sinken Abgastemperaturen durch die Kühlung von über 475 K (202 °C) auf unter 453 K (180 °C), dürfen HC-Proben nicht nach der Kühlung entnommen werden.
- c) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung, dürfen hinter der Kühlung keine NO<sub>x</sub>-Proben entnommen werden, es sei denn, der Kühler hält der Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.1.4 dieses Anhangs stand.
- d) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung, bevor der Durchsatz ein Messgerät erreicht, sind der Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und der Druck  $p_{\text{total}}$  am Eintritt des Durchflussmessgeräts zu messen. Diese Werte sind für die Emissionsberechnungen gemäß Anhang 5 heranzuziehen.

#### 9.4.5.4. Durchflussmessgeräte für Verdünnungsluft und verdünntes Abgas

##### 9.4.5.4.1. Anwendung

Der momentane Durchsatz des verdünnten Abgases oder der Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases innerhalb eines Prüfintervalls ist mithilfe eines Durchflussmessgeräts für verdünntes Abgas zu ermitteln. Der Rohabgas-Durchsatz oder der Rohabgas-Gesamtdurchsatz innerhalb eines Prüfintervalls kann aus der Differenz zwischen den Messwerten eines Durchflussmessgeräts für verdünntes Abgas und eines Messgeräts für die Verdünnungsluft berechnet werden.

##### 9.4.5.4.2. Anforderungen an Komponenten

Das Gesamtsystem zur Messung des Durchsatzes des verdünnten Abgases muss laut den Absätzen 8.1.8.4 und 8.1.8.5 dieses Anhangs kalibriert und überprüft werden. Die folgenden Messgeräte können verwendet werden:

- a) Für das Constant Volume Sampling (CVS) des Gesamtdurchsatzes des verdünnten Abgases können ein Venturirohr mit kritischer Strömung (CFV), mehrere parallel angebrachte Venturirohre mit kritischer Strömung, eine Verdrängerpumpe (PDP), ein subsonisches Venturirohr (SSV) oder ein Ultraschalldurchflussmessgerät eingesetzt werden. In Kombination mit einem vorgelagerten Wärmetauscher dienen ein CFV oder eine PDP auch als passive Durchsatzregler, indem sie die Temperatur des verdünnten Abgases in einem CVS-System konstant halten.

- b) Für das Teilstrom-Verdünnungssystem (PFD) kann ein beliebiges Durchflussmessgerät in Verbindung mit einem beliebigen aktiven Durchsatzregelsystem zur verhältnismäßigen Beprobung der Abgasbestandteile verwendet werden. Der Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases oder ein oder mehrere Probendurchsätze oder eine Kombination aus diesen Durchsatzreglern können zur verhältnismäßigen Beprobung gesteuert werden.

Bei anderen Verdünnungssystemen können ein Laminardurchfluss-Element, ein Ultraschalldurchflussmessgerät, ein subsonisches Venturirohr, ein Venturirohr mit kritischer Strömung oder mehrere parallel angeordnete Venturirohre mit kritischer Strömung, ein Verdrängungsmessgerät, ein thermischer Massendurchflussmessgerät, ein Mittelungs-Pitotrohr oder ein Hitzedrahtanemometer verwendet werden.

#### 9.4.5.4.3. Abgaskühlung

Verdünntes Abgas vor einem Durchflussmessgerät für verdünntes Abgas darf gekühlt werden, sofern die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) Hinter der Kühlung dürfen keine PM-Proben entnommen werden.
- b) Sinken Abgastemperaturen durch die Kühlung von über 475 K (202 °C) auf unter 453 K (180 °C), dürfen HC-Proben nicht nach der Kühlung entnommen werden.
- c) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung, dürfen hinter der Kühlung keine NO<sub>x</sub>-Proben entnommen werden, es sei denn, der Kühler hält der Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.1.4 dieses Anhangs stand.
- d) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung, bevor der Durchsatz ein Messgerät erreicht, sind der Taupunkt  $T_{\text{dew}}$  und der Druck  $p_{\text{total}}$  am Eintritt des Durchflussmessgeräts zu messen. Diese Werte sind für die Emissionsberechnungen gemäß Anhang 5 heranzuziehen.

#### 9.4.5.5. Durchflussmessgerät für die Stichprobenahme

Ein Probendurchflussmessgerät dient zur Ermittlung des Probendurchsatzes oder des Gesamtdurchsatzes eines Systems für die Entnahme von Stichproben innerhalb eines Prüfintervalls. Die Differenz zwischen den Messwerten zweier Durchflussmessgeräte kann zur Berechnung des Probendurchsatzes in einen Verdünnungstunnel herangezogen werden, z. B. für die PM-Messung mit einem Teilstrom-Verdünnungssystem oder einem Sekundärverdünnungssystem. Absatz 8.1.8.6.1 enthält Spezifikationen für die Messung des Differenzdurchsatzes bei der Entnahme einer verhältnismäßigen Rohabgasprobe, Absatz 8.1.8.6.2 dieses Anhangs beschäftigt sich mit der Kalibrierung für die Messung des Differenzdurchsatzes.

Das Gesamtsystem zur Messung des Probendurchsatzes ist gemäß Absatz 8.1.8 dieses Anhangs zu kalibrieren.

#### 9.4.5.6. Gasteiler

Zur Vermischung von Kalibriergasen kann ein Gasteiler eingesetzt werden.

Der verwendete Gasteiler muss Gase entsprechend den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 dieses Anhangs vermischen und dabei die während der Prüfung erwarteten Konzentrationen erzielen. Eingesetzt werden können Gasteiler für kritische Strömung, Kapillarrohre oder thermische Massendurchflussmessgerät. Nach Bedarf sind Viskositätskorrekturen vorzunehmen (wenn dies nicht durch die interne Software des Gasteilers erfolgt), um eine ordnungsgemäße Gasteilung zu gewährleisten. Das Gasteilersystem muss der Linearitätsprüfung gemäß Absatz 8.1.4.5 dieses Anhangs standhalten. Wahlweise kann die Mischvorrichtung mit einem Instrument überprüft werden, das von seinem Prinzip her linear ist, z. B. unter Verwendung von NO-Gas mit einem CLD. Der Justierwert des Geräts ist mit direkt an das Gerät angeschlossenen Justiergas einzustellen. Der Gasteiler ist bei den verwendeten Einstellungen zu überprüfen, und der Nennwert ist mit der gemessenen Konzentration zu vergleichen.

#### 9.4.6. CO- und CO<sub>2</sub>-Messungen

Zur Messung der CO- und CO<sub>2</sub>-Konzentration in Rohabgas oder verdünntem Abgas bei der Stichprobenahme oder kontinuierlichen Probenahme wird ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) verwendet.

Das NDIR-basierte System muss den Kalibrierungsanforderungen und der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.9.1 oder gegebenenfalls Absatz 8.1.9.2 dieses Anhangs standhalten.

#### 9.4.7. Messung von Kohlenwasserstoffen (HC)

##### 9.4.7.1. Flammenionisationsdetektor

###### 9.4.7.1.1. Anwendung

Zur Messung der Kohlenwasserstoffkonzentrationen in Rohabgas oder verdünntem Abgas bei der Stichprobenahme oder kontinuierlichen Probenahme wird ein beheizter Flammenionisationsdetektor (HFID) verwendet. Die Bestimmung der Kohlenwasserstoffkonzentrationen muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins ( $C_1$ ) erfolgen. Die Temperatur aller Oberflächen beheizter FID-Analysatoren, die mit Emissionen in Kontakt gelangen, muss bei  $464 \pm 11$  K ( $191 \pm 11$  °C) gehalten werden. Bei mit Erdgas (NG) und Flüssiggas (LPG) betriebenen sowie bei Fremdzündungsmotoren kann der Kohlenwasserstoffanalysator ein unbeheizter Flammenionisationsdetektor (FID) sein.

###### 9.4.7.1.2. Anforderungen an Komponenten

Das FID-basierte System zur THC-Messung muss allen Überprüfungen für Kohlenwasserstoffmessungen gemäß Absatz 8.1.10 dieses Anhangs standhalten.

###### 9.4.7.1.3. FID-Brennstoff und -Brennerluft

FID-Brennstoff und -Brennerluft müssen den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechen. Der FID-Brennstoff und die Brennerluft dürfen sich vor der Einleitung in den FID-Analysator nicht vermischen, damit sichergestellt ist, dass der FID-Analysator mit einer Diffusionsflamme und nicht mit einer Vormischflamme arbeitet.

###### 9.4.7.1.4. Reserviert

###### 9.4.7.1.5. Reserviert

###### 9.4.7.2. Reserviert

#### 9.4.8. $NO_x$ -Messungen

Für  $NO_x$ -Messungen sind zwei Messgeräte spezifiziert, von denen jedes eingesetzt werden kann, sofern es die in den Absätzen 9.4.8.1 bzw. 9.4.8.2 dieses Anhangs genannten Kriterien erfüllt. Der Chemilumineszenzdetektor dient als Referenzverfahren zum Vergleich mit gemäß Absatz 5.1.3 dieses Anhangs vorgeschlagenen alternativen Messverfahren.

##### 9.4.8.1. Chemilumineszenzdetektor

###### 9.4.8.1.1. Anwendung

Ein mit einem  $NO_2$ -NO-Konverter gekoppelter Chemilumineszenzdetektor (CLD) dient zur Messung der  $NO_x$ -Konzentration in Rohabgas oder verdünntem Abgas bei der Stichprobenahme oder kontinuierlichen Probenahme.

###### 9.4.8.1.2. Anforderungen an Komponenten

Das CLD-basierte System muss der Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.1 dieses Anhangs standhalten. Verwendet werden kann ein beheizter oder unbeheizter CLD, der bei normalem Luftdruck oder Unterdruck betrieben werden kann.

###### 9.4.8.1.3. $NO_2$ -NO-Konverter

Ein interner oder externer  $NO_2$ -NO-Konverter, der der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.5 dieses Anhangs standhält, wird vor dem CLD angebracht, wobei für den Konverter zur Durchführung dieser Überprüfung eine Umgehungsmöglichkeit vorzusehen ist.

## 9.4.8.1.4. Feuchtigkeitseinflüsse

Alle CLD-Temperaturen müssen hinreichend hoch gehalten werden, um eine Wasserkondensierung zu vermeiden. Zum Abscheiden von Feuchtigkeit aus einer Probe vor einem CLD kann eine der nachstehenden Konfigurationen eingesetzt werden:

- a) Ein CLD wird nach einem Trockner oder Kühlapparat angeschlossen, der sich hinter einem NO<sub>2</sub>-NO-Konverter befindet, welcher der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.5 dieses Anhangs standhält.
- b) Ein CLD wird nach einem Trockner oder thermischen Kühlapparat angeschlossen, welcher der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs standhält.

## 9.4.8.1.5. Ansprechzeit

Zur Verbesserung der CLD-Ansprechzeit kann ein beheizter CLD verwendet werden.

## 9.4.8.2. Nichtdispersiver Ultraviolettanalysator

## 9.4.8.2.1. Anwendung

Zur Messung der NO<sub>x</sub>-Konzentrationen in Rohabgas oder verdünntem Abgas bei der Stichprobenahme oder kontinuierlichen Probenahme wird ein nichtdispersiver Ultraviolettanalysator (NDUV) verwendet.

## 9.4.8.2.2. Anforderungen an Komponenten

Das NDUV-basierte System muss der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.3 dieses Anhangs standhalten.

9.4.8.2.3. NO<sub>2</sub>-NO-Konverter

Ist der NDUV-Analysator nur zur Messung von NO in der Lage, muss vor dem NDUV-Analysator ein interner oder externer NO<sub>2</sub>-NO-Konverter, welcher der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.5 dieses Anhangs standhält, positioniert werden. Zur Durchführung dieser Überprüfung ist für den Konverter eine Umgehungsmöglichkeit vorzusehen.

## 9.4.8.2.4. Feuchtigkeitseinflüsse

Die Temperatur des NDUV muss hinreichend hoch gehalten werden, um eine Wasserkondensierung zu vermeiden, es sei denn, dass eine der nachstehenden Konfigurationen verwendet wird:

- a) Ein NDUV wird nach einem Trockner oder Kühlapparat angeschlossen, der sich hinter einem NO<sub>2</sub>-NO-Konverter befindet, welcher der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.5 dieses Anhangs standhält.
- b) Ein NDUV wird nach einem Trockner oder thermischen Kühlapparat angeschlossen, welcher der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs standhält.

9.4.9. O<sub>2</sub>-Messungen

Zur Messung der O<sub>2</sub>-Konzentration in Rohabgas oder verdünntem Abgas bei der Stichprobenahme oder kontinuierlichen Probenahme wird ein Analysator zur paramagnetischen oder magnetopneumatischen Erfassung verwendet.

## 9.4.10. Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses

Zur Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in Rohabgas bei der kontinuierlichen Probenahme kann ein Zirkoanalysator ( $ZrO_2$ ) verwendet werden. Zur Berechnung des Abgasdurchsatzes gemäß den Anhang 5 können  $O_2$ -Messungen mit Ansaugluft oder Messungen des Kraftstoffdurchsatzes herangezogen werden.

## 9.4.11. PM-Messungen mit gravimetrischer Waage

Zum Wägen der in Probenahmefiltern abgeschiedenen Netto-PM wird eine Waage verwendet.

Die Mindestauflösung der Waage muss der in Tabelle A.4-8 empfohlenen Wiederholbarkeit von 0,5 Mikrogramm entsprechen oder niedriger sein. Nutzt die Waage zur Routinejustierung und Linearitätsprüfung interne Kalibriergewichte, müssen diese Kalibriergewichte den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.2 dieses Anhangs entsprechen.

Die Waage ist am Aufstellungsort im Hinblick auf die optimale Einschwingzeit und Stabilität zu konfigurieren.

9.4.12. Ammoniak ( $NH_3$ )-Messungen

Gemäß Anlage A.4 kann ein FTIR (Fourier-Transform Infrarot)-, ein NDUV- oder ein Laser-Infrarot-Analysator verwendet werden.

## 9.5. Analysegase und Massenormale

## 9.5.1. Analysegase

Analysegase müssen den in diesem Absatz festgelegten Spezifikationen für Genauigkeit und Reinheit entsprechen.

## 9.5.1.1. Spezifikationen für Gase

Die nachstehenden Gasspezifikationen sind zu berücksichtigen:

- a) Zur Mischung mit Kalibriergasen und zur Anpassung der Messinstrumente, sodass ein Null-Kalibrierungsnormal eine Nullantwort auslöst, sind gereinigte Gase zu verwenden. Die Verunreinigung der verwendeten Gase darf den höchsten der nachstehenden Werte im Gaszylinder oder am Austritt eines Nullgasgenerators nicht überschreiten:
  - i) Verunreinigung von 2 %, gemessen bezogen auf die mittlere beim Emissionsgrenzwert erwartete Konzentration. Wird beispielsweise eine CO-Konzentration von  $100,0 \mu\text{mol/mol}$  erwartet, wäre die Verwendung eines Nullgases mit einer CO-Verunreinigung von  $2000 \mu\text{mol/mol}$  oder weniger zulässig.
  - ii) Verunreinigung gemäß Tabelle A.4-9, anwendbar für Messungen von Rohabgas oder verdünntem Abgas.
  - iii) Verunreinigung gemäß Tabelle A.4-10, anwendbar für Messungen von Rohabgas.

Tabelle A.4-9

**Verunreinigungsgrenzwerte, anwendbar für Messungen von Rohabgas oder verdünntem Abgas**  
**[ $\mu\text{mol/mol}$  = ppm (3.2)]**

Bestandteil	Gereinigte synthetische Luft <sup>(e)</sup>	Gereinigter $N_2$ <sup>(e)</sup>
THC ( $C_1$ -Äquivalent)	$\leq 0,05 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,05 \mu\text{mol/mol}$
CO	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$

Bestandteil	Gereinigte synthetische Luft <sup>(e)</sup>	Gereinigter N <sub>2</sub> <sup>(e)</sup>
CO <sub>2</sub>	≤ 10 µmol/mol	≤ 10 µmol/mol
O <sub>2</sub>	0,205 bis 0,215 mol/mol	≤ 2 µmol/mol
NO <sub>X</sub>	≤ 0,02 µmol/mol	≤ 0,02 µmol/mol

<sup>(e)</sup> Diese Reinheitsgrade müssen nicht auf internationale und/oder nationale Normen rückführbar sein.

Tabelle A.4-10

**Verunreinigungsgrenzwerte, anwendbar für Messungen von Rohabgas [µmol/mol = ppm (3.2)]**

Bestandteil	Gereinigte synthetische Luft <sup>(e)</sup>	Gereinigter N <sub>2</sub> <sup>(e)</sup>
THC (C <sub>1</sub> -Äquivalent)	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO <sub>2</sub>	≤ 400 µmol/mol	≤ 400 µmol/mol
O <sub>2</sub>	0,18 bis 0,21 mol/mol	—
NO <sub>X</sub>	≤ 0,1 µmol/mol	≤ 0,1 µmol/mol

<sup>(e)</sup> Diese Reinheitsgrade müssen nicht auf internationale und/oder nationale Normen rückführbar sein.

b) Die nachstehenden Gase sind mit einem FID-Analysator zu verwenden:

- i) Der verwendete FID-Brennstoff muss eine H<sub>2</sub>-Konzentration von (0,39 bis 0,41) mol/mol (Rest He oder N<sub>2</sub>) aufweisen. Das Gemisch darf nicht mehr als 0,05 µmol/mol THC enthalten;
- ii) Die verwendete FID-Brennerluft muss den Spezifikationen für gereinigte Luft in Buchstabe a dieses Absatzes entsprechen.
- iii) FID-Nullgas Flammenionisationsdetektoren sind mit gereinigtem Gas zu nullen, das den Spezifikationen gemäß Buchstabe a dieses Absatzes entspricht, allerdings darf das gereinigte Gas jede beliebige O<sub>2</sub>-Konzentration aufweisen.
- iv) FID-Propanjustiergas Der THC-FID ist mit Justierkonzentrationen von Propangas (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) zu justieren und zu kalibrieren. Die Kalibrierung muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins (C<sub>1</sub>) erfolgen.

c) Zu verwenden sind die nachstehenden Gasgemische, wobei die Gase innerhalb von ± 1,0 % auf den wahren Wert der anerkannten internationalen und/oder nationalen Normen oder anderer anerkannter Gasnormen rückführbar sein müssen:

- i) CH<sub>4</sub>, Rest gereinigte synthetische Luft und/oder gereinigter N<sub>2</sub> (je nach Sachlage)
- ii) Reserviert
- iii) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, Rest gereinigte synthetische Luft und/oder gereinigter N<sub>2</sub> (je nach Sachlage)
- iv) CO, Rest gereinigter N<sub>2</sub>
- v) CO<sub>2</sub>, Rest gereinigter N<sub>2</sub>
- vi) NO, Rest gereinigter N<sub>2</sub>
- vii) NO<sub>2</sub>, Rest gereinigte synthetische Luft
- viii) O<sub>2</sub>, Rest gereinigter N<sub>2</sub>
- ix) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, Rest gereinigter N<sub>2</sub>
- x) C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO, Rest gereinigter N<sub>2</sub>.

- d) Gase anderer Spezies als die in Buchstabe c dieses Absatzes genannten (wie Methanol in Luft, das zur Ermittlung von Ansprechfaktoren eingesetzt werden kann) können verwendet werden, sofern sie innerhalb von  $\pm 3,0\%$  auf den wahren Wert der anerkannten internationalen und/oder nationalen Normen rückführbar sind und den Stabilitätsanforderungen gemäß Absatz 9.5.1.2 dieses Anhangs entsprechen.
- e) Eigene Kalibriergase können mithilfe eines Präzisionsmischers, z. B. eines Gasteilers, zur Verdünnung von Gasen mit gereinigtem  $N_2$  oder gereinigter synthetischer Luft erzeugt werden. Entspricht der Gasteiler den Spezifikationen gemäß Absatz 9.4.5.6 dieses Anhangs und erfüllen die vermischten Gase die Vorgaben laut den Buchstaben a und c dieses Absatzes, kann davon ausgegangen werden, dass die erzeugten Gemische den Anforderungen des vorliegenden Absatzes 9.5.1.1 dieses Anhangs entsprechen.

#### 9.5.1.2. Konzentration und Verfallsdatum

Die Konzentration eines genormten Kalibriergases und sein vom Gaslieferanten angegebenes Verfallsdatum sind aufzuzeichnen.

- a) Genormte Kalibriergase dürfen nach Ablauf des Verfallsdatums nicht mehr verwendet werden, es sei denn, dies ist gemäß Buchstabe b dieses Absatzes zulässig;
- b) Kalibriergase dürfen nach Ablauf ihres Verfallsdatums umetikettiert und verwendet werden, wenn dies im Vorhinein von der Typgenehmigungsbehörde bewilligt wird.

#### 9.5.1.3. Übertragung von Gasen

Gase sind über Komponenten von ihrer Quelle zu den Analysatoren zu leiten, die ausschließlich für die Kontrolle und Übertragung dieser Gase reserviert sind.

#### 9.5.2. Massennormale

Zu verwenden sind zertifizierte, mit einer Unsicherheit von 0,1 % auf anerkannte internationale und/oder nationale Normen rückführbare Kalibriergewichte für PM-Waagen. Kalibriergewichte können von jedem Kalibrierlabor zertifiziert werden, das die Rückführbarkeit auf anerkannte internationale und/oder nationale Normen gewährleisten kann. Es ist sicherzustellen, dass die Masse des leichtesten Kalibriergewichts maximal dem Zehnfachen der Masse eines unbenutzten PM-Probenahmemediums entspricht. Aus dem Kalibrierbericht muss auch die Dichte der Gewichte hervorgehen.

## ANLAGE A.1

## EINRICHTUNG ZUR MESSUNG DER EMITTIERTEN PARTIKELZAHL

A.1.1. Messprüfverfahren

A.1.1.1. Probenahme

Die Zahl der emittierten Partikel wird mittels einer kontinuierlichen Probenahme entweder aus einem Teilstrom-Verdünnungssystem gemäß Absatz 9.2.3 dieses Anhangs oder aus einem Vollstrom-Verdünnungssystem gemäß Absatz 9.2.2 dieses Anhangs gemessen.

A.1.1.1.1. Filtrierung mit Verdünnungsmittel

Für das Filtrieren des Verdünnungsmittels für die erste und gegebenenfalls die zweite Verdünnung des Abgases im Verdünnungssystem sind Filter zu verwenden, die den Anforderungen an Hochleistungsschwebstoff-Filter (HEPA-Filter) gemäß Absatz 2.1.41 dieser Regelung genügen. Vor der Filtrierung im HEPA-Filter kann das Verdünnungsmittel durch Aktivkohle geleitet werden, um die in ihm enthaltenen Kohlenwasserstoffkonzentrationen zu verringern und zu stabilisieren. Es wird empfohlen, vor dem HEPA-Filter und hinter dem Aktivkohlefilter (falls vorhanden) einen zusätzlichen Grobpartikelfilter zu verwenden.

A.1.1.2. Ausgleich des Partikel-Probenahmestroms — Vollstrom-Verdünnungssysteme

Um den Massendurchsatz, der dem Verdünnungssystem für die Partikel-Probenahme entnommen wurde, auszugleichen, ist dieser entnommene Massendurchsatz (gefiltert) wieder in das Verdünnungssystem zurückzuführen. Wahlweise kann der Gesamtmassendurchsatz im Verdünnungssystem in Bezug auf die entnommene Partikel-Probenahme auch rechnerisch berichtigt werden. Beträgt der Gesamtmassendurchsatz, der dem Verdünnungssystem für die Summe der Partikel-Anzahl-Probenahme und der Partikelmasse-Probenahme entnommen wurde, weniger als 0,5 % des gesamten durch den Verdünnungstunnel geleiteten verdünnten Abgases (med), so kann diese Berichtigung bzw. diese Rückleitung vernachlässigt werden.

A.1.1.3. Ausgleich des Partikel-Probenahmestroms — Teilstrom-Verdünnungssysteme

A.1.1.3.1. Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen ist der Massendurchsatz, der dem Verdünnungssystem für die Partikel-Probenahme entnommen wurde, im Rahmen der Überprüfung der Proportionalität der Probenahme zu berücksichtigen. Dazu wird entweder der Strom der Partikelprobe vor der Durchflussmeseinrichtung in das Verdünnungssystem zurückgeleitet oder eine rechnerische Berichtigung gemäß Absatz A.1.1.3.2 vorgenommen. Bei Gesamtpartikelprobenahmen aus Teilstrom-Verdünnungssystemen ist für den Massendurchsatz, der für die Partikel-Probenahme entnommen wurde, in der Berechnung der Partikelmasse ebenfalls eine Berichtigung gemäß Absatz A.1.1.3.3 vorzunehmen.

A.1.1.3.2. Der momentane Wert des Abgasdurchsatzes durch den Verdünnungstunnel ( $q_{mp}$ ), der zur Überprüfung der Proportionalität der Probenahme verwendet wird, ist nach einer der folgenden Gleichungen zu berichtigen:

a) Wird der entnommene Partikel-Probenahmestrom verworfen, ist die Gleichung (A.4-20) in Absatz 8.1.8.6.1 dieses Anhangs durch die Gleichung (A.4-29) zu ersetzen:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad (\text{A.4-29})$$

Dabei ist:

$q_{mdew}$  der Massendurchsatz des verdünnten Abgases, kg/s

$q_{mdw}$  der Massendurchsatz der Verdünnungsluft, kg/s

$q_{ex}$  der Massendurchsatz der Partikel-Probenahme, kg/s

Das  $q_{ex}$ -Signal, das an die Teilstromsystemkontrolle gesendet wird, darf zu keinem Zeitpunkt mehr als 0,1 % vom  $q_{mdew}$ -Wert abweichen und muss mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz gesendet werden.

- b) Wird der entnommene Partikel-Probenahmestrom vollständig oder teilweise verworfen, aber ein gleichwertiger Strom vor der Durchsatzmesseinrichtung in das Verdünnungssystem zurückgeleitet, ist die Gleichung (A.4-20) in Absatz 8.1.8.6.1 dieses Anhangs durch die Gleichung (A.4-30) zu ersetzen:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad (\text{A.4-30})$$

Dabei ist:

$q_{mdew}$  der Massendurchsatz des verdünnten Abgases, kg/s

$q_{mdw}$  der Massendurchsatz der Verdünnungsluft, kg/s

$q_{ex}$  der Massendurchsatz der Partikel-Probenahme, kg/s

$q_{sw}$  der in den Verdünnungstunnel zurückgeleitete Massendurchsatz zum Ausgleich der Partikel-Probenahme, kg/s

Der Unterschied zwischen  $q_{ex}$  und  $q_{sw}$ , das an die Teilstromsystemkontrolle gesendet wird, darf zu keinem Zeitpunkt mehr als 0,1 % vom  $q_{mdew}$ -Wert abweichen. Das Signal (bzw. die Signale) muss (müssen) mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz gesendet werden.

#### A.1.1.3.3. Berichtigung der Messung der Partikelmasse

Wird ein Partikelprobestrom bei einer Gesamtpartikelprobenahme aus einem Teilstrom-Verdünnungssystem entnommen, ist die gemäß Absatz A.1.2.3.1.1 von Anlage A.1 des Anhangs 5 berechnete Partikelmasse ( $m_{PM}$ ) wie folgt zu berichtigen, um den entnommenen Strom zu berücksichtigen. Diese Berichtigung ist auch erforderlich, wenn der gefilterte entnommene Strom in die Teilstrom-Verdünnungssysteme zurückgeleitet wird, siehe Gleichung (A.4-31):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})} \quad (\text{A.4-31})$$

Dabei ist:

$m_{PM}$  die nach Absatz A.1.2.3.1.1 Anlage A.1 Anhang 5 ermittelte Partikelmasse in g/Prüfung

$m_{sed}$  die Gesamtmasse des verdünnten Abgases, das den Verdünnungstunnel durchströmt, in kg

$m_{ex}$  die Gesamtmasse des verdünnten Abgases, das dem Verdünnungstunnel für die Partikel-Probenahme entnommen wird, in kg

#### A.1.1.3.4. Proportionalität der Partikel-Probenahme aus einem Teilstrom-Verdünnungssystem

Für die Partikelzahlmessung ist der Massendurchsatz des Abgases, der nach einem der Verfahren in den Absätzen A.1.1.6.1 bis A.1.1.6.4 von Anlage A.1 Anhang 5 ermittelt wird, zur Kontrolle des Teilstrom-Verdünnungssystems zu verwenden, indem eine dem Massendurchsatz des Abgases proportionale Probe entnommen wird. Die Qualität der Verhältnisgleichheit ist nach Absatz 8.2.1.2 dieses Anhangs durch eine Regressionsanalyse zwischen Probenstrom und Abgasstrom zu überprüfen.

#### A.1.1.3.5. Berechnung der Partikelzahl (PN)

Die Verfahren zur Ermittlung und Berechnung der PN sind in Anhang 5 Anlage A.6 festgelegt.

### A.1.2. Messeinrichtungen

#### A.1.2.1. Spezifikation

#### A.1.2.1.1. Übersicht über das System

A.1.2.1.1.1. Das Partikel-Probenahmesystem besteht aus einer Sonde oder Probenahmestelle, über die eine Probe aus einem homogenen Gemisch des Stroms in einem Verdünnungssystem gemäß Absatz 9.2.2 oder 9.2.3 dieses Anhangs entnommen wird, aus einem Entferner flüchtiger Partikel (volatile particle remover, VPR), der sich vor einem Partikelzähler (particle number counter, PNC) befindet, sowie aus geeigneten Übertragungsrohren.

A.1.2.1.1.2. Es wird empfohlen, einen Partikelgrößenvorklassierer (Abscheider, Impinger usw.) vor der Einflussöffnung zum Entferner flüchtiger Partikel einzusetzen. Eine Probenahmesonde entsprechend der Darstellung in Abbildung A.4-7 kann jedoch als geeignete Vorrichtung zur Größenklassierung alternativ zu einem Vorklassierer für Partikel verwendet werden. Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen kann derselbe Vorklassierer für die Partikelmasse- und die Partikelzahl-Probenahme verwendet werden, wenn die Partikelzahl-Probenahme aus dem Verdünnungssystem hinter dem Vorklassierer erfolgt. Alternativ können auch getrennte Vorklassierer verwendet werden, wenn die Partikelzahl-Probenahme aus dem Verdünnungssystem vor dem Vorklassierer erfolgt.

#### A.1.2.1.2. Allgemeine Anforderungen

A.1.2.1.2.1. Die Partikel-Probenahmestelle muss sich in einem Verdünnungssystem befinden.

Die Sondenspitze oder die Partikel-Probenahmestelle sowie das Übertragungsrohr (PTL) bilden zusammen das Partikelübertragungssystem (PTS). Von dem PTS wird die Probe vom Verdünnungstunnel zur Einlassöffnung des VPR geleitet. Das PTS muss den nachstehenden Vorschriften entsprechen:

- Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen und Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Teilprobenahme (gemäß Absatz 9.2.3 dieses Anhangs) wird die Probenahmesonde nahe der Mittellinie des Verdünnungstunnels, 10 bis 20 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt angebracht, an dem die Abgase in den Verdünnungstunnel eintreten, und gegen den Abgasstrom in den Tunnel gerichtet, wobei sich ihre Achse an der Spitze parallel zu der des Verdünnungstunnels befindet. Die Probenahmesonde ist innerhalb des Verdünnungstunnels so anzubringen, dass die Probe aus einem homogenen Gemisch aus Verdünnung und Abgasen entnommen werden kann.
- Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Gesamtpartikelprobenahmen (gemäß Absatz 9.2.3 dieses Anhangs) muss sich die Partikel-Probenahmestelle oder die Probenahmesonde im Partikelübertragungsrohr vor dem Partikelfilterhalter, der Durchsatzmeseinrichtung und gegebenenfalls vorhandenen Gabelungen oder Abzweigungen der Probenahmeleitung oder der Umgehungsleitung befinden. Die Partikel-Probenahmestelle oder die Probenahmesonde ist so anzubringen, dass die Probe aus einem homogenen Gemisch aus Verdünnung und Abgasen entnommen werden kann. Die Abmessungen der Probenahmesonde dürfen den Betrieb des Teilstrom-Verdünnungssystems nicht beeinflussen.

Die mit dem PTS entnommene Gasprobe muss den nachstehenden Vorschriften entsprechen:

- Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen muss die Reynolds-Zahl ( $Re$ )  $< 1700$  sein.
- Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen muss die Reynolds-Zahl ( $Re$ ) im Partikelübertragungsrohr, d. h. hinter der Probenahmesonde oder der Probenahmestelle,  $< 1700$  sein.
- Die Verweilzeit in dem PTS muss  $\leq 3$  Sekunden sein.
- Andere Probenahmeeinstellungen des Partikelübertragungssystems sind zulässig, wenn ein gleichwertiger Partikeldurchsatz in der Größenordnung von 30 nm nachgewiesen wird.

Das Auslassrohr (OT) durch das die verdünnte Probe vom Entferner flüchtiger Partikel zum Einlass des Partikelzählers geleitet wird, muss folgende Eigenschaften besitzen:

- Es muss einen Innendurchmesser von  $\geq 4$  mm haben.
- Die Verweilzeit des Probengasstroms im OT muss  $\leq 0,8$  Sekunden sein.

- c) Andere Probenahmeeinstellungen des Auslassrohrs sind zulässig, wenn ein gleichwertiger Partikeldurchsatz in der Größenordnung von 30 nm nachgewiesen wird.

- A.1.2.1.2.2. Der VPR muss Vorrichtungen zum Verdünnen der Probe und zum Abscheiden flüchtiger Partikel haben.
- A.1.2.1.2.3. Alle Teile des Verdünnungs- und des Probenahmesystems (vom Auspuffrohr bis zum PNC), die mit unverdünnten und verdünnten Abgasen in Berührung kommen, müssen so konstruiert sein, dass die Ablagerung der Partikel so gering wie möglich ist. Alle Teile müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die mit den Bestandteilen der Abgase nicht reagieren, und zur Vermeidung elektrostatischer Effekte geerdet sein.
- A.1.2.1.2.4. Das Partikel-Probenahmesystem muss bewährten Verfahren für die Aerosolprobenahme entsprechen, d. h. es müssen scharfe Biegungen und plötzliche Änderungen des Querschnitts vermieden, glatte Innenflächen verwendet und die Länge der Probenahmeleitung möglichst gering gehalten werden. Allmähliche Änderungen des Querschnitts sind zulässig.
- A.1.2.1.3. Besondere Anforderungen
- A.1.2.1.3.1. Die Partikelprobe darf nicht durch eine Pumpe geleitet werden, bevor sie durch den PNC geleitet wird.
- A.1.2.1.3.2. Es wird empfohlen, einen Vorklassierer für die Proben zu verwenden.
- A.1.2.1.3.3. Die Einrichtung zur Vorkonditionierung der Proben muss
- A.1.2.1.3.3.1. die Verdünnung der Probe in einer oder mehreren Stufen derart ermöglichen, dass eine Konzentration der Partikelzahl unterhalb der oberen Schwelle des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers und eine Gastemperatur von weniger als 308 K (35 °C) am Einlass des Partikelzählers erreicht werden;
- A.1.2.1.3.3.2. über eine erste Verdünnungsstufe verfügen, in der eine Hitzeverdünnung erfolgt, d. h. die Probe wird auf eine Temperatur von  $\geq 423$  K (150 °C) und  $\leq 673$  K (400 °C) gebracht und mit einem Faktor von mindestens 10 verdünnt;
- A.1.2.1.3.3.3. die Stufen der Hitzeverdünnung so kontrollieren, dass die Nennbetriebstemperaturen mit einer Toleranz von  $\pm 10$  K ( $\pm 10$  °C) konstant innerhalb des in Absatz A.1.2.1.3.3.2 genannten Bereiches liegen. mit einer Funktion versehen sein, die anzeigt, ob die Betriebstemperaturen der Hitzeverdünnungsstufen im vorgeschriebenen Bereich liegen;
- A.1.2.1.3.3.4. so beschaffen sein, dass ein Minderungsfaktor der Partikelkonzentration ( $f_r(d_p)$ ), nach Absatz A.1.2.2.2.2 für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätswert von 30 nm bzw. 50 nm erreicht wird, der nicht mehr als 30 % bzw. 20 % größer und nicht mehr als 5 % kleiner als der Faktor ist, der für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätswert von 100 nm für den gesamten VPR erreicht wird;
- A.1.2.1.3.3.5. so beschaffen sein, dass durch Beheizen und eine Reduzierung der Teildrücke von Tetracontan bei einer Einlasskonzentration von  $\geq 10000$  cm<sup>-3</sup> eine Verdampfung von mehr als 99 % der Tetracontan-Partikel (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>38</sub>CH<sub>3</sub>) mit einem Durchmesser von 30 nm erreicht wird.
- A.1.2.1.3.4. Der Partikelzähler (PNC) muss
- A.1.2.1.3.4.1. im Vollstrombetrieb arbeiten;
- A.1.2.1.3.4.2. eine auf ein rückführbares Normal bezogene Zählgenauigkeit von  $\pm 10$  % in dem Bereich zwischen 1 cm<sup>-3</sup> und der oberen Ansprechschwelle des Einzelpartikel-Zählmodus des PNC haben; Bei Konzentrationen unter 100 cm<sup>-3</sup> können zum Nachweis der Genauigkeit des PNC mit einer hohen statistischen Sicherheit Messungen verlangt werden, die über längere Probenahmezeiten gemittelt werden;
- A.1.2.1.3.4.3. eine Ablesbarkeit von mindestens 0,1 Partikel pro cm<sup>-3</sup> bei Konzentrationen unter 100 cm<sup>3</sup> haben;
- A.1.2.1.3.4.4. ein lineares Ansprechverhalten auf Partikelkonzentrationen im gesamten Messbereich im Einzelpartikel-Zählmodus haben;
- A.1.2.1.3.4.5. eine Datenübermittlungsfrequenz von größer oder gleich 0,5 Hz haben;
- A.1.2.1.3.4.6. eine Ansprechzeit im gesamten gemessenen Konzentrationsbereich von weniger als 5 s haben;

- A.1.2.1.3.4.7. so konstruiert sein, dass eine Koinzidenzkorrektur bis zu einer maximalen Korrektur von 10 % erfolgt und ein interner Kalibrierfaktor nach Absatz A.1.2.2.1.3 verwendet werden kann; es darf jedoch kein anderer Algorithmus zur Korrektur oder Bestimmung der Zähleffektivität verwendet werden;
- A.1.2.1.3.4.8. eine Zählfunktion für Partikelgrößen mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 23 nm ( $\pm 1$  nm) und 41 nm ( $\pm 1$  nm) haben, deren Effizienz 50 % ( $\pm 12$  %) bzw. mehr als 90 % betragen muss; diese Zähleffektivitäten können mit internen Mitteln (z. B. der geeigneten Konstruktion der Geräte) oder externen Mitteln (z. B. der Größenklassierung) erreicht werden;
- A.1.2.1.3.4.9. Wenn der PNC mit einer Flüssigkeit betrieben wird, muss diese mit der vom Gerätehersteller angegebenen Häufigkeit ausgetauscht werden.
- A.1.2.1.3.5. Werden der Druck und/oder die Temperatur nicht auf einem bekannten konstanten Niveau an der Stelle gehalten, an der der Partikelzähler-Durchsatz kontrolliert wird, so sind diese am Einlass zum Partikelzähler zu messen und zu melden, um die Messungen der Partikelkonzentration auf Standardbedingungen zu berichtigen.
- A.1.2.1.3.6. Die Summe der Verweilzeiten im PTS, VPR und OT und der Ansprechzeit des PNC darf nicht größer als 20 s sein.
- A.1.2.1.3.7. Die Wandlungszeit des gesamten Partikelzahl-Probenahmesystems (Partikelübertragungssystem, Entferner flüchtiger Partikel, Auslassrohr und Partikelzähler) wird durch einen Wechsel des Aerosols unmittelbar am Einlass zum Partikelübertragungssystem ermittelt. Der Aerosolwechsel muss in weniger als 0,1 Sekunde erfolgen. Das für die Prüfung verwendete Aerosol muss eine Veränderung der Konzentration von mindestens 60 % des Skalenendwertes bewirken.

Die Konzentrationsspur ist aufzuzeichnen. Für den Zeitabgleich der Signale der Konzentration der Partikelzahl und des Abgasstroms ist die Wandlungszeit definiert als der Zeitabstand vom Wechsel ( $t_0$ ) bis zum Anstieg des angezeigten Messwerts auf 50 % des Endwertes ( $t_{50}$ ).

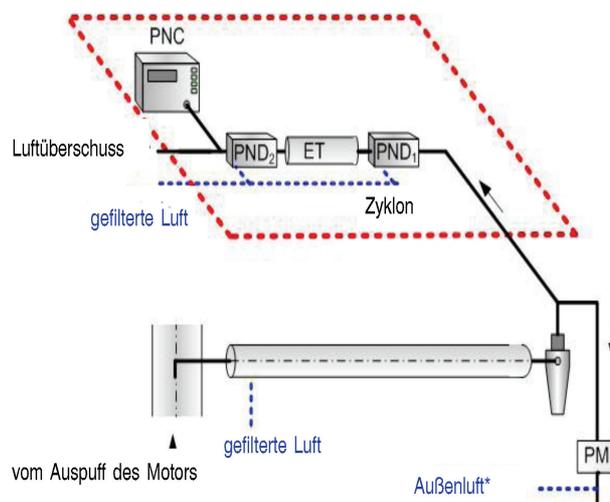
#### A.1.2.1.4. Empfohlene Systemmerkmale

In diesem Absatz ist das empfohlene Verfahren zur Messung der Partikelzahl beschrieben. Jedoch ist jedes System zulässig, das die in den Absätzen A.1.2.1.2 und A.1.2.1.3 genannten Leistungspezifikationen erfüllt.

Die Abbildungen A.4-8 und A.4-9 enthalten schematische Darstellungen der empfohlenen Konfigurationen des Partikel-Probenahmesystems für Teilstrom- und Vollstrom-Verdünnungssysteme.

Abbildung A.4-8

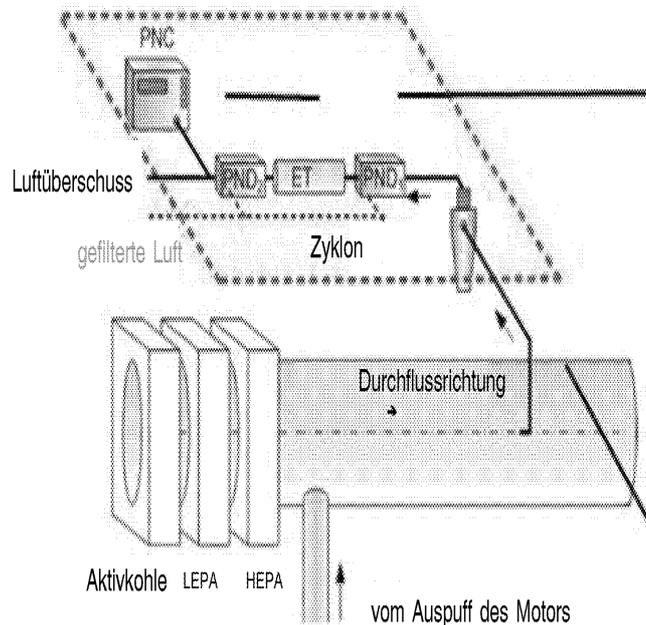
#### Darstellung des empfohlenen Partikel-Probenahmesystems — Teilstrom-Probenahme



\*Alternativ kann die Steuerungssoftware den durch das PN-System abgezwigten Durchfluss berücksichtigen

Abbildung A.4-9

## Darstellung des empfohlenen Partikel-Probenahmesystems — Vollstrom-Probenahme



## A.1.2.1.4.1. Beschreibung des Probenahmesystems

Das Partikel-Probenahmesystem besteht aus einer Probenahme-Sondenspitze oder einer Partikel-Probenahmestelle im Verdünnungssystem, einem Partikel-Übertragungsrohr, einem Partikelvorklassierer und einem Entferner flüchtiger Partikel, der sich vor dem Bauteil zur Messung der Konzentration der Partikelzahl befindet. Der Entferner flüchtiger Partikel (VPR) muss über Funktionen verfügen, die die Verdünnung der Probe (Partikelzahlverdünner: PND<sub>1</sub> und PND<sub>2</sub>) und die Partikelverdampfung (Verdampfungsrohr ET) ermöglichen. Die Probenahmesonde oder die Probenahmestelle für den Prüfgasstrom ist so im Verdünnungstunnel einzurichten, dass ein repräsentativer Probenahmegasstrom aus einem homogenen Gemisch aus Verdünnung und Abgasen entnommen werden kann. Die Summe der Verweilzeiten im System und der Ansprechzeit des PNC darf nicht größer als 20 s sein.

## A.1.2.1.4.2. Partikelübertragungssystem

Die Sondenspitze oder die Partikel-Probenahmestelle sowie das Übertragungsrohr (PTL) bilden zusammen das Partikelübertragungssystem (PTS). Von dem PTS wird die Probe vom Verdünnungstunnel zur Einlassöffnung des ersten Partikelverdünners geleitet. Das PTS muss den nachstehenden Vorschriften entsprechen:

Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen und Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Teilprobenahme (gemäß Absatz 9.2.3 dieses Anhangs) wird die Probenahmesonde nahe der Mittellinie des Verdünnungstunnels, 10 bis 20 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt angebracht, an dem die Abgase in den Verdünnungstunnel eintreten, und gegen den Abgasstrom in den Tunnel gerichtet, wobei sich ihre Achse an der Spitze parallel zu der des Verdünnungstunnels befindet. Die Probenahmesonde ist innerhalb des Verdünnungstunnels so anzubringen, dass die Probe aus einem homogenen Gemisch aus Verdünnung und Abgasen entnommen werden kann.

Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Gesamtpartikelprobenahmen (gemäß Absatz 9.2.3 dieses Anhangs) muss sich die Partikel-Probenahmestelle im Partikelübertragungsrohr vor dem Partikelfilterhalter, der Durchsatzmesseinrichtung und gegebenenfalls vorhandenen Gabelungen oder Abzweigungen der Probenahmeleitung befinden. Die Partikel-Probenahmestelle oder die Probenahmesonde ist so anzubringen, dass die Probe aus einem homogenen Gemisch aus Verdünnung und Abgasen entnommen werden kann.

Die mit dem PTS entnommene Gasprobe muss den nachstehenden Vorschriften entsprechen:

Die Reynolds-Zahl ( $Re$ ) muss  $< 1700$  sein.

Die Verweilzeit in dem PTS muss  $\leq 3$  Sekunden sein.

Jede andere Probenahmeanordnung des PTS, für die der gleiche Partikeldurchlass bei Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm nachgewiesen werden kann, gilt als annehmbar.

Das Auslassrohr (OT) durch das die verdünnte Probe vom Entferner flüchtiger Partikel zum Einlass des Partikelzählers geleitet wird, muss folgende Eigenschaften besitzen:

Es muss einen Innendurchmesser von  $\geq 4$  mm haben.

Die Verweilzeit des Probegasstroms im OT muss  $\leq 0,8$  Sekunden sein.

Jede andere Probenahmeanordnung des OT, für die der gleiche Partikeldurchlass bei Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm nachgewiesen werden kann, gilt als annehmbar.

#### A.1.2.1.4.3. Partikelvorklassierer

Der empfohlene Vorklassierer für Partikel muss vor dem VPR angebracht sein. Der Partikeldurchmesser in Bezug auf den 50 %-Trennschnitt des Partikelvorklassierers muss bei dem Durchfluss, der für die Emissionen zur Partikelzahl-Probenahme gewählt wurde, zwischen  $2,5 \mu\text{m}$  und  $10 \mu\text{m}$  betragen. Der Partikelvorklassierer muss mindestens 99 % der Massenkonzentration an  $1 \mu\text{m}$  großen Partikeln, die in den Partikelvorklassierer hineinströmen, bei dem Durchfluss, der für die Emissionen zur Partikelzahl-Probenahme gewählt wurde, durch den Auslass des Partikelvorklassierers strömen lassen. Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen kann derselbe Vorklassierer für die Partikelmasse und die Partikelzahl-Probenahme verwendet werden, wenn die Partikelzahl-Probenahme aus dem Verdünnungssystem hinter dem Vorklassierer erfolgt. Alternativ können auch getrennte Vorklassierer verwendet werden, wenn die Partikelzahl-Probenahme aus dem Verdünnungssystem vor dem Vorklassierer erfolgt.

#### A.1.2.1.4.4. Entferner flüchtiger Partikel (VPR)

Der VPR besteht aus einem Partikelverdünner ( $\text{PND}_1$ ), einem Verdampfungsrohr und einem zweiten Partikelverdünner ( $\text{PND}_2$ ), die hintereinander angeordnet sind. Durch diese Verdünnung soll die Partikelkonzentration der Probe, die in das Gerät zur Messung der Partikelzahl geleitet wird, auf einen Wert unterhalb der oberen Ansprechschwelle des Einzelpartikel-Zählmodus des PNC verringert und die Kristallkeimbildung innerhalb der Probe verhindert werden. Der Entferner flüchtiger Partikel muss mit einer Funktion versehen sein, die anzeigt, ob die Betriebstemperaturen des  $\text{PND}_1$  und des Verdampfungsrohrs im vorgeschriebenen Bereich liegen.

Der VPR muss so beschaffen sein, dass durch Beheizen und eine Reduzierung der Teildrücke von Tetracontan bei einer Einlasskonzentration von  $\geq 10000 \text{ cm}^{-3}$  eine Verdampfung von mehr als 99 % der Tetracontan-Partikel ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) mit einem Durchmesser von 30 nm erreicht wird. Er muss ferner einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration ( $f_T$ ) erreichen, der für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm und 50 nm höchstens 30 % bzw. 20 % höher und höchstens 5 % niedriger als der Minderungsfaktor für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 100 nm für den Entferner flüchtiger Partikel insgesamt ist.

##### A.1.2.1.4.4.1. Erster Partikelzahlverdünner ( $\text{PND}_1$ )

Der erste Partikelzahlverdünner muss speziell für die Verdünnung der Konzentration der Partikelzahl und für den Betrieb bei einer (Wand-)Temperatur von 423 K bis 673 K ( $150 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ausgelegt sein. Der Sollwert der Wandtemperatur sollte innerhalb dieses Bereichs und mit einer Toleranz von  $\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  auf einer konstanten Nennbetriebstemperatur gehalten werden und nicht die Wandtemperatur des Verdampfungsrohrs überschreiten (Absatz A.1.2.1.4.4.2). Mit dem Verdünner, dem Verdünnungsluft zugeführt wird, die vorher durch ein HEPA-Filter geleitet worden ist, muss ein Verdünnungsfaktor von 10 bis 200 erreicht werden können.

##### A.1.2.1.4.4.2. Verdampfungsrohr (ET)

Die gesamte Länge des Verdampfungsrohrs ist auf eine Wandtemperatur hin zu kontrollieren, die mindestens der Temperatur des ersten Partikelzahlverdüners entspricht, und die Wandtemperatur sollte auf einer festen Nennbetriebstemperatur zwischen 573 K ( $300 \text{ }^\circ\text{C}$ ) und 673 K ( $400 \text{ }^\circ\text{C}$ ) mit einer Toleranz von  $\pm 10 \text{ K}$  gehalten werden.

##### A.1.2.1.4.4.3. Zweiter Partikelzahlverdünner ( $\text{PND}_2$ )

Der zweite Partikelzahlverdünner (PND<sub>2</sub>) muss speziell für die Verdünnung der Konzentration der Partikelzahl ausgelegt sein. Mit dem Verdünner, dem Verdünnungsluft zugeführt wird, die vorher durch ein HEPA-Filter geleitet worden ist, muss ein einziger Verdünnungsfaktor auf einem Wert zwischen 10 und 30 gehalten werden können. Der Verdünnungsfaktor des PND<sub>2</sub> muss in dem Bereich zwischen 10 und 15 so ausgewählt werden, dass die Partikelkonzentration hinter dem zweiten Verdünner unterhalb der oberen Ansprechschwelle des Einzelpartikel-Zählmodus des PNC liegt und die Gastemperatur vor der Einlassöffnung des PNC < 308 K (35 °C) ist.

#### A.1.2.1.4.5. Partikelzähler (PNC)

Der PNC muss den Vorschriften des Absatzes A.1.2.1.3.4 entsprechen.

#### A.1.2.2. Kalibrierung/Validierung des Partikel-Probenahmesystems<sup>(1)</sup>

##### A.1.2.2.1. Kalibrierung des Partikelzählers (PNC)

##### A.1.2.2.1.1. Der technische Dienst gewährleistet, dass für den Partikelzähler ein Kalibrierzertifikat vorliegt, aus dem für den 12-monatigen Zeitraum vor den Emissionsprüfungen der Nachweis über die Übereinstimmung mit einer verfolgbaren Norm hervorgeht.

##### A.1.2.2.1.2. Nach größeren Wartungsarbeiten muss der PNC erneut kalibriert und ein neuer Kalibrierschein ausgestellt werden.

##### A.1.2.2.1.3. Die Kalibrierung muss nach einem rückführbaren Kalibrierverfahren wie folgt durchgeführt werden:

- a) durch Vergleich des Ansprechverhaltens des zu kalibrierenden PNC mit dem eines kalibrierten Aerosolelektrometers bei der gleichzeitigen Probenahme elektrostatisch klassierter Kalibrierpartikel oder
- b) durch Vergleich des Ansprechverhaltens des zu kalibrierenden PNC mit dem eines zweiten PNC, der nach dem oben genannten Verfahren direkt kalibriert worden ist.

Beim Einsatz eines Elektrometers muss die Kalibrierung derart erfolgen, dass mindestens sechs Standardkonzentrationen, die so gleichmäßig wie möglich über den Messbereich des Partikelzählers verteilt sind, verwendet werden. Einer dieser Punkte ist der Punkt, der einer Nennkonzentration von Null entspricht, die dadurch erreicht wird, dass an der Einlassöffnung jedes Geräts HEPA-Filter angebracht werden, die mindestens der Klasse H13 nach der Norm EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entsprechen. Wird kein Kalibrierungsfaktor auf den zu kalibrierenden Partikelzähler angewendet, so müssen die gemessenen Konzentrationen bei jeder zugrunde gelegten Konzentration mit einer Abweichung von  $\pm 10\%$  der standardisierten Konzentration entsprechen, mit Ausnahme des Nullpunktes, andernfalls ist der zu kalibrierende Partikelzähler abzulehnen. Der Gradient einer linearen Regression der beiden Datensätze ist zu berechnen und aufzuzeichnen. Ein Kalibrierfaktor, der dem Kehrwert des Gradienten entspricht, ist bei dem zu kalibrierenden PNC anzuwenden. Die Linearreaktion wird als das Quadrat aus dem Korrelationskoeffizienten (Pearson-Produkt-Moment-Korrelation) ( $R^2$ ) der beiden Datensätze berechnet und muss größer oder gleich 0,97 sein. Bei der Berechnung des Gradienten und von  $R^2$  ist die lineare Regression durch den Ausgangspunkt (Null-Konzentration auf beiden Instrumenten) zu lenken.

Bei der Verwendung des Bezugspartikelzählers muss die Kalibrierung derart erfolgen, dass mindestens sechs Standardkonzentrationen so gleichmäßig wie möglich über den Messbereich des Partikelzählers verteilt sind. Mindestens drei Punkte müssen Konzentrationen von weniger als 1000 cm<sup>-3</sup> entsprechen; die weiteren Konzentrationen müssen linear zwischen 1000 cm<sup>-3</sup> und dem Maximum des Partikelzählerbereichs im Einzelpartikelzählmodus liegen. Einer dieser Punkte ist der Punkt, der einer Nennkonzentration von Null entspricht, die dadurch erreicht wird, dass an der Einlassöffnung jedes Geräts HEPA-Filter angebracht werden, die mindestens der Klasse H13 nach der Norm EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entsprechen. Wird kein Kalibrierungsfaktor auf den zu kalibrierenden Partikelzähler angewendet, so müssen die gemessenen Konzentrationen bei jeder zugrunde gelegten Konzentration mit einer Abweichung von  $\pm 10\%$  der standardisierten Konzentration entsprechen, mit Ausnahme des Nullpunktes. Andernfalls ist der zu kalibrierende Partikelzähler abzulehnen. Der Gradient einer linearen Regression der beiden Datensätze ist zu berechnen und aufzuzeichnen. Ein Kalibrierfaktor, der dem Kehrwert des Gradienten entspricht, ist bei dem zu kalibrierenden PNC anzuwenden. Die Linearreaktion wird als das Quadrat aus dem Korrelationskoeffizienten (Pearson-Produkt-Moment-Korrelation) ( $R^2$ ) der beiden Datensätze berechnet und muss größer oder gleich 0,97 sein. Bei der Berechnung des Gradienten und von  $R^2$  ist die lineare Regression durch den Ausgangspunkt (Null-Konzentration auf beiden Instrumenten) zu lenken.

##### A.1.2.2.1.4. Die Kalibrierung muss auch eine Überprüfung in Bezug auf die Erfüllung der Anforderungen gemäß Absatz A.1.2.1.3.4.8 beinhalten, d. h. hinsichtlich des Nachweiswirkungsgrads des Partikelzählers bei Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätswirkungsdurchmesser von 23 nm. Eine Überprüfung der Zähleffektivität bei Partikeln mit einem Durchmesser von 41 nm ist nicht erforderlich.

##### A.1.2.2.2. Kalibrierung/Validierung des Entfernens flüchtiger Partikel (VPR)

<sup>(1)</sup> Beispiele für Kalibrierungs- und Validierungsmethoden sind auf folgender Internetseite verfügbar: [www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp](http://www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp)

- A.1.2.2.2.1. Die Kalibrierung der Minderungsfaktoren der Partikelkonzentration für den Entferner flüchtiger Partikel über seinen gesamten Bereich der Verdünnungswerte bei den festen Nennbetriebstemperaturen des Instruments wird erforderlich, wenn das Bauteil neu ist und nach jeder größeren Wartung. Die Anforderung einer regelmäßigen Überprüfung des Minderungsfaktors der Partikelkonzentration für den Entferner flüchtiger Partikel ist auf die Überprüfung mit einer festen Einstellung beschränkt, die in der Regel für die Messung bei nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen oder Geräten mit Dieselpartikelfiltern verwendet wird. Der technische Dienst muss sicherstellen, dass für den Entferner flüchtiger Partikel ein Kalibrier- oder Validierungsschein innerhalb eines Zeitraums von sechs Monaten vor der Emissionsprüfung ausgestellt worden ist. Wenn der Entferner flüchtiger Partikel mit Warnvorrichtungen für die Temperaturüberwachung versehen ist, braucht die Validierung nur alle 12 Monate zu erfolgen.

Die Merkmale des Entfernens flüchtiger Partikel sind hinsichtlich des Minderungsfaktors der Partikelkonzentration bei Feststoffteilchen mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm, 50 nm und 100 nm festzulegen. Er muss ferner einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration ( $f_r(d)$ ) erreichen, der für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm und 50 nm höchstens 30 % bzw. 20 % höher und höchstens 5 % niedriger als der Minderungsfaktor für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 100 nm ist. Bei der Validierung darf der Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration nicht um mehr als  $\pm 10\%$  von dem mittleren Partikelkonzentrations-Reduktionsfaktor ( $\bar{f}_r$ ) abweichen, der bei der ersten Kalibrierung des Entfernens flüchtiger Partikel bestimmt worden ist.

- A.1.2.2.2.2. Das Prüfaerosol muss für diese Messungen aus festen Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm, 50 nm und 100 nm bestehen, und seine Mindestkonzentration muss am Einlass zum Entferner flüchtiger Partikel 5000 Partikel pro  $\text{cm}^{-3}$  betragen. Die Partikelkonzentrationen sind vor und hinter den jeweiligen Bauteilen zu messen.

Für jede Partikelgröße ist der Minderungsfaktor der Partikelkonzentration ( $f_r(d_i)$ ) nach der Gleichung (A.4-32) zu berechnen:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad (\text{A.4-32})$$

Dabei ist:

$N_{in}(d_i)$  = Konzentration (stromaufwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser  $d_i$

$N_{out}(d_i)$  = Konzentration (stromabwärts) der Partikelzahl für Partikel mit dem Durchmesser  $d_i$

$d_i$  = elektrischer Mobilitätsdurchmesser der Partikel (30 nm, 50 nm oder 100 nm)

$N_{in}(d_i)$  und  $N_{out}(d_i)$  sind zu denselben Bedingungen zu berichtigen.

Der Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration ( $\bar{f}_r$ ) bei einem bestimmten Verdünnungswert wird nach Gleichung (A.4-33) berechnet:

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30\text{nm}) + f_r(50\text{nm}) + f_r(100\text{nm})}{3} \quad (\text{A.4-33})$$

Es wird empfohlen, den Entferner flüchtiger Partikel als vollständiges Bauteil zu kalibrieren und zu validieren.

- A.1.2.2.2.3. Der technische Dienst muss sicherstellen, dass für den Entferner flüchtiger Partikel ein Validierungsschein, in dem die tatsächliche Abscheideeffektivität in Bezug auf flüchtige Partikel nachgewiesen ist, innerhalb eines Zeitraums von sechs Monaten vor der Emissionsprüfung ausgestellt worden ist. Wenn der Entferner flüchtiger Partikel mit Warnvorrichtungen für die Temperaturüberwachung versehen ist, braucht die Validierung nur alle 12 Monate zu erfolgen. Mit dem Entferner für flüchtige Partikel müssen mehr als 99 % der Tetracontan-Partikel ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$ ) mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von mindestens 30 nm bei einer Einlasskonzentration von  $\geq 10000 \text{ cm}^{-3}$  abgeschieden werden, wenn der Entferner für flüchtige Partikel bei der niedrigsten Verdünnungseinstellung und der vom Hersteller empfohlenen Temperatur betrieben wird.

- A.1.2.2.3. Verfahren zur Überprüfung des Partikelzählsystems

- A.1.2.2.3.1. Vor jeder Prüfung muss der Partikelzähler eine gemessene Konzentration von weniger als 0,5 Partikeln pro  $\text{cm}^{-3}$  anzeigen, wenn ein HEPA-Filter, das mindestens der Klasse H13 nach der Norm EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entspricht, an der Einlassöffnung des gesamten Partikel-Probenahmesystems (VPR und PNC) angebracht ist.
- A.1.2.2.3.2. Mithilfe eines kalibrierten Durchflussmessgeräts ist monatlich zu überprüfen, dass der angezeigte Durchfluss des Partikelzählers von seinem Nenndurchfluss nicht um mehr als 5 % abweicht.
- A.1.2.2.3.3. Der Partikelzähler muss täglich eine Konzentration von höchstens  $0,2 \text{ cm}^{-3}$  anzeigen, nachdem ein HEPA-Filter, der mindestens der Klasse H13 gemäß EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entspricht, am Einlass des Partikelzählers angebracht wurde. Nach der Entfernung dieses Filters muss der Partikelzähler eine Zunahme der gemessenen Konzentration auf mindestens 100 Partikel pro  $\text{cm}^{-3}$  aufweisen, wenn er Umgebungsluft ausgesetzt wird, und eine Abnahme auf höchstens  $0,2 \text{ cm}^{-3}$ , wenn der HEPA-Filter wieder angebracht wird.
- A.1.2.2.3.4. Vor Beginn jeder Prüfung muss gewährleistet sein, dass das Messsystem anzeigt, dass das Verdampfungsrohr, wenn vorhanden, seine vorgeschriebene Betriebstemperatur erreicht hat.
- A.1.2.2.3.5. Vor Beginn jeder Prüfung muss gewährleistet sein, dass das Messsystem anzeigt, dass der Partikelanzahlverdünner  $\text{PND}_1$  seine vorgeschriebene Betriebstemperatur erreicht hat.
-