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/wp29fdocstts.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_X-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([1]) 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;

([1]) 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 Kraftstoffördermenge 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 zweitweise 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 Reglung 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 Ölsumpf 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_X-System“ist ein Abgasnachbehandlungssystem zur Verringerung der Emission von Stickstoffoxiden (NO_X) (z. B. passive und aktive Mager-NO_X-Katalysatoren, NO_X-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$_X$-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$_X$), bestehend aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO$_2$), ausgedrückt als Stickstoffdioxid-(NO$_2$)-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 (Eingangsenergie) durch einen inneren Verbrennungsvorgang in mechanische Energie (Ausgangsenergie) 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. „λ-Verschiebungsfaktor“oder „S_λ“ist ein Begriff, der die erforderliche Flexibilität eines Motorsteuerungssystems gegenüber einer Änderung des Luftüberschussfaktors λ 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 Volllast;

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 Freizeitzwecke 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. „ortsfeste 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; unterscheide 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_X	NO_X-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:

a) 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;

b) alle sachdienlichen Daten, Zeichnungen, Fotografien und sonstigen Angaben zu dem Motortyp oder gegebenenfalls zum Stammmotor;

c) alle zusätzlichen Informationen, die von der Typgenehmigungsbehörde im Rahmen des Antragverfahrens für eine Typgenehmigung angefordert werden.

d) 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 Originalgerätehersteller 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 Zweistoffmotoren ist der geltende Zweistoffsuffix 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.

(2) 2 Die Kennzahlen der Vertragsparteien des Übereinkommens von 1958 finden sich in Anhang 3 der Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3), Dokument TRANS/WP.29/78/Rev.6/Anhang 3 — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/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_X 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_X, 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 Stammmotor (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_X 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 ≥ 19 kW und Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRG

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

obere Drehmomentgrenze: Volllast-Drehmomentkurve

Motordrehzahlbereich: Drehzahl A bis n_{hi}

Dabei gilt

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

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

n_{lo} = 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 ± 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

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

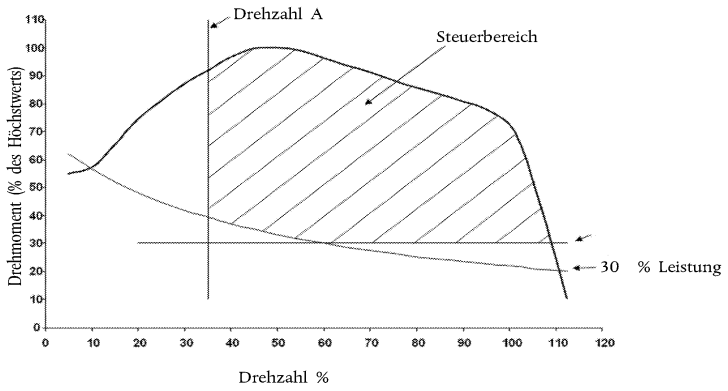
Dabei gilt:

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

n_{idle} = die Leerlaufdrehzahl.

Abbildung 1

Prüfbereich für Motoren mit variabler Drehzahl der Klasse NRE mit einer höchsten Nutzleistung ≥ 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.

a) Nur für Partikelmaterie, wenn die Motordrehzahl C unter 2400 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;

b) nur für Partikelmaterie, wenn die Motordrehzahl C bei oder über 2400 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 min-1 und 70 % der höchsten Nutzleistung bei hoher Drehzahl verbindet.

Dabei gilt

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

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

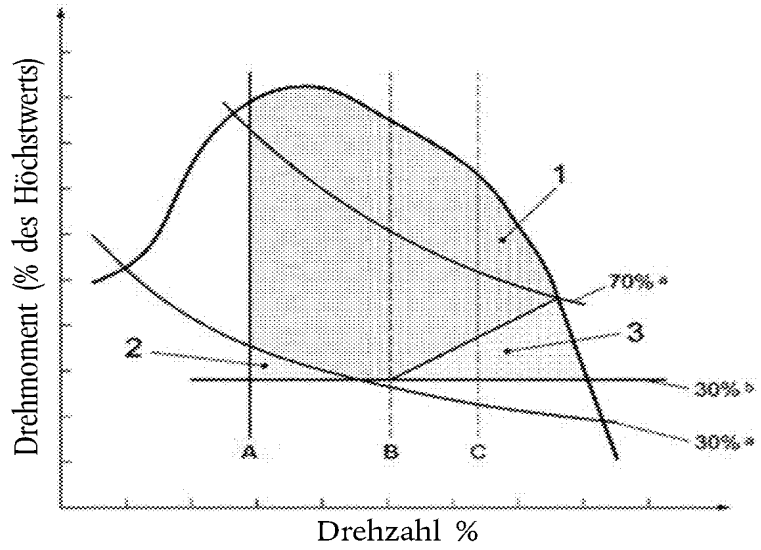
n_{hi} = hohe Drehzahl (siehe Absatz 2.1.43)

n_{lo} = 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 ± 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-1



Legende

1 Motorprüfbereich

2 Ausnahmeregelung alle Emissionen

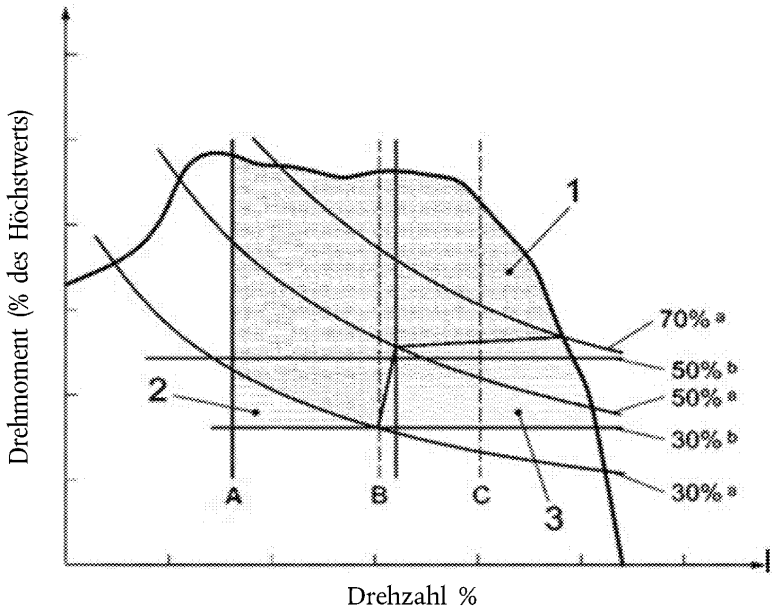
3 PM-Ausnahmeregelung

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-1



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 Rußbeladung 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_2) 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 NRSh 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 herstellerseitigen 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 Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode 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.

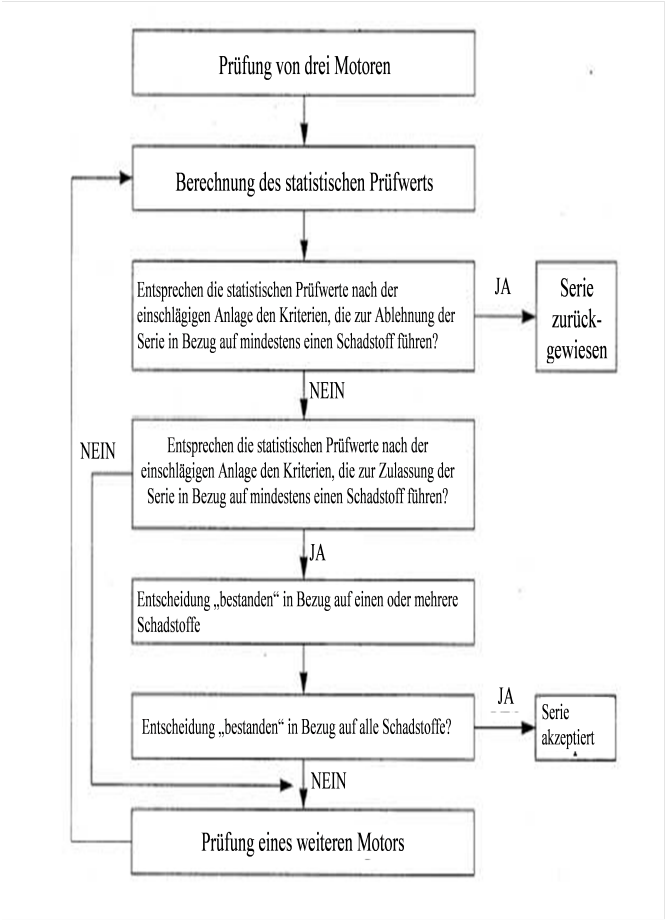
8.7.4. Bei all diesen Prüfungen ist der entsprechende handelsübliche Kraftstoff zulässig. Auf Antrag des Herstellers können jedoch die in Anlage 5 dieser Regelung beschriebenen Bezugskraftstoffe verwendet werden. Bei Motoren, die mit gasförmigen Kraftstoffen betrieben werden, sind die Prüfungen, wie 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 Stammmotor 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 Stammmotors 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 FAHRZEUGTYPS 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≤P<19	NRE-v-2 NRE-c-2		
	CI	19≤P<37	NRE-v-3 NRE-c-3	29. Dezember 2018	29. Dezember 2018
		37≤P<56	NRE-v-4 NRE-c-4		
	alle	56≤P<130	NRE-v-5 NRE-c-5	29. Dezember 2018	1. Januar 2020
		130≤P≤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 ≤ P < 19	NRE-v-2	
	CI		19 ≤ P < 37	NRE-v-3	
	CI		37 ≤ P < 56	NRE-v-4	
	alle		56 ≤ P < 130	NRE-v-5	
			130 ≤ P ≤ 560	NRE-v-6	
			P > 560	NRE-v-7	
	CI	konstant	0 < P < 8	NRE-c-1	Nennwert der Nutzleistung
	CI		8 ≤ P < 19	NRE-c-2	
	CI		19 ≤ P < 37	NRE-c-3	
	CI		37 ≤ P < 56	NRE-c-4	
	alle		56 ≤ P < 130	NRE-c-5	
			130 ≤ P ≤ 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^3)	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^3)	Unterklasse	Bezugsleistung
NRS	SI	variabel ≥ 3600 min^{-1} oder konstant	0 < P < 19	80 ≤ SV < 225	NRS-vr-1a	Höchste Nutzleistung
				SV ≥ 225	NRS-vr-1b	
		variabel < 3600 min^{-1}		80 ≤ SV < 225	NRS-vi-1a	
				SV ≥ 225	NRS-vi-1b	
		variabel oder konstant	19 ≤ P < 30	SV ≤ 1 000	NRS-v-2a	Höchste Nutzleistung
				SV > 1 000	NRS-v-2b	
			30 ≤ P < 56	alle	NRS-v-3	Höchste Nutzleistung

Für Motoren < 19 kW mit SV < 80 cm^3 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_X	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	($HC+NO_X$ ≤7,50)		0,40(1)	—	1,10
NRE-v-2 NRE-c-2	8≤P<19	CI	6,60	($HC+NO_X$ ≤7,50)		0,40	—	1,10
NRE-v-3 NRE-c-3	19≤P<37	CI	5,00	($HC+ NO_X$ ≤4,70)		0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-4 NRE-c-4	37≤P<56	CI	5,00	($HC+ NO_X$ ≤4,70)		0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-5 NRE-c-5	56≤P<130	alle	5,00	0,19	0,40	0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-6 NRE-c-6	130≤P≤560	alle	3,50	0,19	0,40	0,015	1×10^{12}	1,10
NRE-v-7 NRE-c-7	P>560	alle	3,50	0,19	3,50	0,045	—	6,00

(1) 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_X	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	$HC + NO_X$
	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	$HC + NO_X$
	kW		g/kWh	g/kWh
NRS-vr-1a NRS-vi-1a	0<P<19	SI	610	10
NRS-vr-1b NRS-vi-1b			610	8
NRS-v-2a	19≤P≤30		610	8
NRS-v-2b NRS-v-3	19≤P<56		4,40(1)	2,70(1)

(1) 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 ≤ 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_X	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	$HC + NO_X$
	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:

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

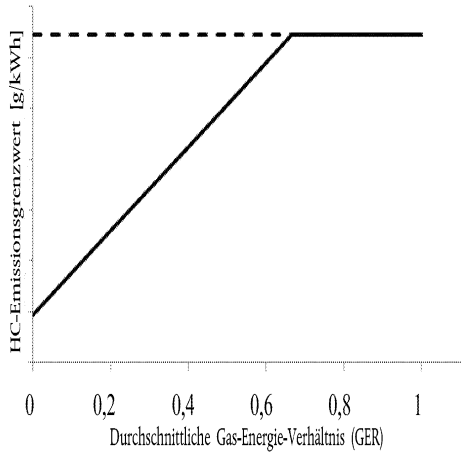
wobei GER das durchschnittliche Gas-Energie-Verhältnis während des jeweiligen Prüfzyklus ist.

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 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 ≤ P < 19	NRE-v-2	
	CI		19 ≤ P < 37	NRE-v-3	5 000
	CI		37 ≤ P < 56	NRE-v-4	8 000
	alle		56 ≤ P < 130	NRE-v-5	
			130 ≤ P ≤ 560	NRE-v-6	
			P > 560	NRE-v-7	
	CI	konstant	0 < P < 8	NRE-c-1	3 000
	CI		8 ≤ P < 19	NRE-c-2	
	CI		19 ≤ P < 37	NRE-c-3	
	CI		37 ≤ P < 56	NRE-c-4	8 000
	alle		56 ≤ P < 130	NRE-c-5	
			130 ≤ P ≤ 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^3)	Unterklasse	EDP (Stunden)
NRSh	SI	variabel oder konstant	0 < P < 19	SV < 50	NRSh-v-1a	50/125/300 (1)
				SV ≥ 50	NRSh-v-1b	

(1) 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^3)	Unterklasse	EDP (Stunden)
NRS	SI	variabel, Nenndrehzahl oder konstant	0 < P < 19	80 ≤ SV < 225	NRS-vr-1a	125/250/500 (1)
		variabel, Zwischendrehzahl			NRS-vi-1a	
		variabel, Nenndrehzahl oder konstant		SV ≥ 225	NRS-vr-1b	250/500/1 000 (1)
		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
			30 ≤ P < 56	alle	NRS-v-3	5 000

(1) 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 (1)

(1) 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 (1)

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

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 angegeben 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:

a) Motor mit Vielstofffähigkeit gemäß den Anforderungen in Absatz A.4.2.3;

b) Motor mit beschränkter Kraftstofffähigkeit gemäß den Anforderungen in Absatz A.4.2.4;

c) 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 λ-Verschiebungsfaktor (S_{λ}) auf. Erdgas mit einem λ-Verschiebungsfaktor zwischen 0,89 und 1,08 ($0{,}89 \leq S_{\lambda} \leq 1{,}08$) wird der Gasgruppe H zugerechnet, während Erdgas mit einem λ-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_{λ} 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 λ-Verschiebungsfaktor (S_{λ}) 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 λ-Verschiebungsfaktor (S_λ) 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 λ-Verschiebungsfaktor (S_λ) 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 λ-Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem λ-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 λ-Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem λ-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 Stammmotors für jede Kraftstoffzusammensetzung innerhalb derselben Gasgruppe, für die die Typgenehmigung des Stammmotors gilt (im Fall von Motoren nach Absatz A.4.2.5), oder für dieselben Kraftstoffe, für die die Typgenehmigung des Stammmotors 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 Stammmotors 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:

a) die Prüfungen gemäß Tabelle 25 durchführen;

b) 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 Kraftstofffähigkeit	Anzahl der Prüfläufe	Berechnung von „r“
Siehe Absatz A.4.2.3.1 Erdgasmotor mit Anpassung an jede Kraftstoffzusammensetzung	G_R (1) und G_{25} (2) Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit einem zusätzlichen handelsüblichen Kraftstoff (3) geprüft werden, wenn $0{,}89 \leq S_\lambda \leq 1{,}19$	2 (höchstens 3)	$r = \frac{fuel\,2(G_{25})}{fuel\,1(G_R)}$ und, falls mit einem zusätzlichen Kraftstoff geprüft, $r_a = \frac{fuel\,2(G_{25})}{fuel\,3(market\ fuel)}$ und $r_b = \frac{fuel\,1(G_R)}{fuel\,3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$			
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 marktüblichen Kraftstoff (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 jeweiligen Schalterstellung	$r_b = \frac{fuel\,1(G_R)}{fuel\,3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ und $r_a = \frac{fuel\,2(G_{25})}{fuel\,3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$			

	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 Kraftstofffähigkeit	Anzahl der Prüfläufe	Berechnung von „r“
Siehe Absatz A.4.2.4.1 Erdgasmotor für den Betrieb mit Kraftstoff entweder 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 marktüblichen Kraftstoff (Kraftstoff 3) anstelle von G_{23} geprüft werden, wenn $0{,}89 \leq S_\lambda \leq 1{,}19$	2 für die Gasgruppe H oder 2 für die Gasgruppe L 2	$r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ für die Gasgruppe H oder $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ für die Gasgruppe L
Siehe Absatz A.4.2.4.2 Erdgasmotor für den Betrieb mit Kraftstoff einer bestimmten Zusammensetzung				G_R (1) und G_{25} (2), zwischen den Prüfungen ist eine Feinabstimmung zulässig; Auf Antrag des Herstellers kann der Motor mit folgenden Kraftstoffen 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 Gasgruppe H oder 2 für die Gasgruppe L	

Tabelle 26

Typgenehmigung von mit LPG 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 Kraftstofffähigkeit	Anzahl der Prüfläufe	Berechnung von „r“
Siehe Absatz A.4.2.3.4 Flüssiggas-Motor mit Anpassung an jede Kraftstoffzusammensetzung	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 Zusammensetzung				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_{20}	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_2) in g/kWh mit. Der Originalgerätehersteller teilt diesen Wert dem Endnutzer zusammen mit folgendem Hinweis mit: „Dieser CO_2-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_2) in g/kWh zusammen mit folgendem Hinweis mit: „Dieser CO_2-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:

a) 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;

b) 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;

c) 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_X 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_X-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 Reglung;

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^{-1}):	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 beigefügt. 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 Schaltpunkten 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_X-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([1])

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^3):.....

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. $DeNO_X$-System mit selektiver NO_X-Reduktion (Zusatz eines Reduktionsmittels): Ja/Nein

(falls ja, Abschnitt 3.11.3 ausfüllen)

2.11.3. Andere $DeNO_X$-Systeme:

Ja/Nein (falls ja, Abschnitt 3.11.3 ausfüllen)

2.11.4. Dreiwegekatalysator mit gleichzeitiger Oxidation und NO_X-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	Stammmotor/Motortyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.1.	**Kennzeichnung des Motors**						
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.	**Leistungskennwerte**						
3.2.1.	Angegebene Nenndrehzahl(en) (min-[1]):						
3.2.1.1.	Kraftstoffördermenge je Hub (mm[3]) 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-[1]):						wenn von der Nenndrehzahl abweichend
3.2.2.1.	Kraftstoffördermenge je Hub (mm[3]) 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-[1])						falls zutreffend
3.2.3.1.	Kraftstoffördermenge je Hub (mm[3]) für Dieselmotoren, Kraftstoffdurchfluss (g/h) für andere Motoren bei Drehzahl des maximalen Drehmoments:						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor/Motortyp:	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-[1])						falls zutreffend
3.2.7.	Höchstdrehzahl ohne Last (min-[1])						falls zutreffend
3.2.8	Angegebenes minimales Drehmoment (Nm):						falls zutreffend
3.3.	**Einfahrverfahren**						freiwillig nach Wahl des Herstellers
3.3.1.	Einfahrzeit:						
3.3.2.	Einfahrzyklus:						
3.4.	**Motorprüfung**						
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.	**Schmiersystem**						
3.5.1.	Schmiermitteltemperatur						falls zutreffend
3.5.1.1.	Minimum (°C):						
3.5.1.2.	Maximum (°C):						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor/Motortyp:	Motortypen in der Motorenfamilie (falls zutreffend)				Erläuterungen (nicht im Bogen enthalten)
			Typ 2	Typ 3	Typ ...	Typ n	
3.6.	**Verbrennungszylinder**						
3.6.1.	Bohrung (mm)						
3.6.2.	Hub (mm)						
3.6.3.	Zylinderanzahl:						
3.6.4.	Gesamthubraum des Motors (cm^3)						
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^2):						
3.6.10.	Ventilsteuerzeiten						
3.6.10.1.	Maximale Ventilhübe 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.	**Kühlsystem**						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	Stammmotor/Motortyp:	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.	**Ansaugen**						
3.8.1.	Höchstzulässiger Ansaugunterdruck bei Motornenndrehzahl und Volllast (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), Doppelturbo 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 Volllast (°C):						
3.8.3.3.	Höchstzulässiger Druckabfall über den Ladeluftkühler bei Motornenndrehzahl und Volllast (kPa)						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor/Motortyp:	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.	**Abgasanlage**						
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 Volllast (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.	**Weitere Einrichtungen: Ja/Nein**						
3.10.1.	Abgasrückführung (AGR)						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor/Motortyp:	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.	**Abgasnachbehandlungssystem:**						
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	Stammmotor/Motortyp:	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_X 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_{min}) (Vol.-%):						
3.11.3.12.3.	Normaler Betriebstemperaturbereich des Reagens:						
3.11.3.12.4.	Internationale Norm:						falls zutreffend
3.11.3.13.	NO_X-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	Stammmotor/Motortyp:	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 Wandstrom/andere (angeben)						
3.11.4.2.	Typ:						
3.11.4.3.	Abmessungen und Volumen des Partikelnachbehandlungssystems:						*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	Stammmotor/Motortyp:	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.	**Kraftstoffsystem für mit Flüssigkraftstoffen betriebene Selbstzündungsmotoren oder gegebenenfalls für Zweistoffmotoren**						
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.	Pumpennenndrehzahl (min-[1]):						
3.12.2.1.3.	mm³ je Hub oder Zyklus bei Volleinspritzung und Pumpennenndrehzahl:						Toleranz angeben
3.12.2.1.4.	Pumpendrehzahl bei Höchstdrehmoment (min-[1])						
3.12.2.1.5.	mm³ je Hub oder Zyklus bei Volleinspritzung und Pumpennenndrehzahl 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	Stammmotor/Motortyp:	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 Volllast:						falls zutreffend, Bereich angeben
3.12.5.3.	Höchste Drehzahl ohne Last:						falls zutreffend, Bereich angeben
3.12.5.4.	Leerlaufdrehzahl (min-[1]):						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 Kraftstoffeinspritzungspumpe						
3.12.7.1.	Minimum (°C):						
3.12.7.2.	Maximum (°C):						
3.13.	**Kraftstoffsystem für mit Flüssigkraftstoff betriebenen Fremdzündungsmotor**						
3.13.1.	Vergaser						

Positionsnummer	Positionsbezeichnung	Stammmotor/Motortyp:	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.	**Kraftstoffsystem für mit gasförmigen Kraftstoffen betriebene Motoren oder gegebenenfalls für Zweistoffmotoren (für anders ausgelegte Systeme sind gleichwertige Angaben zu machen)**						
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	Stammmotor/Motortyp:	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	Stammmotor/Motortyp:	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-Endstufe						
3.14.9.1.	Minimum (°C):						
3.14.9.2.	Maximum (°C):						
3.15.	**Zündanlage**						
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.

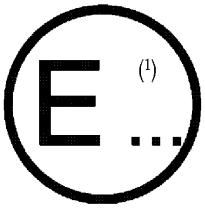
([1]) Wie in Absatz 7 dieser Regelung vorgesehen.

([2]) 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 (2): 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, Änderungsserie 05

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

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

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 (2): .....

1.7. Klasse und Unterklasse des Motortyps/der Motorenfamilie (2) (3): .....

1.8. Klasse der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode: Entfällt/Klasse 1/Klasse 2/Klasse 3 (2)

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 (2) sowie die Gültigkeit der beigefügten Prüfergebnisse in Bezug auf den Motortyp/die Motorenfamilie (2). 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 (2) genügt/genügt nicht (2) den Anforderungen der UN-Regelung Nr. 96, Änderungsserie 05.

2. Die Genehmigung wird erteilt/erweitert/versagt/zurückgenommen (2).

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 (2)

2. Gemeinsame Konstruktionskenngrößen des Motortyps/der Motorenfamilie (2)

2.1. Arbeitsweise: Viertakt/Zweitakt/Rotationskolben/andere: ..... (beschreiben) (2)

2.2. Art der Zündung: Selbstzündung/Fremdzündung (2)

2.3.1. Lage der Zylinder im Block: V/Reihe/Stern/andere (beschreiben) (2)

2.6. Hauptkühlmittel: Luft/Wasser/Öl (2)

2.7. Luftansaugverfahren: Saugmotor/aufgeladener Motor/aufgeladener Motor mit Ladeluftkühlung (2)

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) (2)

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)

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 (2)

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)

2.8.5. Kraftstoffsystem: Pumpe, Hochdruckleitung und Einspritzdüse/Reihen- oder Verteilereinspritzpumpe/Pumpe-Düse-System/ Common-Rail-Einspritzsystem/Vergaser/Saugrohreinspritzung/Direkteinspritzung/Mischer/anderes (angeben) (2)

2.9. Motormanagementsysteme: mechanische/elektronische Steuerstrategie (2)

2.10. Weitere Einrichtungen: Ja/Nein (2)

2.10.1. Abgasrückführung (AGR): Ja/Nein (2)

2.10.2. Wassereinspritzung: Ja/Nein (2)

2.10.3. Lufteinblasung: Ja/Nein (2)

2.10.4. Sonstige (angeben):

2.11. Abgasnachbehandlungssystem: Ja/Nein (2)

2.11.1. Oxidationskatalysator: Ja/Nein (2)

2.11.2. $DeNO_X$-System mit selektiver NO_X-Reduktion (Zusatz eines Reduktionsmittels): Ja/Nein (2)

2.11.3. Andere $DeNO_X$-Systeme: Ja/Nein (2)

2.11.4. Dreiwegekatalysator mit gleichzeitiger Oxidation und NO_X-Reduktion: Ja/Nein (2)

2.11.5. Partikelnachbehandlungssystem mit passiver Regenerierung: Ja/Nein (2)

2.11.6. Partikelnachbehandlungssystem mit aktiver Regenerierung: Ja/Nein (2)

2.11.7. Sonstige Partikelnachbehandlungssysteme: Ja/Nein (2)

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 (2)				
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^{-1})				
3.2.2.2.	Höchste Nutzleistung (kW):				
3.2.3.	Drehzahl des maximalen Drehmoments (min^{-1})				
3.2.3.2.	Angegebenes maximales Drehmoment (Nm):				
3.6.3.	Zylinderanzahl:				
3.6.4.	Gesamthubraum des Motors (cm^3				
3.8.5.	Einrichtung zur Rückführung der Kurbelgehäusegase: Ja/Nein (2)				
3.11.3.12.	Selbstverbrauchendes Reagens: Ja/Nein (2)				
3.11.3.12.	Consumable reagent: Yes/No (2)				

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_X-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 × ECU-Drehmoment: Ja/Nein (2)

3.8.2. Berichtigungsfaktor für ECU-Drehmoment, wenn Drehmoment auf Leistungsprüfstand kleiner als 0,93 × ECU-Drehmoment ist:

11.1. Ergebnis für Emissionen je Zyklus

Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh	Prüfung *Zyklus* (4)
Endergebnis für NRSC mit DF							
Endergebnis der Prüfung für NRTC mit DF							

11.2. Ergebnis für CO_2:

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

11.3.1. NRTC-Bezugsarbeit (kWh):

11.3.2. NRTC-Bezugsarbeit CO_2 (g):

Erläuterungen zu Anhang 2

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

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

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

(3) 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.

(4) 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. Prüfberichtnummer: .....

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_X-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 × ECU-Drehmoment (*): Ja/Nein

3.8.2. Berichtigungsfaktor für ECU-Drehmoment, wenn Drehmoment auf Leistungsprüfstand kleiner als 0,93 × 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 (kg/m³) .....

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 (kg/m³) .....

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_λ-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 %) (min^{-1}): .....

6.1.1. Bestimmung der Nenndrehzahl durch (*): Angegebene Nenndrehzahl/angegebene maximale Prüfdrehzahl/gemessene Prüfdrehzahl

6.1.2. Angepasste maximale Prüfdrehzahl (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 (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 oC/-5 bis -15 oC (nur Motorschlitten)/ 20 bis 35 oC (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* [1]*(die entsprechenden Spalten sind auszufüllen)*					
	Leerlauf	63 %	80 %	91 %	Zwischendrehzahl	100 %
5 %						
10 %						
25 %						
50 %						
75 %						
100 %						

([1]) Die Einstellung des Leistungsprüfstands wird mithilfe des Verfahrens in Anhang 4 Absatz 7.7.1.3 dieser Regelung bestimmt. Die Leitungsaufnahme 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_X	HC+ NO_X	PM	PN
Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Prüfergebnis mit/ohne Regenerierung						

DF mult/add	CO	HC	NO_X	HC+ NO_X	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_2 (g/kWh):

9.3.4. Durchschnittlicher Zykluswert für NH_3 (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_X (g/kWh)	HC+ NO_X (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_X	HC+ NO_X	PM	PN
Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (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_2 (g/kWh):

10.3.2. Durchschnittlicher Zykluswert für NH_3 (ppm):

10.3.3. Zyklusarbeit für Warmstartprüfung (kWh):

10.3.4. CO_2 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_X	HC+ NO_X	PM	PN
Emissionen	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO_X (g/kWh)	HC+ NO_X (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_2 (g/kWh):

10.4.2. Durchschnittlicher Zykluswert für NH_3 (ppm):

10.4.3. Zyklusarbeit (kWh):

10.4.4. Zyklus-CO_2 (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_X (g/kWh)	HC+ NO_X (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh	*Prüfung Zyklus* (1)
Endergebnis der Prüfung für NRSC mit DF (2)							
Abschließendes Ergebnis für die dynamische Prüfung mit DF (3)							

(1) Für den NRSC den unter Absatz 9.1 genannten Zyklus angeben; für die dynamische Prüfung den unter Absatz 10.1 genannten Zyklus angeben.
(2) Ergebnisse aus Tabelle 6 kopieren.
(3) Ergebnisse aus Tabelle 9 oder gegebenenfalls 10 kopieren.

11.2. CO_2-Ergebnis (1):

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

11.3.1. NRTC-Bezugsarbeit (kWh) (2):

11.3.2. NRTC Bezugs-CO_2 (g) (3):

Erläuterungen zum Muster für den Prüfbericht

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

(*) Nichtzutreffendes streichen

(1) 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_2-Emissionswerte oder die für den LSI-NRTC unter Absatz 10.3.3 notierten CO_2-Emissionswerte anzugeben. Bei einem Motor, der nur im NRSC geprüft wird, sind die CO_2-Emissionswerte dieses Zyklus aus Absatz 9.3.3 anzugeben.

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

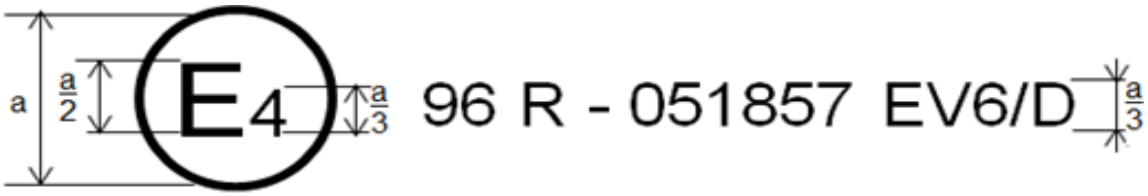
(3) Bei einem Motor, der im NRTC geprüft wird, ist der Wert aus Absatz 10.3.4 aufzuzeichnen, ansonsten erfolgt keine Eintragung.

ANHANG 3

ANORDNUNGEN DER GENEHMIGUNGSZEICHEN

MUSTER A

(siehe Absatz 4.3.3 dieser Regelung)

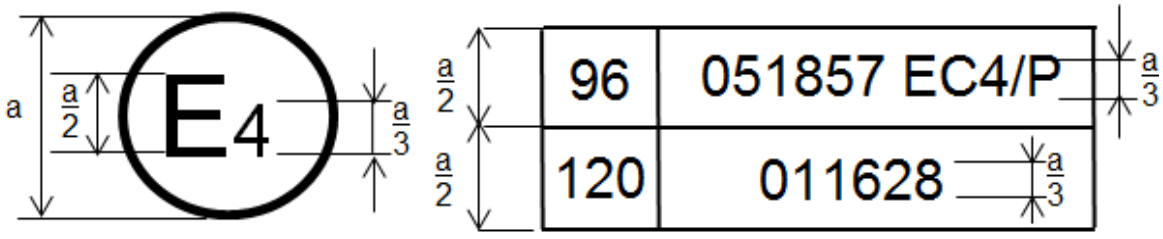


a = 8 mm min.

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 λ-Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem λ-Verschiebungsfaktor des in Anhang 4 dieser Regelung genannten G_{20}-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 λ-Verschiebungsfaktor resultiert, der um höchstens 3 % von dem λ-Verschiebungsfaktor des in Anhang 4 dieser Regelung genannten G_{20}-Kraftstoffs abweicht und dessen Ethan-Gehalt 1,5 % als gasförmiger Bestandteil des Kraftstoffs nicht übersteigt	7
Zweistoffmotor, der für eine beliebige andere (als die aufgeführten Mischungen) Mischung aus Flüssigerdgas und Flüssigbiomethangas 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([1])

Zeichen	Einheit	Begriff
a_0	—	*y*-Achsabschnitt der Regressionsgeraden
a_1	—	Steigung der Regressionsgeraden
α_{sp}	rad/s²	Ableitung der Motordrehzahl beim Sollwert
A/F_{st}	—	stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis
c	ppm, Volumenprozent	Konzentration (auch in µmol/mol = 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

([1]) Besondere Zeichen finden sich in den Anhängen.

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

Zeichen	Einheit	Begriff
r	kg/m³	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	m³	Volumen
W	kWh	Arbeit
y		generische Variable
$\overline{y}$		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([2])

5.1.2. Emissionen gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel

Schadstoffe sind:

a) Stickoxide, NO_X

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.

([2]) Die Nummerierung dieses Anhangs entspricht der 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_2-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_3) zu messen, wenn bei den Maßnahmen zur Verminderung der NO_X-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 Analysatoren 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 Prüfzelle, 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

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

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

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

Dabei ist:

$\overline{y}$ der Durchschnitt aus den niedrigsten und höchsten Drehzahlwerten, bei dem ($n^2_{\mathrm{normi}} + P^2_{\mathrm{normi}}$) 98 % des Höchstwertes von ($n^2_{\mathrm{normi}} + P^2_{\mathrm{normi}}$) entspricht

Entspricht der Wert von ($n^2_{\mathrm{normi}} + P^2_{\mathrm{normi}}$) nur bei einer Drehzahl 98 % des Höchstwertes von ($n^2_{\mathrm{normi}} + P^2_{\mathrm{normi}}$) dann gilt:

$$\mathrm{MTS} = n_{\mathrm{i}} \quad \text{(A.4-3)}$$

Dabei ist:

n_{i} die Drehzahl, bei der ($n^2_{\mathrm{normi}} + P^2_{\mathrm{normi}}$) 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 ($n^2_{\mathrm{normi}} + P^2_{\mathrm{normi}}$) 98 % des Höchstwertes von ($n^2_{\mathrm{normi}} + P^2_{\mathrm{normi}}$) 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 ± 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:

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

Dabei ist:

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

n_{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 ± 150 min^{-1}, bei Motoren der Klasse NRS ohne Drehzahlregler um nicht mehr als ± 350 min^{-1} oder ± 4 %, je nachdem, welcher Wert niedriger ist, und bei allen anderen Motorenklassen um nicht mehr als ± 100 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 ± 350 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 ± 4 % und bei Motoren aller übrigen Klassen um nicht mehr als ± 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 Eingabesignal 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 Volllast 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 £f_a£ 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 ± 5 K (25 ± 5 °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 Ansaugluftemperatur 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 Ansaugluftemperatur 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 ± 5 K (-10 ± 5 °C) zu halten.

6.1.6.1. Für Motoren der Klasse SMB, bei denen die elektronisch gesteuerte Kraftstoffeinspritzung den Kraftstoffdurchsatz an die Ansaugluftemperatur anpasst, kann die Temperatur der Ansaugluft nach Wahl des Herstellers alternativ auch auf 298 ± 5 K (25 ± 5 °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 ± 1 kPa auf dem Wert des 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 ± 0,5 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 K (20 °C) aufrechtzuerhalten.

ii) Bei Nenndrehzahl und unter Volllast ist der Kühlmitteldurchsatz so einzustellen, dass die Lufttemperatur mit einer Genauigkeit von ± 5 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 abzubauenden, 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 ± 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 Abgasnachbehandlungssystemen 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 ± 25 % oder 0,005 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 Anpassungsfakturen 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 (Rußbeladung, Temperatur, Abgasgegendruck 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.

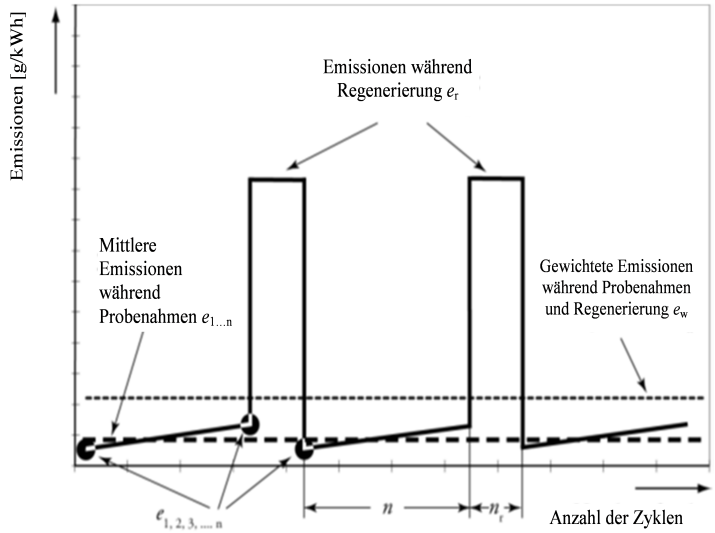
Für eine Regenerierungsprüfung muss der Hersteller ein schadstoffbeladenes Nachbehandlungssystem zur Verfügung stellen. Während der Motorkonditionierung darf keine Regenerierung stattfinden. Der Hersteller kann wahlweise aufeinanderfolgende Prüfungen nach dem anwendbaren Zyklus durchführen, bis das Nachbehandlungssystem 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_X-Emissionen, Temperatur vor und nach der Nachbehandlungsanlage, Abgasgegendruck 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

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

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

additiv

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

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

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 Stammmotorkonfiguration 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 bremsspezifischen Emissionen erfordert die Bestimmung der Masse der in den Abgasemissionen enthaltenen Schadstoffe (d. h. HC, CO, NO_X und PM), der Zahl der Partikel in den Abgasemissionen (d. h. PN), der Masse des CO_2 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 Konzentrationenwert 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.

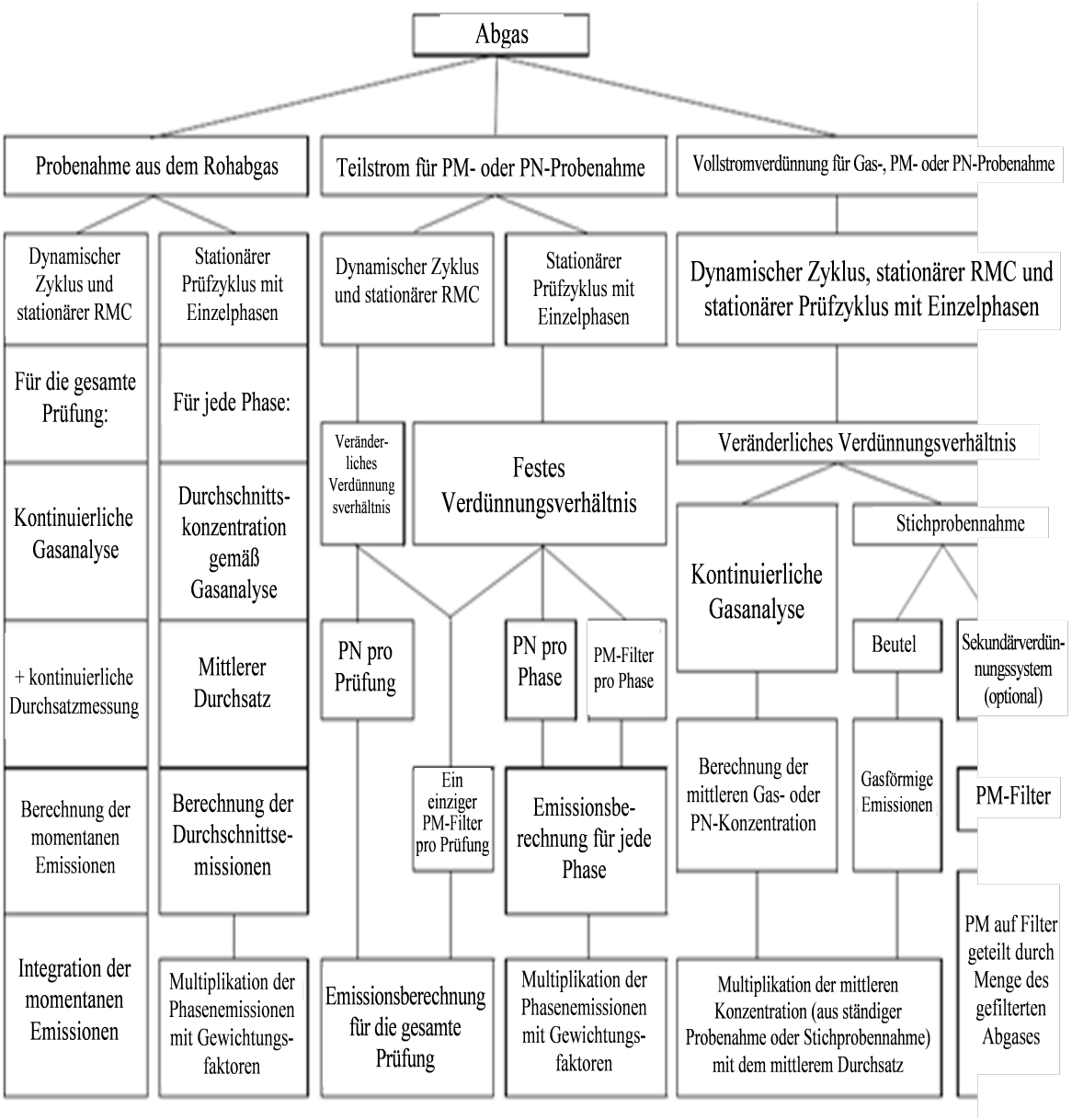
7.2.1.3. Kombinierte Probenahme

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 zyklusspezifischen Vorkonditionierung betrieben werden, um das Nachbehandlungssystem zu regenerieren und gegebenenfalls die Rußbeladung 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 Nenndrehzahl 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 Speichermittel 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 ± 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 ± 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 bremsspezifischen 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 gemessen 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.

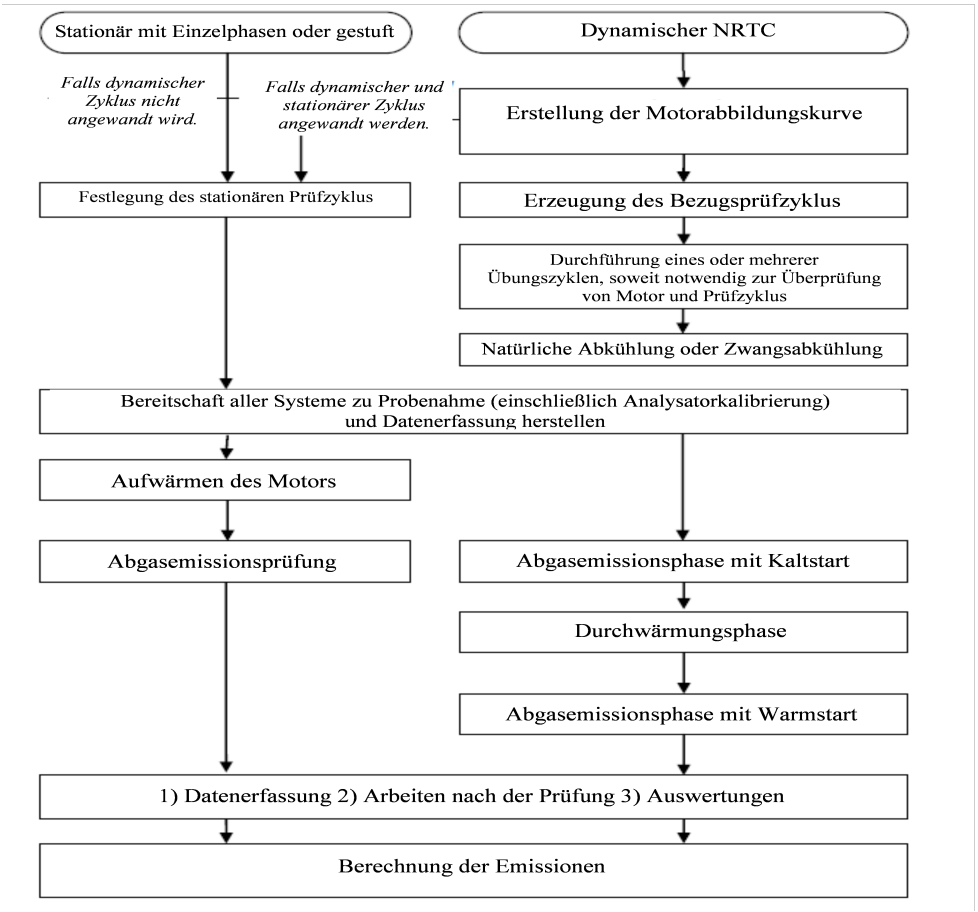
h) Der (die) PM-Filter ist (sind) vorzukonditionieren, zu wägen (Leergewicht), zu laden, erneut zu konditionieren und zu wägen (Gewicht beladen); anschließend sind die Proben gemäß den vor der Prüfung (Absatz 7.3.1.6 dieses Anhangs) und nach der Prüfung (Absatz 7.3.2.2 dieses Anhangs) durchzuführenden 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 ± 25 % durchzudrehen oder die Drehzahl des Leistungsprüfstandes ist linear von Null auf einen Wert von 100 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} × 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 Primärantriebswelle 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 Primärantriebswelle 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 ± 1 min^{-1}/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:

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

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:

$$n_{ref} = \frac{\%speed.\left(MTS - n_{idle}\right)}{100} + n_{idle} \qquad \text{(A.4-15)}$$

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:

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

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.

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

Dabei ist:

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

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 min^{-1}

n_{idle} = 600 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^{-1} folgt:

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

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 Einzelfilterverfahren 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 ± 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 ± 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 ± 1 % der Nenndrehzahl oder ± 3 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 Analysatoren 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 ± 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 s ± 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 abzuscheiden.

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-Achsabschnitt der Regressionsgeraden, a_0	± 1 % der Nenndrehzahl	± 20 Nm oder, falls größer, ± 2 % des höchsten Drehmoments	± 4 kW oder, falls größer, ± 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 ± 2 % der Nenndrehzahl zu halten. Das Drehmoment ist linear innerhalb von ± 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 Integratoren 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 Integratoren 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 bremsspezifischen 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:

$$y = a_1 x + a_0 \text{ (A.4-19)} \qquad \text{(A.4-19)}$$

Dabei ist:

y = ausgegebener Wert der Drehzahl (min-1), des Drehmoments (Nm), oder der Leistung (kW)

a_1 = Steigung der Regressionsgeraden

x = Bezugswert der Drehzahl (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	≤ 5,0 % der maximalen Prüfdrehzahl	≤ 10,0 % des höchsten abgebildeten Drehmoments	≤ 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	≤ 10 % der Leerlaufdrehzahl	± 20 Nm oder ± 2 % des höchsten Drehmoments, je nachdem, welcher Wert größer ist	± 4 kW oder ± 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 [a]
8.1.3: Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Geräuschentwicklung	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 [b]	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 [a]
8.1.9.1 : CO_2 NDIR H_2O-Querempfindlichkeit	bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.9.2. : CO NDIR CO_2 und H_2O-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_4-Ansprechverhaltens: bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten Überprüfung des CH_4-Ansprechverhaltens: bei der Erstinstallation, binnen 185 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.10.2 : Rohabgas-FID-O_2-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_2 und H_2O-Querempfindlichkeit	bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.11.3: NDUV HC und H_2O-Querempfindlichkeit	bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.11.4: NO_2-Durchlass des Probentrockners (Kühlapparat)	bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.11.5: Umwandlung des NO_2-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

([a]) Kalibrierungen und Überprüfungen häufiger und gemäß Herstelleranweisung sowie nach bestem fachlichen Ermessen durchführen.
([b]) Bei Systemen, die einer chemischen Kohlenstoff- oder Sauerstoffbilanz von Ansaugluft, Kraftstoff und verdünntem Abgas ± 2 % entsprechen, ist keine CVS-Überprüfung erforderlich.

8.1.3. Überprüfung von Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Geräuschentwicklung

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

Die Überprüfung der Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Geräuschentwicklung 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 verhältnisgleich 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, $\overline{y}_i$ 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, $\overline{y}_i$ 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 Kaltlötstellentemperatur. 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 ± 2 Prozent entsprechen, sind keine Linearitätsprüfungen erforderlich;

f) a_1 Kriterien für diese Größen sind nur einzuhalten, wenn anstelle eines Signals, das nur linear verhältnisgleich 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); Kühlmitteleintritt 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			
			$\lvert x_{min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 \rvert$	a	SEE	r^2
Motordrehzahl	n	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 0,05 % n_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % n_{max}	≥ 0,990
Motordrehmoment	T	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % T_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % T_{max}	≥ 0,990
Kraftstoffdurchsatz	q_m	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % $q_{m,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{m,\,max}$	≥ 0,990
Ansaugluftdurchsatz [1]	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Verdünnungsluftdurchsatz [1]	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Durchsatz des verdünnten Abgases [1]	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Rohabgasdurchsatz [1]	q_V	Binnen 185 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Probenentnehmerdurchsatz [1]	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % $q_{V,\,max}$	0,98-1,02	≤ 2 % $q_{V,\,max}$	≥ 0,990
Gasteiler	x/x_{span}	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 0,5 % x_{max}	0,98-1,02	≤ 2 % x_{max}	≥ 0,990
Gasanalysatoren	x	Binnen 35 Tagen vor der Prüfung	≤ 0,5 % x_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % x_{max}	≥ 0,998
PM-Waage	m	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % m_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % m_{max}	≥ 0,998
Selbstständige Drücke	p	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % p_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % p_{max}	≥ 0,998
Analog-Digital-Wandlung von selbstständigen Temperatursignalen	T	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	≤ 1 % T_{max}	0,99-1,01	≤ 1 % T_{max}	≥ 0,998

[1] 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 Anstiegzeit von ≤ 5 s bzw. bei einer Anstieg- und Abfallzeit von ≤ 5 s für alle gemessenen Abgasbestandteile (CO, NO_X, CO_2 und HC) und alle verwendeten Messbereiche ≤ 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 Anstiegzeit und der Frequenz, mit der das System eine aktualisierte Konzentration erfasst, muss mindestens 5 betragen. Die mittlere Anstiegzeit 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 Sondeneintritt des Probenahmesystems oder ein T-Stück in der Nähe des Sondenaustritts zu kontrollieren. In der Regel ist der Gasdurchsatz höher als der Probendurchsatz der Sonde und der Überschuss wird über den Sondeneintritt 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 N_2 verdünnte Justiergase mit luftverdünnten Justiergasen vermischt werden sollen.

Mithilfe eines Gasteilers wird ein NO-CO-CO_2-C_3H_8-CH_4-Justiergas (Rest N_2) zu gleichen Teilen mit einem NO_2-Justiergas (Rest gereinigte synthetische Luft) vermischt. Gegebenenfalls können anstelle von vermischtem NO-CO-CO_2-C_3H_8-CH_4-Justiergas (Rest N_2) 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 vermischten 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 Anstiegzeit $T_{10–90}$ 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 Anstiegzeiten (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 Anstiegzeit nach Bedarf zu erhöhen. Zur Erhöhung der Anstiegzeit 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 Prüfzelle) 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 Anstiegzeit 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 Anstiegzeit von Wasserdampf zu messen, wenn ein Kompensierungsalgorithmus auf der Grundlage von gemessenem Wasserdampf eingesetzt wird. In diesem Fall muss zumindest eines der verwendeten Kalibriergase (nicht jedoch NO_2) folgendermaßen befeuchtet werden:

Nutzt das System keinen Probentrockner zum Abscheiden von Wasser aus dem Probengas, 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 ± 10 K (25 ± 10 °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 K (5 °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 Leistungsprüfstandes — 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 ± 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-Hintergrund-konzentration in der Verdünnungsluft ist zu Beginn und am Ende der Prüfung zu messen. Die durchschnittliche Hintergrund-konzentration 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 berichtigten 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 ± 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 ± 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, $\bar{q}_{Vref}$

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 ± 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, $\overline{q}_{Vref}$

   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 Δp_{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 Δp_{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 ± 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, $\overline{q}_{Vref}$

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, Δp_{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.

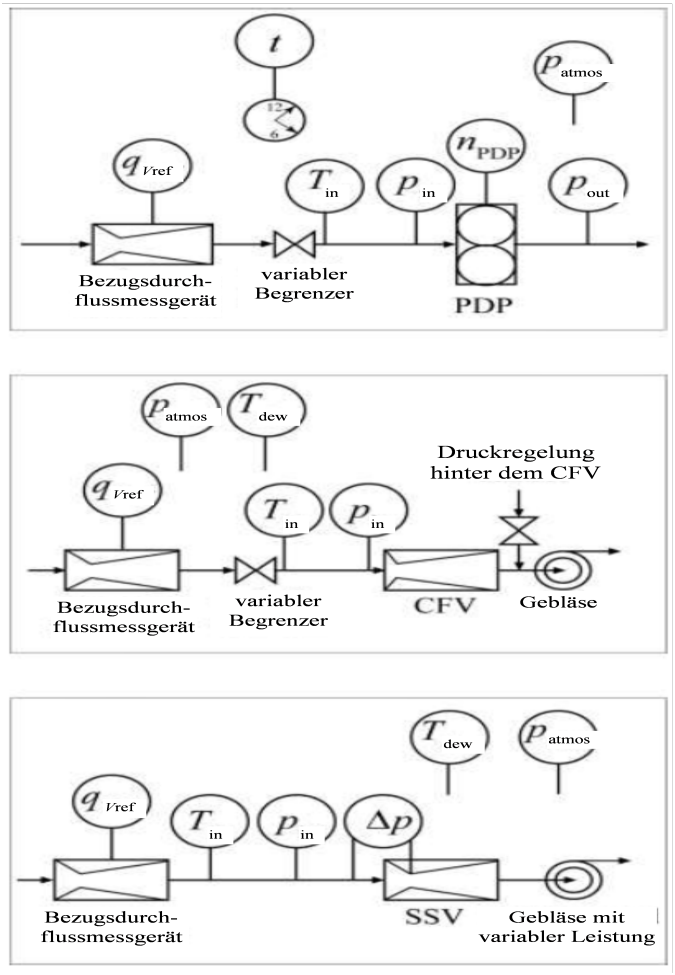
k) Das SSV darf nur zwischen den kalibrierten minimalen und maximalen Durchsatzwerten eingesetzt werden.

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 Probenahmesystem, 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_2 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-Probenahmesystem 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 Probenahmesystems 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_3H_8 als Spürgas in einem CVS genutzt. Bei Verwendung eines Bezugsdurchsatzes ist jedes andere als das ideale Gasverhalten des C_3H_8 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_3H_8 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-Probenahmesystems 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 ± 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 Probenahmeleitungen, 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 µmol/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 µmol/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_{C3H8} anstelle der effektiven Molmasse von HC, M_{HC}, zu berechnen.

d) Wird eine Bezugsmasse verwendet (gravimetrisches Verfahren), ist die Propanmasse des Zylinders auf ± 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 ± 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 ± 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_{dew} und den absoluten Druck p_{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_{dew} und der Druck p_{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_{dew} und der Druck p_{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 verhältnisgleichen 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 ± 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 ± 0,2 %, wodurch für q_{mp} bei einem Verdünnungsverhältnis von 15 eine Genauigkeit von £ 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_2, 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 ± 2 % des Skalenendwertes, der Fehler der Differenz zwischen q_{mdew} und q_{mdw} beträgt höchstens 0,2 %, und der Linearitätsfehler beträgt ± 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 verhältnisgleichen Rohgasprobe muss regelmäßig mit einem genauen, auf internationale und/oder nationale Normen rückführbaren Durchflussmessgerät kalibriert werden. Das Durchflussmessgerät bzw. die Durchflussmesseinrichtungen 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:

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \qquad \text{(A.4-21)}$$

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 sprungförmig 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. Probendurchsatz 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 leckagefreies 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 ± 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 ± 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 leckagefreies 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:

$$q_{Vleak} = \frac{V_{vac}}{R} * \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1}\right)}{(t_2 - t_1)} \qquad \text{(A.4-22)}$$

Dabei ist:

q_{Vleak} = Leckrate bei der Abnahme des Unterdrucks [mol/s]

V_{vac} = geometrisches Volumen der Unterdruckseite des Probenahmesystems [m³]

R = molare Gaskonstante [J/(mol·K)]

p_2 = unterdruckseitiger absoluter Druck zum Zeitpunkt t_2 [Pa]

$T2$ = 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_2-Messungen

8.1.9.1. Überprüfung der H_2O-Querempfindlichkeit von CO_2-NDIR-Analysatoren

8.1.9.1.1. Umfang und Häufigkeit

Wird CO_2 mithilfe eines NDIR-Analysators gemessen, muss die H_2O-Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

8.1.9.1.2. Messgrundsätze

H_2O kann das Ansprechverhalten eines NDIR-Analysators auf CO_2 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_2O-Querempfindlichkeit eines CO_2-NDIR-Analysators muss im Bereich von (0,0 ± 0,4) mmol/mol (der erwarteten mittleren CO_2-Konzentration) liegen.

8.1.9.1.4. Verfahren

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

a) Der CO_2-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_2O-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_2O-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 Prüfgases 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_{H2O} des befeuchteten Prüfgases wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise sind zur Berechnung von x_{H2O} der Taupunkt T_{dew} und der absolute Druck p_{total} zu messen.

f) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem x_{H2O} 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 ± 0,4) mmol/mol liegt.

8.1.9.2. Überprüfung der H_2O- und CO_2-Querempfindlichkeit von CO-NDIR-Analysatoren

8.1.9.2.1. Umfang und Häufigkeit

Wird CO mithilfe eines NDIR-Analysators gemessen, müssen die H_2O- und die CO_2-Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

8.1.9.2.2. Messgrundsätze

H_2O und CO_2 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_2O- und CO_2-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_2-Prüfgas wird erzeugt, indem ein CO_2-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_2O-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_2O-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_2-Justiergases muss mindestens so hoch sein wie der während der Prüfung erwartete Höchstwert.

c) Das befeuchtete CO_2-Prüfgas wird in das Probenahmesystem eingeleitet. Das befeuchtete CO_2-Prüfgas kann hinter dem Probentrockner eingeleitet werden, sofern ein solcher bei der Prüfung verwendet wird.

d) Die Wassermolfraktion x_{H2O} des befeuchteten Prüfgases wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise sind zur Berechnung von x_{H2O} der Taupunkt T_{dew} und der absolute Druck p_{total} zu messen.

e) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem x_{H2O} 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_2 und H_2O können auch getrennt durchgeführt werden. Falls die verwendeten CO_2- und H_2O-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_2O-Konzentrationen (bis 0,025 mol/mol H_2O-Gehalt), die geringer sind als die bei der Prüfung erwarteten Höchstwerte, dürfen verwendet werden; die beobachtete H_2O-Querempfindlichkeit ist jedoch hochzurechnen, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Werts mit dem Verhältnis zwischen dem erwarteten Höchstwert der H_2O-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_4) wird nach der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten gemäß Absatz 8.1.10.1.4 dieses Anhangs bestimmt.

c) Das Methan-Ansprechverhalten (CH_4) 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_3H_8-Kalibriergasen zu kalibrieren, die den Spezifikationen in Absatz 9.5.1 dieses Anhangs entsprechen. Die Kalibrierung muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins (C_1) 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 Sauerststoffquerempfindlichkeit 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_4-Ansprechfaktors

Da FID-Analysatoren generell unterschiedlich auf CH_4 bezogen auf C_3H_8 ansprechen, wird nach der FID-Optimierung der CH_4-Ansprechfaktor $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ jedes THC-FID-Analysators bestimmt. Der aktuellste gemäß diesem Absatz gemessene Wert $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ 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_4-Ansprechverhaltens herangezogen. $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ 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 $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$, 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 $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ im Bereich von ± 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 ± 0,5 % der zuletzt gemäß Absatz 8.1.10.1.3 dieses Anhangs erfassten Werte liegen. Müssen diese Durchsätze angepasst werden, ist ein neuer $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ gemäß Absatz 8.1.10.1.4 dieses Anhangs zu ermitteln. Es ist sicherzustellen, dass der ermittelte Wert $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ der in diesem Absatz 8.1.10.1.5 dieses Anhangs festgelegten Toleranz entspricht.

b) Entspricht $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ 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 $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ ist gemäß Absatz 8.1.10.1.4 dieses Anhangs zu ermitteln. Dieser neue Wert $RF_{CH4[THC\text{-}FID]}$ 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_2-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 Probendurchsatz zu optimieren. Die Leistung des FID ist anhand der Kompensationsalgorithmen für die während einer Emissionsprüfung auftretenden FID-O_2-Querempfindlichkeiten zu überprüfen.

8.1.10.2.3. Systemanforderungen

Jeder für die Emissionsprüfung verwendete FID-Analysator muss der Überprüfung der FID-O_2-Querempfindlichkeit anhand des in diesem Absatz beschriebenen Verfahrens standhalten.

8.1.10.2.4. Verfahren

Die FID-O_2-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_3H_8-Konzentration aufweisen. Die drei Ausgleichsgaskonzentrationen sind so zu wählen, dass die O_2- und N_2-Konzentrationen dem bei der Prüfung erwarteten O_2-Mindest-, -Höchst- und Zwischenwert entsprechen. Die Anforderung, dass die durchschnittliche O_2-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_2 aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Probendaten ist als $x_{O2minHC}$ 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 Probendaten 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_2 aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Probendaten ist als $x_{O2avgHC}$ 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 Probendaten 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 Probendaten ist als $x_{O2maxHC}$ 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 Probendaten innerhalb von ± 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 $x_{O2maxHC}$ und seiner Bezugsgaskonzentration ist zu berechnen. Die prozentuale Differenz zwischen dem Wert $x_{O2avgHC}$ und seiner Bezugsgaskonzentration ist zu berechnen. Die prozentuale Differenz zwischen dem Wert $x_{O2minHC}$ 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 ± 3 %, hat der FID der Überprüfung der O_2-Querempfindlichkeit standgehalten. Andernfalls muss der Mangel mithilfe eines oder mehrerer der folgenden Schritte behoben werden:

i) Die Überprüfung wird wiederholt, um festzustellen, ob ein Fehler aufgetreten ist.

ii) Für die Emissionsprüfung werden Null- und Justiergase mit einer höheren oder niedrigeren O_2-Konzentration gewählt und die Überprüfung wird wiederholt.

iii) 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_{CH4} für die nächste $RFCH_4$-Überprüfung zurückgesetzt werden. Nach Änderung der Durchsätze wird die Überprüfung der O_2-Querempfindlichkeit wiederholt und der Wert RF_{CH4} wird ermittelt.

iv) 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 ± 2 % nicht überschreiten. Bei der Messung von Rohabgasen darf ein CLD-Analysator die kombinierte H_2O- und CO_2-Querempfindlichkeit von ± 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_2-Querempfindlichkeit

Zur Ermittlung der CO_2-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_X 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_2-Justiergas ist in einer Konzentration zu verwenden, die in etwa dem Doppelten der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen CO_2-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_2-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_2 durch den Gasteiler geleitet werden, ist das vom Gasteiler erzeugte Gemisch zu stabilisieren. Die CO_2-Konzentration des Gasteiler-Gemischs wird ermittelt; dabei sind, um eine präzise Gasteilung zu gewährleisten, die Gaseigenschaften bei Bedarf zu korrigieren. Die ermittelte Konzentration x_{CO2act} 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_2-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_2-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_2-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_{NOmeas}, berechnet. Die ermittelte Konzentration x_{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_{NOact} wird am Austritt des Gasteilers auf der Grundlage der Justiergaskonzentrationen und des Werts x_{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_2O-Querempfindlichkeit

Zur Ermittlung der H_2O-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_X 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_{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_2O-Gehalt erzeugt wird, der in etwa der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen H_2O-Molfraktion entspricht. Wird die befeuchtete NO-Justiergasprobe nicht durch einen Probentrockner geleitet, wird die gemessene H_2O-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_2O-Molfraktion skaliert. Wird die befeuchtete NO-Justiergasprobe für diese Überprüfung durch einen Trockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H_2O-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_2O-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_2O-Molfraktion im befeuchteten NO-Justiergas wird gemessen. Falls ein Probentrockner verwendet wird, wird die H_2O-Molfraktion $x_{H2Omeas}$ im befeuchteten NO-Justiergas hinter dem Probentrockner gemessen. Es wird empfohlen, $x_{H2Omeas}$ so nah wie möglich am Eintritt des CLD-Analysators zu messen. $x_{H2Omeas}$ kann aus den Messungen des Taupunkts T_{dew} und des absoluten Drucks p_{total} berechnet werden.

h) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem $x_{H2Omeas}$ 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 $x_{H2Omeas}$ 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 Analysator die Probenkonzentration misst, werden 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet. Aus diesen Daten wird das arithmetische Mittel, der Wert x_{NOwet}, berechnet. Die ermittelte Konzentration x_{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_{H2Oexp} 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_{H2Oexp} wird gleich $x_{H2Omeas}$ gesetzt.

8.1.11.2.2. Während der Emissionsprüfung erwartete CO_2-Menge

Die während der Emissionsprüfung erwartete maximale CO_2-Konzentration x_{CO2exp} 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_2-Justiergases ins Probenahmesystem erfolgt. Bei der Schätzung der maximalen erwarteten CO_2-Konzentration ist der maximale erwartete CO_2-Gehalt in Kraftstoffverbrennungsprodukten und Verdünnungsluft zu berücksichtigen.

8.1.11.2.3. Berechnung der kombinierten H_2O- und CO_2-Querempfindlichkeit

Die kombinierte H_2O- und CO_2-Querempfindlichkeit ist anhand der Gleichung (A.4-23) zu berechnen:

$$quench = \left[\left(\frac{\frac{x_{NOwet}}{1 - x_{H2Omeas}}}{x_{NOdry}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{H20exp}}{x_{H2Omeas}} + \left(\frac{x_{NOmeas}}{x_{NOact}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{CO2exp}}{x_{CO2act}} \right] \cdot 100\% \qquad \text{(A.4-23)}$$

Dabei ist:

quench = Wert der CLD-Querempfindlichkeit

x_{NOdry} = nach Absatz 8.1.11.1.5 Buchstabe d dieses Anhangs gemessene NO-Konzentration vor einer Waschflasche

x_{NOwet} = nach Absatz 8.1.11.1.5 Buchstabe i dieses Anhangs gemessene NO-Konzentration hinter einer Waschflasche

x_{H2Oexp} = maximale erwartete Wassermolfraktion während der Emissionsprüfung gemäß Absatz 8.1.11.2.1 dieses Anhangs

$x_{H2Omeas}$ = gemessene Wassermolfraktion während der Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Absatz 8.1.11.1.5 Buchstabe g dieses Anhangs

x_{NOmeas} = gemessene NO-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO_2-Justiergas gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe j dieses Anhangs

x_{NOact} = tatsächliche NO-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO_2-Justiergas gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe k dieses Anhangs; Berechnung anhand der Gleichung (A.4-24)

x_{CO2exp} = maximale erwartete CO_2-Konzentration während der Emissionsprüfung gemäß Absatz 8.1.11.2.2 dieses Anhangs

x_{CO2act} = tatsächliche CO_2-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO_2-Justiergas gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe i dieses Anhangs

$$x_{NOact} = \left(1 - \frac{x_{CO2act}}{x_{CO2span}}\right) \cdot x_{NOspan} \quad \text{(A.4-24)}$$

Dabei ist:

x_{NOspan} = Konzentration des in den Gasteiler eingeleiteten NO-Justiergases gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe e dieses Anhangs

$x_{CO2span}$ = Konzentration des in den Gasteiler eingeleiteten CO_2-Justiergases gemäß Absatz 8.1.11.1.4 Buchstabe d dieses Anhangs.

8.1.11.3. Überprüfung der HC- und H_2O-Querempfindlichkeit des NDUV-Analysators

8.1.11.3.1. Umfang und Häufigkeit

Wird NO_X mithilfe eines NDUV-Analysators gemessen, muss die H_2O- und Kohlenwasserstoff-Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

8.1.11.3.2. Messgrundsätze

Kohlenwasserstoffe und H_2O können den Betrieb eines NDUV-Analysators stören, indem sie ein ähnliches Ansprechverhalten hervorrufen wie NO_X, 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_2O- und HC-Querempfindlichkeit eines NO_X-NDUV-Analysators muss im Bereich von ± 2 % der mittleren NO_X-Konzentration liegen.

8.1.11.3.4. Verfahren

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

a) Der NO_X-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_X-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 ± 2 % der beim Emissionsgrenzwert gemäß Gleichung (A.4-25) erwarteten NO_X-Konzentration liegt:

$$\left|\bar{x}_{NOx,CLD,meas} - \bar{x}_{NOx,NDUV,meas}\right| \cdot \left(\frac{\bar{x}_{HC,exp}}{\bar{x}_{HC,meas}}\right) \leq 2\% \cdot \left(\bar{x}_{NOx,exp}\right) \quad \text{(A.4-25)}$$

Dabei ist:

$\bar{x}_{NOx,CLD,meas}$ = mittlere mit dem CLD gemessene NO_X-Konzentration in [µmol/mol] oder [ppm]

$\bar{x}_{NOx,NDUV,meas}$ = mittlere mit dem NDUV-Analysator gemessene NO_X-Konzentration in [µmol/mol] oder [ppm]

$\bar{x}_{HC,meas}$ = mittlere gemessene HC-Konzentration in [µmol/mol] oder [ppm]

$\bar{x}_{HC,exp}$ = mittlere beim Standardwert erwartete HC-Konzentration in [µmol/mol] oder [ppm]

$\bar{x}_{NOx,exp}$ = mittlere beim Standardwert erwartete NO_X-Konzentration in [µmol/mol] oder [ppm]

8.1.11.4. NO_2-Durchlass des Probentrockners

8.1.11.4.1. Umfang und Häufigkeit

Bei Einsatz eines Probentrockners oberhalb eines NO_X-Messinstrumentes, dem kein NO_2-NO-Konverter vorgeschaltet ist, ist diese Überprüfung für den NO_2-Durchlassanteil des Probentrockners vorzunehmen. Diese Überprüfung ist nach der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten durchzuführen.

8.1.11.4.2. Messgrundsätze

Ein Probentrockner entfernt Wasser, das sonst eine NO_X-Messung verfälschen könnte. Jedoch kann in einem mangelhaft konzipierten Probentrockner verbleibendes flüssiges Wasser der Probe NO_2 entziehen. Somit kann der Probe vor der NO_X-Messung NO_2 entzogen werden, wenn ein Probentrockner ohne vorgeschalteten NO_2-NO-Konverter verwendet wird.

8.1.11.4.3. Systemanforderungen

Der Probentrockner muss bei der höchsten erwarteten NO_2-Konzentration die Messung von mindestens 95 % des gesamten NO_2 ermöglichen.

8.1.11.4.4. Verfahren

Das nachstehende Verfahren dient zur Überprüfung der Leistung des Probentrockners:

a) Inbetriebnahme des Geräts: Die Anweisungen des Herstellers des Analysators und des Probentrockners zu Inbetriebnahme und Betrieb des Geräts sind zu befolgen. Analysator und Probentrockner sind zur Leistungsoptimierung nach Bedarf einzustellen.

b) Einrichtung des Systems und Datenerfassung:

i) Der/die Gasanalysator/en zur Messung der Gesamt-NO_X ist/sind wie bei einer Emissionsprüfung zu nullen und zu justieren.

ii) Ein NO_2-Kalibriergas (Ausgleichsgas aus Trockenluft) mit einer 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 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 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-NO_X-Daten wird ein Mittelwert berechnet und dieser Wert als x_{NOxref} aufgezeichnet.

v) Der Durchfluss des 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_{NOxref} verwendeten NO_2-Kalibriergas zurückgewechselt. Für die Stabilisierung des gesamten NO_X-Ansprechverhaltens ist hinreichend Zeit vorzusehen, wobei nur Transportverzögerungen und das Ansprechverhalten des Messgeräts zu berücksichtigen sind. Aus 30 s an erfassten Gesamt-NO_X-Daten wird ein Mittelwert berechnet und dieser Wert als $x_{NOxmeas}$ aufgezeichnet.

viii) $x_{NOxmeas}$ wird auf der Grundlage der Wasserdampfrückstände, die den Probentrockner mit der Austrittstemperatur und dem Austrittsdruck des Probentrockners durchströmt haben, zu x_{NOxdry} korrigiert.

c) Leistungsbeurteilung:

Entspricht der Wert x_{NOxdry} weniger als 95 % von x_{NOxref} ist der Probentrockner instandzusetzen oder zu ersetzen.

8.1.11.5. Überprüfung der Umwandlung des NO_2-NO-Konverters

8.1.11.5.1. Umfang und Häufigkeit

Wird ein Analysator verwendet, der zur Ermittlung des NO_X nur NO misst, muss vor dem Analysator ein 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 NO_2-NO-Konverters nicht abgenommen hat.

8.1.11.5.2. Messgrundsätze

Ein NO_2-NO-Konverter erlaubt die Bestimmung der Gesamt-NO_X mit einem Analysator, der nur zur Messung von NO in der Lage ist, indem das NO_2 im Abgas in NO umgewandelt wird.

8.1.11.5.3. Systemanforderungen

Ein NO_2-NO-Konverter muss bei der maximalen erwarteten NO_2-Konzentration die Messung von mindestens 95 % des gesamten NO_2 ermöglichen.

8.1.11.5.4. Verfahren

Das nachstehende Verfahren dient zur Überprüfung der Leistung eines NO_2-NO-Konverters:

a) Die Anweisungen der Hersteller des Analysators und des 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_2-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_2-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_X-Spitzenkonzentration annähert. Der NO_2-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_{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_2-Versorgung des Ozongenerators wird eingeschaltet und der O_2-Durchsatz so eingestellt, dass der vom Analysator angezeigte NO-Wert ca. 10 % niedriger ist als x_{NOref}. Die NO-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt und als $x_{NO+O2mix}$ aufgezeichnet.

iv) Der Ozongenerator wird eingeschaltet und die Ozonerzeugungsrate so eingestellt, dass das vom Analysator gemessene NO ca. 20 % des Werts x_{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_{NOmeas} aufgezeichnet.

v) Der NO_X-Analysator wird in den NO_X-Modus versetzt und die Gesamt-NO_X werden gemessen. Die NO_X-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt. Dieser Wert ist als x_{NOmeas} aufzuzeichnen.

vi) Der Ozongenerator wird ausgeschaltet, der Gasdurchfluss durch das System jedoch fortgesetzt. Der NO_X-Analysator misst die im Gemisch aus NO und O_2 enthaltenen NO_X. Die NO_X-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt und als $x_{NOx+O2mix}$ aufgezeichnet.

vii) Die O_2-Versorgung wird ausgeschaltet. Der NO_X-Analysator misst die im ursprünglichen NO-in-N_2-Gemisch enthaltenen NO_X. Die NO_X-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt. Dieser Wert ist als x_{NOref} aufzuzeichnen. Dieser Wert darf nicht mehr als 5 % über dem Wert x_{NOref} liegen.

d) Leistungsbeurteilung: Die Effizienz des NO_X-Konverters wird durch Einfügen der ermittelten Konzentrationen in die Gleichung (A.4-26) berechnet:

$$Efficiency[\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}}\right) \cdot 100 \qquad \text{(A.4-26)}$$

e) Entspricht das Ergebnis weniger als 95 %, muss der NO_2-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 ± 10 µg oder ± 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 entsprochen 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 kg/m³ angenommen.

b) Für PTFE-Membranmedien (Folie) mit integriertem Stützring aus Polymethylpenten, auf den 95 % der Medienmasse entfallen, wird eine Dichte des Probenahmemediums von 920 kg/m³angenommen.

c) Für PTFE-Membranmedien (Folie) mit integriertem Stützring aus PTFE wird eine Dichte des Probenahmemediums von 2144 kg/m³ angenommen.

8.1.12.2.3. Luftdichte

Da die Umgebung der PM-Waage streng auf die Einhaltung einer Umgebungstemperatur von 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) und eines Taupunkts von 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °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):

$$m_{cor} = m_{uncor} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{weight}}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{media}}} \right) \quad \text{(A.4-27)}$$

Dabei ist:

m_{cor} = um Auftrieb bereinigte Masse des PM-Probenahmefilters

m_{uncor} = Masse des PM-Probenahmefilters ohne Auftriebskorrektur

ρ_{air} = Luftdichte in der Waagenumgebung

ρ_{weight} = Dichte des zur Justierung der Waage verwendeten Kalibriergewichts

ρ_{media} = Dichte des PM-Probenahmefilters

wobei

$$\rho_{air} = \frac{p_{abs} \cdot M_{mix}}{R \cdot T_{amb}} \quad \text{(A.4-28)}$$

Dabei ist:

p_{abs} = absoluter Druck in der Waagenumgebung

M_{mix} = Molmasse der Luft in der Waagenumgebung

R = molare Gaskonstante

T_{amb} = absolute Umgebungstemperatur in der Waagenumgebung

8.2. Validierung der Messgeräte vor der Emissionsprüfung

8.2.1. Validierung der verhältnisgleichen Durchsatzregelung für Stichprobenahmen und des Mindestverdünnungsverhältnisses für PM-Stichprobenahmen

8.2.1.1. Kriterien der Verhältnisgleichheit für CVS

8.2.1.1.1. Verhältnisgleiche 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 ± 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:

a) 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 ± 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 ± 4 % der mittleren absoluten Temperatur oder des Sollwerts lag.

b) 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 ± 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 ± 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. 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 ≤ 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 Anstiegzeit ≤ 1 s und die kombinierte Ansprechverzögerung ≤ 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:

a) Der Korrelationskoeffizient r^2 der linearen Regression zwischen $q_{mp,i}$ und $q_{mew,i}$ muss mindestens 0,95 betragen.

b) Die Standardabweichung vom Schätzwert von $q_{mp,i}$ gegenüber $q_{mew,i}$ darf nicht größer als 5 % des Maximalwertes von q_{mp} sein.

c) Der q_{mp}-Wert auf der Regressionsgeraden darf den Maximalwert von q_{mp} um höchstens ± 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 ± 1 %, können die Daten entweder ohne Korrektur oder nach erfolgter Korrektur akzeptiert werden. Übersteigt die Drift ± 1 %, sind für jeden Schadstoff zwei Sätze von bremsspezifischen 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 bremsspezifischen Emissionswerten muss innerhalb von ± 4 % der nicht korrigierten bremsspezifischen 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 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 Wägeumgebung 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 µg auf einem wirksamen Filterbereich mit 38 mm Durchmesser 0,353 µg/mm² überschreitet, muss sich der Filter vor der Wägung mindestens 60 min in der Stabilisierungsumgebung befinden.

b) Ist davon auszugehen, dass die PM-Oberflächen-Gesamtkonzentration eines Filters 0,353 µg/mm² unterschreitet, muss sich der Filter vor der Wägung mindestens 30 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 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_{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 verhältnisgleiche 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 Verhältnisgleichheit 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 ± 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 ± 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 verhältnisgleiche 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.

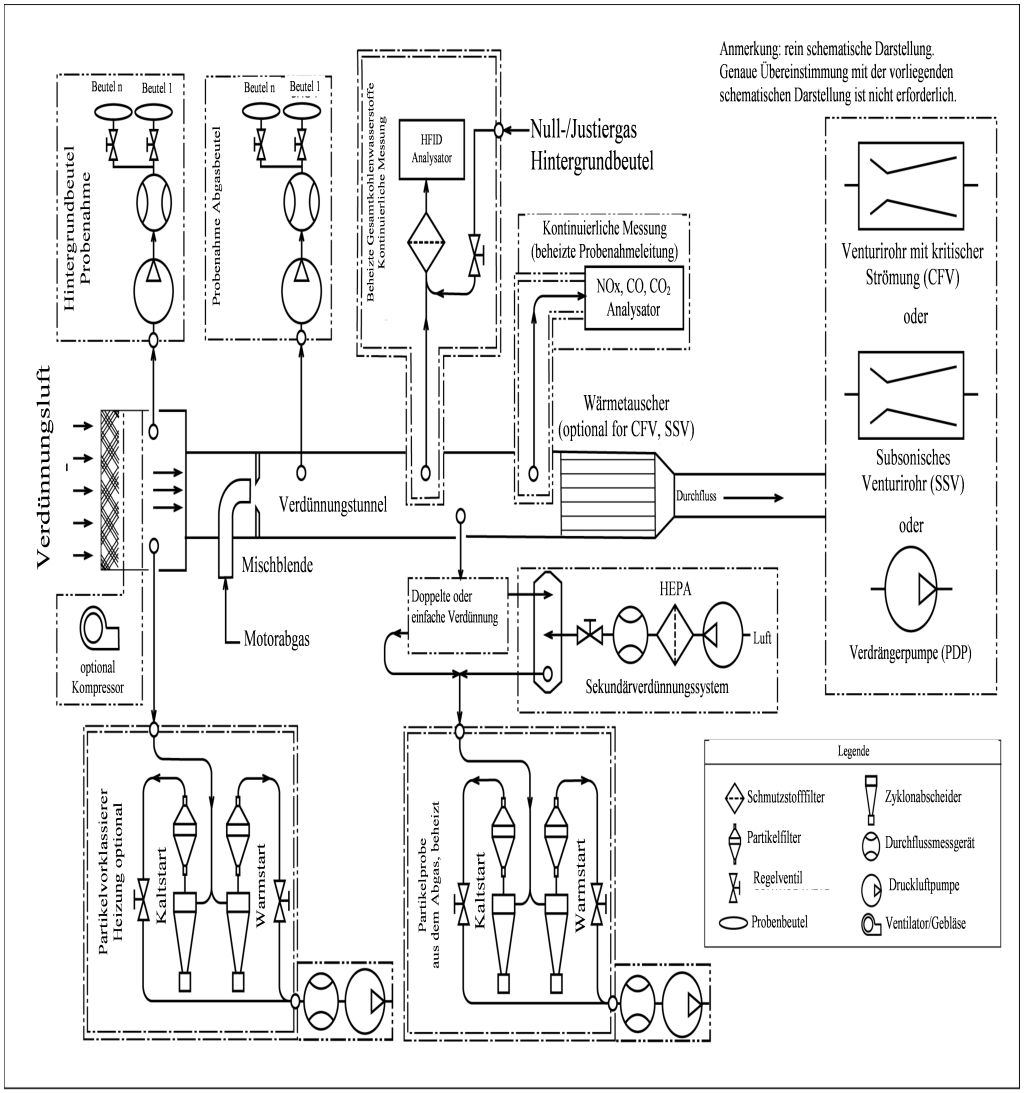
i) Die Gesamtverweildauer im System muss, gemessen vom Punkt der Einleitung des Verdünnungsgases in den bzw. die Filterhalter, zwischen 0,5 und 5 s betragen.

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

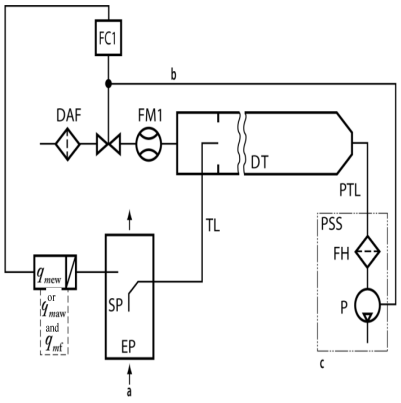
Abbildung A.4-6 zeigt eine schematische Darstellung eines PFD-Systems. Der schematische Überblick bildet die Grundsätze der Probenextraktion, -verdünnung und PM-Probenahme ab. Die Darstellung ist nicht so zu verstehen, dass alle abgebildeten Komponenten für potenzielle andere zur Abscheidung von Proben 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 verhältnisgleichen 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 Probendurchsatz 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 verhältnisgleichen 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 verhältnisgleich 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 verhältnisgleichen 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 verhältnisgleicher 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 verhältnisgleichen 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 verhältnisgleiche 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 verdünnen Abgasstrom können die Sonden beliebig ausgerichtet werden. Bei manchen Sonden muss die Probentemperatur kontrolliert werden:

a) bei Sonden zur Entnahme von 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_X-Übertragungsleitungen vor einem NO_2-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 Probentemperatur 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_2O 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_2O) 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 Kühlapparat darf nicht vor einem THC-Messsystem für Selbstzündungsmotoren eingesetzt werden. Wird ein thermischer Kühlapparat vor einem NO_2-NO-Konverter oder in einem Probenahmesystem ohne NO_2-NO-Konverter verwendet, muss der Kühlapparat der NO_2-Verlust-Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs standhalten. Der Taupunkt T_{dew} und der absolute Druck p_{total} hinter einem thermischen Kühlapparat 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 Kühlapparats. Wenn der Sättigungsgrad im thermischen Kühlapparat angenommen werden kann, lässt sich T_{dew} auf der Grundlage des bekannten Wirkungsgrads des Kühlapparats und der kontinuierlichen Überwachung der Temperatur des Kühlapparats $T_{chiller}$ berechnen. Werden die Werte für $T_{chiller}$ 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 $T_{chiller}$ gleich T_{dew} ist, kann $T_{chiller}$ im Einklang mit Anhang 5 anstelle von T_{dew} verwendet werden. Wenn aufgrund einer bekannten und gleichbleibenden Wiedererwärmung der Probe zwischen dem Austritt des Kühlapparats und dem Ort, an dem die Temperatur gemessen wird, von einem konstanten Temperaturunterschied zwischen $T_{chiller}$ und T_{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_X-Probenpumpe vor einem NO_2-NO-Konverter, der den Spezifikationen gemäß Absatz 8.1.11.5 entspricht, oder einem Kühlapparat, 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 ± 11 K (191 ± 11 °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_3, eine Kontaminierung des NO_2-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_2, O_2, CH_4, C_2H_6, C_3H_8, NO, NO_2[1]	Polyvinylfluorid (PVF)[2], zum Beispiel Tedlar™, Polyvinylidenfluorid[2], zum Beispiel Kynar™, Polytetrafluorethylen[3], zum Beispiel Teflon™, oder rostfreier Stahl[3]
HC	Polytetrafluorethylen[4] oder rostfreier Stahl[4]

[1] Sofern eine Wasserkondensierung im Speicherbehälter vermieden wird.
[2] Bis zu 313 K (40 °C).
[3] Bis zu 475 K (202 °C).
[4] Bei 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.3. PM-Probenahme

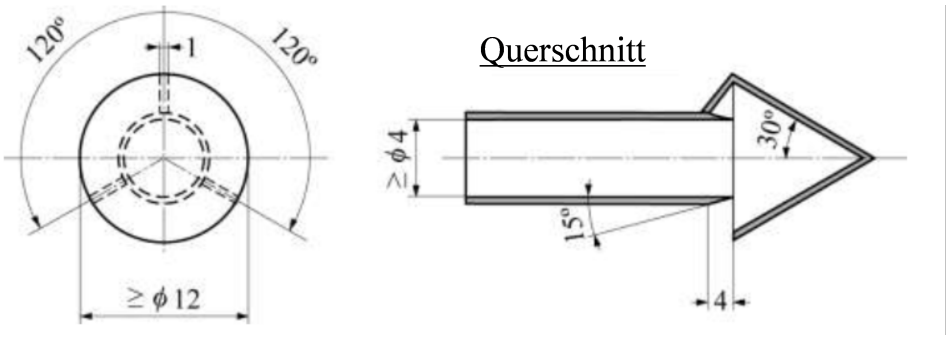
9.3.3.1. Probenahmesonden

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 Probenahmefilters 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 ± 5 K (47 ± 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-Probenahmesystem 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 K ± 1 K (22 °C ± 1 °C) zu halten. Die Luftfeuchtigkeit ist auf einem Taupunkt von 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °C) und auf einer relativen Feuchtigkeit von 45 % ± 8 % zu halten. Wenn Stabilisierung und Wägung in getrennten Räumen erfolgen, muss die Temperatur der Stabilisierungsumgebung in einem Toleranzbereich von 295 ± 3 K (22 °C ± 3 °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 Wägeumgebung 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 Wägeumgebung ist laufend aufzuzeichnen. Alternativ kann auch ein Barometer zur Messung des Luftdrucks außerhalb der Wägeumgebung eingesetzt werden, sofern sichergestellt werden kann, dass sich der Luftdruck an der Waage immer im Bereich von ± 100 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 8.1.12.2 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, Probenahmesystem 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 Anstiegzeit des Systems	Aktualisierungsfrequenz bei der Aufzeichnung	Genauigkeit [a]	Wiederholbarkeit [a]
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 sEntfällt	1 HzEntfällt	2,0 % des Mittelwerts oder 1,5 % des Maximalwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 0,75 % des Maximalwerts
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-Mittelvon 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 Anstiegzeit des Systems	Aktualisierungs-frequenz bei der Aufzeichnung	Genauigkeit ([a])	Wiederholbarkeit ([a])
Gravimetrische PM-Waage	m_{PM}	k. A.	k. A.	Siehe 9.4.11	0,5 µg
PM-Trägheitswaage	m_{PM}	5 s	1 Hz	2,0 % des Mittelwerts oder 2,0 % des Messwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Messwerts

([a]) 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 verhältnisgleichen 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 Abgaskrümmer 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_X-Proben entnommen werden, es sei denn, der Kühler hält der Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs stand.

d) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung, bevor der Durchsatz ein Messgerät erreicht, sind der Taupunkt T_{dew} und der Druck p_{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 verhältnisgleichen Beprobung der Abgasbestandteile verwendet werden. Der Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases oder ein oder mehrere Probendurchsätze oder eine Kombination aus diesen Durchsatzreglern können zur verhältnisgleichen 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_X-Proben entnommen werden, es sei denn, der Kühler hält der Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 dieses Anhangs stand.

d) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung, bevor der Durchsatz ein Messgerät erreicht, sind der Taupunkt T_{dew} und der Druck p_{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 verhältnisgleichen 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 angeschlossenem 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_2-Messungen

Zur Messung der CO- und CO_2-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 ± 11 K (191 ± 11 °C) gehalten werden. Bei mit Erdgas (NG) und Flüssiggas (LPG) betriebenen sowie bei Fremdzündungsmotoren kann der Kohlenwasserstoffanalysator ein unbeheizter Flammenionisierungsdetektor (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_2-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_X-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_2-NO-Konverter

Ist der NDUV-Analysator nur zur Messung von NO in der Lage, muss vor dem NDUV-Analysator ein interner oder externer NO_2-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_2-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_2-Messungen

Zur Messung der O_2-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 Zirkonanalysator (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 µmol/mol erwartet, wäre die Verwendung eines Nullgases mit einer CO-Verunreinigung von 2000 µmol/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 [µmol/mol = ppm (3.2)]

Bestandteil	Gereinigte synthetische Luft[a]	Gereinigter N_2[a]
THC (C_1-Äquivalent)	≤ 0,05 µmol/mol	≤ 0,05 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol

Bestandteil	Gereinigte synthetische Luft[a]	Gereinigter N_2[a]
CO_2	≤ 10 µmol/mol	≤ 10 µmol/mol
O_2	0,205 bis 0,215 mol/mol	≤ 2 µmol/mol
NO_X	≤ 0,02 µmol/mol	≤ 0,02 µmol/mol

[a] 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[a]	Gereinigter N_2[a]
THC (C_1-Äquivalent)	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO	≤ 1 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol
CO_2	≤ 400 µmol/mol	≤ 400 µmol/mol
O_2	0,18 bis 0,21 mol/mol	—
NO_X	≤ 0,1 µmol/mol	≤ 0,1 µmol/mol

[a] 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_2-Konzentration von (0,39 bis 0,41) mol/mol (Rest He oder N_2) 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_2-Konzentration aufweisen.

iv) FID-Propanjustiergas Der THC-FID ist mit Justierkonzentrationen von Propangas (C_3H_8) zu justieren und zu kalibrieren. Die Kalibrierung muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins (C_1) 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_4, Rest gereinigte synthetische Luft und/oder gereinigter N_2 (je nach Sachlage)

ii) Reserviert

iii) C_3H_8, Rest gereinigte synthetische Luft und/oder gereinigter N_2 (je nach Sachlage)

iv) CO, Rest gereinigter N_2

v) CO_2, Rest gereinigter N_2

vi) NO, Rest gereinigter N_2

vii) NO_2, Rest gereinigte synthetische Luft

viii) O_2, Rest gereinigter N_2

ix) C_3H_8, CO, CO_2, NO, Rest gereinigter N_2

x) C_3H_8, CH_4, CO, CO_2, NO, Rest gereinigter N_2.

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 ± 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. Massenormale

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 Filtern 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 Durchflussmesseinrichtung in das Verdünnungssystem zurückgeleitet oder eine rechnerische Berichtigung gemäß Absatz A.1.1.3.2 vorgenommen. Bei Gesamtpartikel-probenahmen 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):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{\left(m_{sed} - m_{ex}\right)} \quad \text{(A.4-31)}$$

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:

a) 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.

b) 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 Durchsatzmesseinrichtung 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:

a) Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen muss die Reynolds-Zahl (Re) < 1700 sein.

b) Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen muss die Reynolds-Zahl (Re) im Partikelübertragungsrohr, d. h. hinter der Probenahmesonde oder der Probenahmestelle, < 1700 sein.

c) Die Verweilzeit in dem PTS muss ≤ 3 Sekunden sein.

d) 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:

a) Es muss einen Innendurchmesser von ≥ 4 mm haben.

b) Die Verweilzeit des Probengasstroms im OT muss ≤ 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 ≥ 423 K (150 °C) und ≤ 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 ± 10 K (± 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 ($f_r(d_i)$), nach Absatz A.1.2.2.2.2 für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser 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 Mobilitätsdurchmesser 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 ≥ 10000 cm-^{3} eine Verdampfung von mehr als 99 % der Tetracontan-Partikel ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) 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 ± 10 % in dem Bereich zwischen 1 cm-^{3} und der oberen Ansprechschwelle des Einzelpartikel-Zählmodus des PNC haben; Bei Konzentrationen unter 100 cm-^{3} 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-^{3} bei Konzentrationen unter 100 cm^3 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 (± 1 nm) und 41 nm (± 1 nm) haben, deren Effizienz 50 % (± 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}).

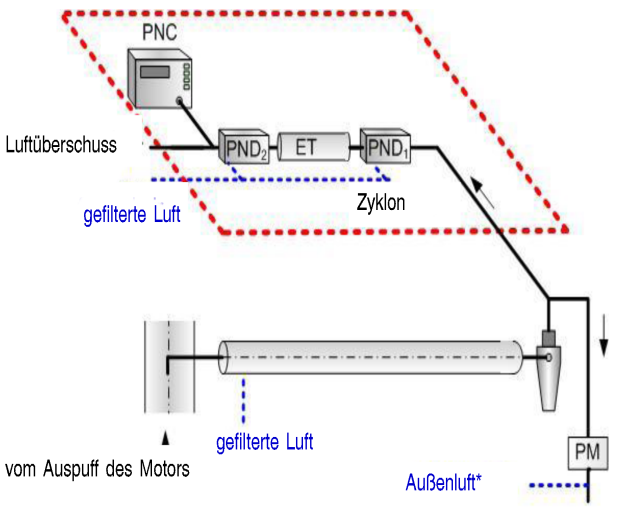
A.1.2.1.4. Empfohlene Systemmerkmale

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 Leistungsspezifikationen 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

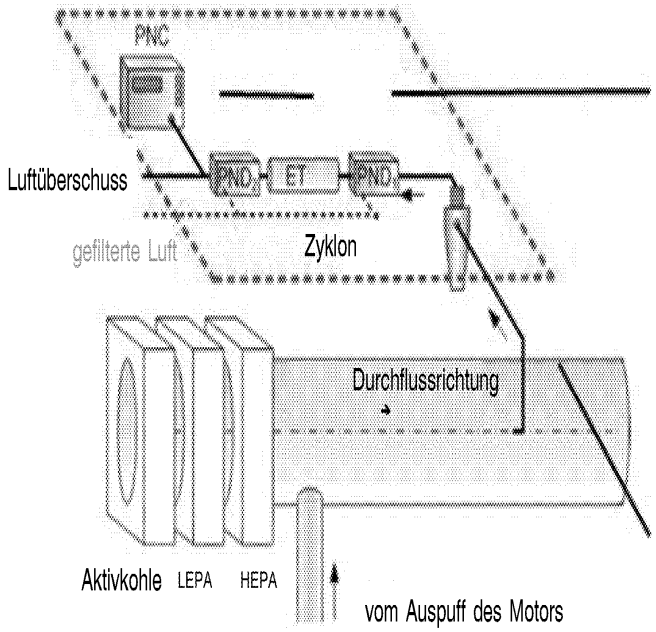
Darstellung des empfohlenen Partikel-Probenahmesystems — Teilstrom-Probenahme



*Alternativ kann die Steuerungssoftware den durch das PN-System abgezweigten 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_1 und PND_2) 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 ≤ 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 ≥ 4 mm haben.

Die Verweilzeit des Probengasstroms im OT muss ≤ 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 µm und 10 µm betragen. Der Partikelvorklassierer muss mindestens 99 % der Massenkonzentration an 1 µm 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 (PND_1), einem Verdampfungsrohr und einem zweiten Partikelverdünner (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 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 ≥ 10000 cm-³ eine Verdampfung von mehr als 99 % der Tetracontan-Partikel ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) mit einem Durchmesser von 30 nm erreicht wird. Er muss ferner einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration (f_r) 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 (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 °C bis 400 °C) ausgelegt sein. Der Sollwert der Wandtemperatur sollte innerhalb dieses Bereichs und mit einer Toleranz von ± 10 °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 Partikelzahlverdünners entspricht, und die Wandtemperatur sollte auf einer festen Nennbetriebstemperatur zwischen 573 K (300 °C) und 673 K (400 °C) mit einer Toleranz von ± 10 K gehalten werden.

A.1.2.1.4.4.3. Zweiter Partikelzahlverdünner (PND_2)

Der zweite Partikelzahlverdünner (PND_2) 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_2 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([1])

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 ± 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^{-3} entsprechen; die weiteren Konzentrationen müssen linear zwischen 1000 cm^{-3} 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 ± 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 Mobilitätsdurchmesser 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 Entferners flüchtiger Partikel (VPR)

([1]) Beispiele für Kalibrierungs- und Validierungsmethoden sind auf folgender Internetseite verfügbar: 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 Entferners 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 ± 10 % von dem mittleren Partikelkonzentrations-Reduktionsfaktor ($\overline{f_r}$) abweichen, der bei der ersten Kalibrierung des Entferners 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 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 ($\overline{f_r}$) bei einem bestimmten Verdünnungswert wird nach Gleichung (A.4-33) berechnet:

$$\overline{f_r} = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \quad \text{(A.4-33)}$$

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 ($CH_3(CH_2)_{38}CH_3$) mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von mindestens 30 nm bei einer Einlasskonzentration von ≥ 10000 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 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 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 cm^{-3} aufweisen, wenn er Umgebungsluft ausgesetzt wird, und eine Abnahme auf höchstens 0,2 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 PND_1 seine vorgeschriebene Betriebstemperatur erreicht hat.

ANLAGE A.2

MONTAGE DER VORRICHTUNGEN UND HILFSEINRICHTUNGEN

Nummer	Vorrichtung und Hilfseinrichtung	Für Emissionsprüfung montiert
1	Ansaugsystem	
	Ansaugkrümmer	Ja
	Kurbelgehäuseentlüftung	Ja
	Luftmengenmesser	Ja
	Luftfilter	Ja([a])
	Ansauggeräuschdämpfer	Ja([a])
2	Abgasanlage	
	Abgasnachbehandlung	Ja
	Auspuffkrümmer	Ja
	Verbindungsrohre	Ja([b])
	Schalldämpfer	Ja([b])
	Auspuffendrohr	Ja([b])
	Auspuffbremse	Nein([c])
	Einrichtung zur Aufladung	Ja
3	Kraftstoffpumpe	Ja([d])
4	Kraftstoffeinspritzung	
	Vorfilter	Ja
	Filter	Ja
	Pumpe	Ja
5	Hochdruckleitung	Ja
	Einspritzdüse	Ja
	Elektronisches Steuergerät, Sensoren usw.	Ja
	Regler/Steuersystem	Ja
	Automatischer Regelstangen-Volllastanschlag in Abhängigkeit von den atmosphärischen Bedingungen	Ja
6	Flüssigkeitskühlung	
	Kühler	Nein
	Lüfter	Nein
	Lüfterverkleidung	Nein
	Wasserpumpe	Ja([e])

Nummer	Vorrichtung und Hilfseinrichtung	Für Emissionsprüfung montiert
	Thermostat	Ja([f])
7	Luftkühlung	
	Luftleiteinrichtung	Nein([g])
	Lüfter oder Gebläse	Nein([g])
	Einrichtung zur Temperaturregelung	Nein
8	Einrichtung zur Aufladung	
	Verdichter, direkt durch den Motor und/oder durch die Abgase angetrieben	Ja
	Ladeluftkühler	Ja[(g)(h)]
	Kühlmittelpumpe oder Kühlgebläse (motorgetrieben)	Nein([g])
	Kühlmittel-Durchflussregler	Ja
9	Hilfsgebläse am Prüfstand	Ja, falls notwendig
10	Einrichtung zur Abgasreinigung	Ja
11	Anlasssystem	Ja, oder Prüfstandausstattung ([i])
12	Schmierölpumpe	Ja
13	Bestimmte Hilfseinrichtungen, deren Definition im Zusammenhang mit dem Betrieb der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder des mobilen Gerätes steht und die möglicherweise am Motor angebracht sind, sind für die Prüfung zu entfernen. Die nachstehende, nicht erschöpfende Liste enthält Beispiele hierzu: (i) Kompressor für Bremsanlagen (ii) Servolenkungskompressor (iii) Kompressor für die Federung (iv) Klimaanlage	Nein

([a]) Das vollständige Ansaugsystem ist so anzubauen, wie es für die beabsichtigte Verwendung vorgesehen ist:
i) wenn eine erhebliche Auswirkung auf die Motorleistung zu befürchten ist,
ii) wenn der Hersteller darum ersucht.
In anderen Fällen kann ein gleichwertiges System verwendet werden; dann ist eine Prüfung vorzunehmen, um sicherzustellen, dass der Ansaugdruck um nicht mehr als 100 Pa von dem oberen Grenzwert abweicht, den der Hersteller für einen sauberen Luftfilter angegeben hat.

([b]) Die gesamte Abgasanlage ist, wie für die beabsichtigte Verwendung vorgesehen, einzubauen,
i) wenn eine erhebliche Auswirkung auf die Motorleistung zu befürchten ist,
ii) wenn der Hersteller darum ersucht.
In anderen Fällen kann eine gleichwertige Anlage angebaut werden, sofern der gemessene Druck um nicht mehr als 1000 Pa von dem vom Hersteller angegebenen oberen Grenzwert abweicht.

([c]) Wenn der Motor über eine Auspuffbremse verfügt, ist deren Klappe in vollständig geöffneter Stellung zu fixieren.

([d]) Der Kraftstoffförderdruck darf erforderlichenfalls nachgeregelt werden, um die bei dem betreffenden Verwendungszweck vorhandenen Drücke zu reproduzieren (insbesondere, wenn ein System mit Kraftstoffrückführung verwendet wird).

([e]) Der Kühlflüssigkeitsumlauf darf nur mithilfe der Wasserpumpe des Motors erfolgen. Die Kühlung der Flüssigkeit kann über einen externen Kreislauf erfolgen, wobei der Druckverlust des externen Kreislaufes und der Druck am Pumpeneintritt im Wesentlichen den Werten des Motorkühlsystems entsprechen.

([f]) Der Thermostat darf in vollständig geöffneter Stellung fixiert werden.

([g]) Wenn das Kühlgebläse oder der Lüfter für die Prüfung montiert ist, ist die aufgenommene Leistung zu den Ergebnissen zu addieren; ausgenommen sind Kühlgebläse bei luftgekühlten Motoren, die direkt an der Kurbelwelle angebracht sind. Die Gebläse- oder Lüfterleistung ist bei Drehzahlen, die den für die Prüfung verwendeten entsprechen, entweder durch Berechnung auf der Basis der charakteristischen Merkmale oder durch praktische Prüfungen zu ermitteln.

([h]) Ladeluftgekühlte Motoren sind mit Ladeluftkühlung zu prüfen, wobei es unerheblich ist, ob die Kühlung durch Flüssigkeit oder durch Luft erfolgt; auf Wunsch des Herstellers kann der Ladeluftkühler jedoch durch ein Kühlsystem auf dem Prüfstand ersetzt werden. In jedem Fall ist die Messung der Leistung bei jeder Drehzahl mit den vom Hersteller angegebenen Werten für den maximalen Druckabfall und den minimalen Temperaturabfall der Ladeluft im Bereich des Ladeluftkühlers auf dem Prüfstand durchzuführen.

([i]) Die erforderliche Leistung für die elektrische oder andersartige Startausrüstung muss vom Prüfstandssystem bereitgestellt werden.

ANLAGE A.3

ÜBERPRÜFUNG DER DREHMOMENTSIGNAL-SENDEFUNKTION DES ELEKTRONISCHEN STEUERGERÄTS

A.3.1. Einleitung

Für den Fall, dass die Vertragspartei Überwachungsprüfungen im Betrieb fordert, enthält diese Anlage die Anforderungen für die Drehmoment-Überprüfung, falls der Hersteller beabsichtigt, bei entsprechend ausgerüsteten Motoren die Drehmoment-Sendefunktion des elektronischen Steuergeräts zu nutzen.

Die Grundlage für das Nutzdrehmoment sind das unkorrigierte Nutzdrehmoment des Motors einschließlich der Ausrüstungen und Hilfseinrichtungen, die für die Emissionsprüfung gemäß Anlage A.2 einzubeziehen sind.

A.3.2. Drehmoment-Sendesignal

Es ist dafür zu sorgen, dass das Drehmomentsignal, das vom elektronischen Steuergerät des zur Erstellung der Motorabbildungskurve auf dem Prüfstand installierten Motors ausgesendet wird, gelesen werden kann.

A.3.3. Überprüfungsverfahren

Bei der Durchführung des Abbildungsverfahrens nach Absatz 7.6.2 dieses Anhangs sind die vom Prüfstand gemessenen Drehmomentwerte und das Drehmomentsignal des elektronischen Steuergeräts gleichzeitig an mindestens drei Punkten der Drehmomentkurve abzulesen. Mindestens eine der Ablesungen muss an einem Punkt der Kurve erfolgen, an dem das Drehmoment mindestens 98 % des Höchstwertes beträgt.

Das Drehmomentsignal des elektronischen Steuergeräts ist ohne Korrektur zu akzeptieren, wenn an jedem Punkt, an dem Messungen durchgeführt werden, der durch Division des Prüfstand-Drehmomentwerts durch den Drehmomentwert des elektronischen Steuergerätes ermittelte Faktor mindestens 0,93 (das bedeutet eine Abweichung um höchstens 7 %) beträgt. In diesem Fall ist in der Mitteilung zur Typgenehmigung zu vermerken, dass das Drehmomentsignal des elektronischen Steuergeräts ohne Korrektur überprüft wurde. Beträgt der Faktor an einem oder mehreren Prüfpunkten weniger als 0,93, ist der durchschnittliche Korrekturfaktor aller Punkte, an denen Ablesungen erfolgt sind, zu ermitteln und in der Mitteilung zur Typgenehmigung zu vermerken. Ist in der Mitteilung zur Typgenehmigung ein Faktor angegeben, ist dieser auf das Drehmomentsignal des elektronischen Steuergeräts anzuwenden, wenn Überwachungsprüfungen im Betrieb durchgeführt werden.

ANLAGE A.4

VERFAHREN ZUR MESSUNG VON AMMONIAK

A.4.1. Nachfolgend ist das Verfahren zur Messung von Ammoniak (NH_3) beschrieben. Bei nichtlinearen Analysatoren ist die Verwendung von Linearisierungsschaltkreisen zulässig.

A.4.2. Drei Messprinzipien sind für die NH_3-Messung spezifiziert und jedes Prinzip kann angewendet werden, sofern es die unter den Absätzen A.4.2.1, A.4.2.2 oder A.4.2.3 angegebenen Kriterien erfüllt. Gastrockner sind für die NH_3-Messung nicht zulässig.

A.4.2.1. FTIR-Analysator (FTIR — Fourier Transform Infrarot)

A.4.2.1.1. Messprinzip

Das FTIR verwendet das Prinzip der Infrarotspektroskopie im breiten Wellenbereich. Er ermöglicht die simultane Messung von Abgasbestandteilen, deren genormte Spektren in dem Instrument verfügbar sind. Das Absorptionsspektrum (Intensität/Wellenlänge) wird aus dem gemessenen Interferogramm (Intensität/Zeit) mittels der Fourier-Transform-Methode errechnet.

A.4.2.1.2. Anbringung und Probenahme

Das FTIR ist entsprechend den Anweisungen des Instrumente-Herstellers anzubringen. Für die Bewertung ist die NH_3-Wellenlänge auszuwählen. Der Probenweg (Probenahmeleitung, Vorfilter und Ventile) muss aus rostfreiem Stahl oder Polytetrafluorethylen (PTFE) bestehen und auf Werte zwischen 383 K (110 °C) und 464 K (191 °C) aufgeheizt werden, um NH_3-Verluste und Probenahmeartefakte zu minimieren. Des Weiteren muss die Probenahmeleitung so kurz wie möglich sein.

A.4.2.1.3. Kreuzinterferenz

Die spektrale Auflösung der NH_3-Wellenlänge muss innerhalb von 0,5 cm^{-1} liegen, um die Kreuzinterferenz von anderen in den Abgasen vorhandenen Gasen zu minimieren.

A.4.2.2. Nichtdispersiver Ultraviolett-Resonanzabsorptionsanalysator (im Folgenden „NDUV“)

A.4.2.2.1. Messprinzip

Der NDUV beruht auf einem rein physikalischen Prinzip, es sind keinerlei Hilfsgase und keinerlei Ausrüstung erforderlich. Das wichtigste Element des Fotometers ist eine elektrodenlose Entladungslampe. Sie erzeugt eine hochaufgelöste Strahlung im Ultraviolettbereich, welche die Messung verschiedener Bestandteile wie NH_3 ermöglicht.

In dem fotometrischen System wird die Strahlung in einem Strahlenteiler in einen Mess- und einen Referenzpfad gesplittet (zeitlich differenzierter Doppelstrahl, „dual beam in time design“).

Um eine hohe Stabilität des Messsignals zu erreichen, ist der zeitlich differenzierte Doppelstrahl mit einem räumlich differenzierten Doppelstrahl („dual beam in space“) kombiniert. Durch die Verarbeitung der Signale wird dafür gesorgt, dass die Nullpunktdrift praktisch zu vernachlässigen ist.

Im Kalibriermodus des Analysators wird, um einen genauen Kalibrierwert zu erzielen, eine abgedichtete Quarzküvette in den Strahlengang geneigt, da alle Reflexionen und Absorptionsverluste der Küvettenfenster gelöscht werden. Da die Gasfüllung der Küvette sehr stabil ist, führt diese Kalibriermethode zu einer sehr zuverlässigen Langzeitstabilität des Fotometers.

A.4.2.2.2. Einbau

Der Analysator ist in einem Analysenschrank, der die extraktive Probenahme gemäß den Vorschriften des Geräteherstellers nutzt, anzubringen. Die Anbringungsstelle des Analysators muss das vom Hersteller spezifizierte Gewicht tragen können.

Der Probenweg (Probenahmeleitung, Vorfilter und Ventile) muss aus rostfreiem Stahl oder Polytetrafluorethylen (PTFE) bestehen und auf Werte zwischen 383 K (110 °C) und 464 K (191 °C) aufgeheizt werden.

Des Weiteren muss die Probenahmeleitung so kurz wie möglich sein. Beeinträchtigungen der Messung durch Abgastemperatur und -druck, Umgebung der Anbringung und Erschütterungen sind zu minimieren.

Der Gasanalysator ist vor Kälte, Wärme, Temperaturschwankungen, starken Luftströmungen, Staubansammlungen, korrosiver Atmosphäre und Erschütterungen zu schützen. Um ein Aufheizen zu verhindern, ist für ausreichende Luftzirkulation zu sorgen. Zur Wärmeableitung ist die gesamte Oberfläche zu nutzen.

A.4.2.2.3. Querempfindlichkeit

Um Querempfindlichkeiten von Begleitgasen möglichst gering zu halten, ist ein geeigneter Spektralbereich zu wählen. Typische Bestandteile, die bei der NH_3-Messung zu Querempfindlichkeiten führen, sind SO_2, NO_2 und NO.

Zusätzlich können weitere Methoden zur Verringerung von Querempfindlichkeiten angewandt werden.

a) Einsatz von Interferenzfiltern

b) Ausgleich von Querempfindlichkeiten durch Messung von Querempfindlichkeiten verursachenden Bestandteilen und Nutzung des Messsignals zur Kompensierung

A.4.2.3. Laser-Infrarot-Analysator

A.4.2.3.1. Messprinzip

Ein Infrarotlaser, etwa eine abstimmbare Laserdiode (tunable diode laser — TDL) oder ein Quantenkaskadenlaser (QCL) kann im nahen bzw. mittleren Infrarotbereich, in dem Stickstoffverbindungen einschließlich NH_3 stark absorbieren, kohärentes Licht abstrahlen. Diese Laseroptiken können im Pulsbetrieb ein hochauflösendes schmalbandiges Spektrum im nahen oder mittleren Infrarotbereich abstrahlen. Laser-Infrarot-Analysatoren können daher Interferenzen reduzieren, die durch die Überschneidung der Absorptionsspektren von gleichzeitig im Motorabgas vorkommenden Gasen hervorgerufen werden.

A.4.2.3.2. Einbau

Der Analysator ist entweder direkt am Auspuffrohr (in situ) anzubringen oder in einem Analysenschrank, der die extraktive Probenahme gemäß den Vorschriften des Instrumente-Herstellers nutzt. Bei Einbau in einen Analysenschrank muss der Probenweg (Probenahmeleitung, Vorfilter und Ventile) aus rostfreiem Stahl oder Polytetrafluorethylen (PTFE) bestehen und auf Werte zwischen 383 K (110 °C) und 464 K (191 °C) aufgeheizt werden, um NH_3-Verluste und Probenahmefehler zu minimieren. Des Weiteren muss die Probenahmeleitung so kurz wie möglich sein.

Beeinträchtigungen durch Abgastemperatur und -druck, Umgebung der Anbringung und Vibrationen auf die Messung sind zu minimieren; oder es müssen Kompensationstechniken angewendet werden.

Gegebenenfalls darf partikelfreie Luft, die im Zusammenhang mit der in-situ-Messung zum Schutz des Instruments verwendet wird, nicht die Konzentration jeglicher Abgasbestandteile, die nach dem Gerät gemessen werden, beeinträchtigen; ansonsten muss die Probenahme anderer Abgasbestandteile vor dem Gerät stattfinden.

A.4.2.3.3. Überprüfung der Querempfindlichkeit für Laser-Infrarot-NH_3-Analysatoren

A.4.2.3.3.1. Umfang und Häufigkeit

Wird NH_3 mithilfe eines Laser-Infrarot-Analysators gemessen, muss die Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

A.4.2.3.3.2. Messprinzipien für die Überprüfung der Querempfindlichkeit

Querempfindlichkeitsgase können den Betrieb bestimmter Laser-Infrarot-Analysatoren stören, in dem sie ein Ansprechverhalten wie bei NH_3 hervorrufen. Wenn der 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.

Die Interferenzgase für Laser-Infrarot-Analysatoren sind nach bestem fachlichen Ermessen zu bestimmen. Dabei ist zu beachten, dass die Art der Querempfindlichkeit außer bei H_2O von dem vom Gerätehersteller gewählten NH_3-Infrarot-Absorptionsband abhängig ist. Für jeden Analysator ist das NH_3-Infrarot-Absorptionsband zu bestimmen. Für jedes HN_3-Infrarot-Absorptionsband ist nach bestem fachlichen Ermessen zu bestimmen, welche Querempfindlichkeitsgase bei der Überprüfung zu verwenden sind.

A.4.3. Emissionsprüfverfahren

A.4.3.1. Überprüfung der Analysatoren

Vor der Emissionsprüfung müssen die Arbeitsbereiche der Analysatoren eingestellt werden. Es sind Emissionsanalysatoren mit automatischer oder manueller Bereichsumschaltung zulässig. Während eines Prüfzyklus darf der Bereich der Emissionsanalysatoren nicht umgeschaltet werden.

Das Nullgas- und Justiergasansprechen muss festgestellt werden, wenn die Vorschriften von Absatz A.4.3.4.2 nicht für das Instrument gelten. Für das Justiergasansprechen ist ein NH_3-Gas, das den Spezifikationen von Absatz 4.4.2.7 entspricht, zu verwenden. Die Verwendung von Referenzzellen, die NH_3-Justiergase enthalten, ist zulässig.

A.4.3.2. Erfassung emissionsrelevanter Daten

Mit Beginn der Prüffolge ist gleichzeitig die NH_3-Datenerfassung zu starten. Die NH_3-Konzentration ist kontinuierlich zu messen und mit mindestens 1 Hz in einem Computersystem zu speichern.

A.4.3.3. Arbeitsgänge im Anschluss an die Prüfung

Nach Abschluss der Prüfung ist die Probenahme fortzusetzen, bis die Systemansprechzeiten abgelaufen sind. Die Bestimmung der Drift der Analysatoren gemäß Absatz A.4.3.4.1 ist nur dann erforderlich, wenn die Informationen in Absatz A.4.3.4.2 nicht verfügbar sind.

A.4.3.4. Analysator-Drift

A.4.3.4.1. So bald wie möglich, aber nicht später als 30 Minuten, nachdem der Prüfzyklus abgeschlossen wurde, oder während der Abstellphase, ist das Ansprechen auf das Nullgas und das Justiergas zu bestimmen. Die Driftdifferenz zwischen den Messergebnissen vor und nach der Prüfung muss unter 2 Prozent vom Skalenendwert liegen.

A.4.3.4.2. Die Bestimmung der Analysator-Drift ist in den folgenden Situationen nicht erforderlich:

a) Wenn die vom Gerätehersteller in den Absätzen A.4.4.2.3 und A.4.4.2.4 angegebene Nullpunktdrift und Messbereichsdrift den Anforderungen in Absatz A.4.3.4.1 entspricht.

b) Wenn das Zeitintervall der vom Instrumente-Hersteller in den Absätzen A.4.4.2.3 und A.4.4.2.4 angegebenen Nullpunktdrift und Messbereichsdrift die Dauer der Prüfung überschreitet.

A.4.4. Spezifikationen der Analysatoren und Überprüfung

A.4.4.1. Linearitätsanforderungen

Der Analysator muss den in Tabelle A.4-8 dieses Anhangs angegebenen Linearitätsanforderungen entsprechen. Die Linearitätsprüfung gemäß Absatz 8.1.4 dieses Anhangs ist mindestens bei der Minimalfrequenz nach Tabelle A.4-5 dieses Anhangs durchzuführen. Mit vorheriger Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde sind weniger als 10 Referenzpunkte zulässig, wenn eine gleiche Genauigkeit nachgewiesen werden kann.

Für die Linearitätsprüfung ist ein NH_3-Gas, das den Spezifikationen von Absatz A.4.4.2.7 entspricht, zu verwenden. Die Verwendung von Referenzzellen, die NH_3-Justiergase enthalten, ist zulässig.

Geräte, deren Signale für Kompensierungsalgorithmen verwendet werden, müssen den Linearitätsanforderungen entsprechen, die in Tabelle 5 dieses Anhangs angegeben sind. Die Überprüfung der Linearität ist in den Abständen zu prüfen, die in hausinternen Verfahren, vom Hersteller oder in Normen der ISO 9000-Reihe festgelegt sind.

A.4.4.2. Spezifikationen zu den Analysatoren

Messbereich und Ansprechzeit der Analysegeräte müssen Genauigkeitsanforderungen für die Messung der NH_3-Konzentrationen im stationären und dynamischen Betrieb entsprechen.

A.4.4.2.1. Minimale Nachweisgrenze

Der Analysator muss unter allen Prüfbedingungen eine minimale Nachweisgrenze von < 2 ppm haben.

A.4.4.2.2. Genauigkeit

Die Messgenauigkeit ist die Abweichung des abgelesenen Messwertes vom Bezugswert; diese darf ± 3 % vom Ablesewert oder ± 2 ppm nicht überschreiten.

A.4.4.2.3. Nullpunktdrift

Die Drift des Ansprechens auf das Nullgas und das entsprechende Zeitintervall müssen vom Hersteller des Messinstruments spezifiziert werden.

A.4.4.2.4. Messbereichsdrift

Die Drift des Ansprechens auf das Justiergas und das entsprechende Zeitintervall müssen vom Hersteller des Messinstruments spezifiziert werden.

A.4.4.2.5. Systemansprechzeit

Die Systemansprechzeit darf höchstens 20 s betragen.

A.4.4.2.6. Anstiegzeit

Die Anstiegzeit des Analysegeräts darf höchstens 5 s betragen.

A.4.4.2.7. NH_3-Kalibriergas

Das Gasgemisch mit folgender chemischer Zusammensetzung muss verfügbar sein.

NH_3 und gereinigter Stickstoff

Die tatsächliche Konzentration des Kalibriergases darf um höchstens ± 3 % vom Nennwert abweichen. Die NH_3-Konzentration ist als Volumenanteil auszudrücken (Volumenprozent oder ppm als Volumenanteil).

Das Verfallsdatum der Kalibriergase ist aufzuzeichnen.

A.4.4.2.8. Verfahren zur Überprüfung der Querempfindlichkeit

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

a) Der NH_3-Analysator ist wie bei einer Emissionsprüfung zu starten, zu betreiben, zu nullen und zu justieren.

b) Ein befeuchtetes Querempfindlichkeits-Prüfgas wird erzeugt, indem ein aus mehreren Bestandteilen zusammengesetztes Justiergas durch ein abgedichtetes Gefäß mit destilliertem H_2O geleitet wird. Wird die Probe nicht durch einen Probentrockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H_2O-Pegel erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der während der Emissionsprüfung erwartete Höchstwert. Die Konzentration des Querempfindlichkeits-Justiergases muss mindestens so hoch sein wie der während der Prüfung erwartete Höchstwert.

c) Das befeuchtete Querempfindlichkeits-Prüfgas wird in das Probenahmesystem eingeleitet.

d) Die Wassermolfraktion x_{H2O} des befeuchteten Querempfindlichkeits-Prüfgases wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise sind zur Berechnung von x_{H2O} der Taupunkt T_{dew} und der absolute Druck p_{total} zu messen.

e) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem x_{H2O} 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 Buchstabe j entspricht.

i) Querempfindlichkeitsprüfungen für einzelne Quer-empfindlichkeitsgase können auch getrennt durchgeführt werden. Falls die verwendeten Querempfindlichkeitsgas-Pegel größer sind als die während der Prüfung erwarteten Höchstwerte, kann jede beobachtete Querempfindlichkeit heruntergerechnet werden, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Werts mit dem Verhältnis zwischen dem erwarteten Höchstwert der Konzentration und dem bei dieser Prüfung verwendeten tatsächlichen Wert. Separate Querempfindlichkeitswerte mit H_2O-Konzentrationen, die geringer sind als die bei der Prüfung erwarteten Höchstwerte (abgesenkt auf bis zu 0,025 mol/mol H_2O-Gehalt) dürfen verwendet werden, die beobachtete H_2O-Querempfindlichkeit ist jedoch hochzurechnen, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Werts mit dem Verhältnis zwischen dem erwarteten Höchstwert der H_2O-Konzentration zu dem bei dieser Prüfung verwendeten tatsächlichen Wert. Die Summe der hoch- oder heruntergerechneten Querempfindlichkeitswerte muss innerhalb der unter Buchstabe j dieses Absatzes spezifizierten Toleranzen für kombinierte Querempfindlichkeiten liegen.

j) Die kombinierte Querempfindlichkeit des Analysators muss innerhalb von ± 0,2 ppm NH_3 liegen.

A.4.5. Alternative Systeme

Andere Systeme oder Analysatoren können von der Typgenehmigungsbehörde zugelassen werden, wenn mit ihnen erwiesenermaßen gleichwertige Ergebnisse gemäß Absatz 5.1.3 dieses Anhangs erzielt werden. In diesem Fall ist in diesem Absatz mit „Ergebnis“die für den anwendbaren Zyklus berechnete mittlere NH_3-Konzentration gemeint.

ANLAGE A.5

BESCHREIBUNG DES SYSTEMANSPRECHVERHALTENS

Diese Anlage enthält die Bezeichnung der Zeiten, die bei der Beschreibung des Ansprechverhaltens von Analysesystemen und sonstigen Messsystemen auf ein Eingangssignal bedeutsam sind.

A.5.1. Es werden folgende Zeiten gemäß Abbildung A.4-10 unterschieden:

A.5.1.1. „Ansprechverzögerung“ist der Zeitunterschied zwischen der Änderung der am Bezugspunkt zu messenden Komponente und der Systemantwort von 10 Prozent der Endablesung (t_{10}), wobei die Probenahmesonde als Bezugspunkt gilt.

A.5.1.2. „Ansprechzeit“ist der Zeitunterschied zwischen der Änderung der am Bezugspunkt zu messenden Komponente und der Systemantwort von 90 Prozent der Endablesung (t_{90}), wobei die Probenahmesonde als Bezugspunkt gilt.

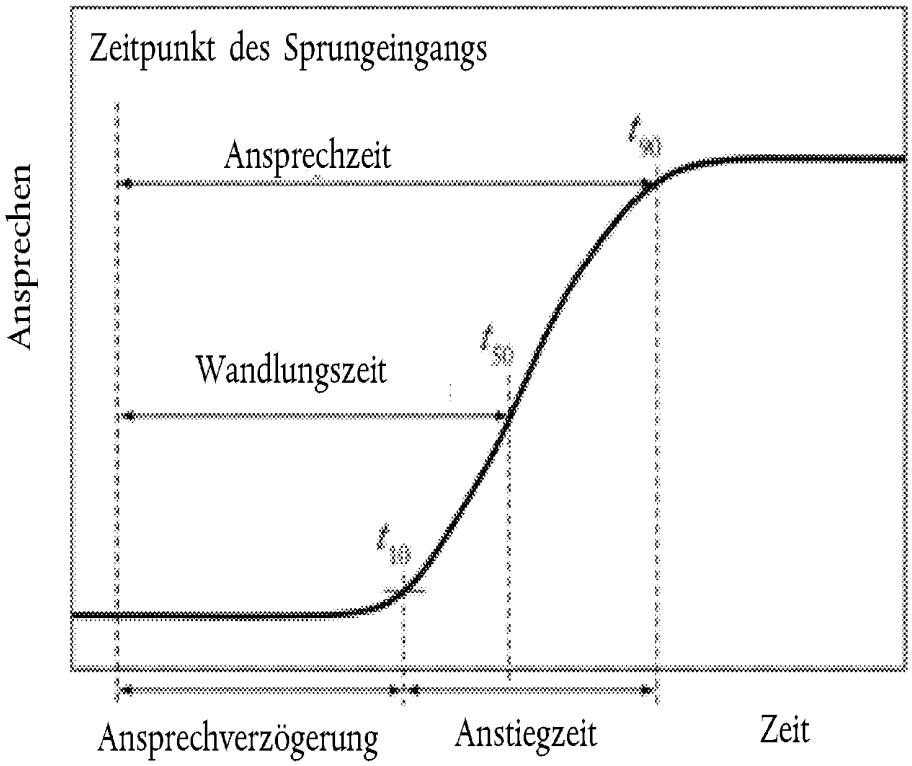
A.5.1.3. „Anstiegzeit“ist die Zeit für den Anstieg des angezeigten Messwertes von 10 % auf 90 % des Endwertes ($t_{90} - t_{10}$).

A.5.1.4. „Wandlungszeit“ist der Zeitunterschied zwischen der Änderung der Messgröße am Referenzpunkt und der Reaktion des Systems mit 50 % der Endablesung (t_{50}), wobei die Probenahmesonde als Referenzpunkt definiert ist.

A.5.1.5. „Sprungeingangszeit“ist der Zeitpunkt, an dem eine Änderung an dem Parameter eintritt, der gerade gemessen wird.

Abbildung A.4-10

Darstellung des Systemansprechverhaltens



ANLAGE A.6

MERKMALE DER STATIONÄREN UND DYNAMISCHEN PRÜFZYKLEN

A.6.1. Die für Motorenklassen und -unterklassen geltenden Prüfzyklen sind in den Tabellen A.4-11 bis A.4-18 aufgelistet.

Tabelle A.4-11

NRSC-Prüfzyklen für Motoren der Klasse NRE

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	NRSC
NRE	variabel	Motor mit variabler Drehzahl und einer Bezugsleistung von weniger als 19 kW	NRE-v-1 NRE-v-2	G2 oder C1
		Motor mit variabler Drehzahl und einer Bezugsleistung von 19 kW oder mehr, aber nicht mehr als 560 kW	NRE-v-3 NRE-v-4 NRE-v-5 NRE-v-6	C1
		Motor mit variabler Drehzahl und einer Bezugsleistung über 560 kW	NRE-v-7	C1
	konstant	Motor mit konstanter Drehzahl	NRE-c-1 NRE-c-2 NRE-c-3 NRE-c-4 NRE-c-5 NRE-c-6 NRE-c-7	D2

Tabelle A.4-12

NRSC-Prüfzyklen für Motoren der Klasse NRG

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	NRSC
NRG	variabel	Motor mit variabler Drehzahl für einen Generatorsatz	NRG-v-1	C1
	konstant	Motor mit konstanter Drehzahl für einen Generatorsatz	NRG-c-1	D2

Tabelle A.4-13

NRSC-Prüfzyklen für Motoren der Klasse NRSh

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	NRSC
NRSh	variabel oder konstant	Motor mit einer Bezugsleistung von höchstens 19 kW für den Einsatz in handgehaltenen Maschinen	NRSh-v-1a NRSh-v-1b	G3

Tabelle A.4-14

NRSC-Prüfzyklen für Motoren der Klasse NRS

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	NRSC
NRS	variabel < 3 600 min^{-1}	Motor mit variabler Drehzahl und einer Bezugsleistung von höchstens 19 kW für Anwendungen mit einer Drehzahl von < 3 600 min^{-1}	NRS-vi-1a NRS-vi-1b	G1
	variabel ≥ 3 600 min^{-1} oder konstant	Motor mit variabler Drehzahl und einer Bezugsleistung von höchstens 19 kW für Anwendungen mit einer Drehzahl von < 3 600 min^{-1} Motor mit konstanter Drehzahl und einer Bezugsleistung von weniger als 19 kW	NRS-vr-1a NRS-vr-1b	G2
	variabel oder konstant	Motor mit einer Bezugsleistung zwischen 19 kW und 30 kW bei einem Gesamthubraum von weniger als 1 000 cm^3	NRS-v-2a	G2
		Motor mit einer Bezugsleistung über 19 kW, jedoch nicht mit einer Bezugsleistung zwischen 19 kW und 30 kW bei einem Gesamthubraum von weniger als 1 000 cm^3	NRS-v-2b NRS-v-3	C2

Tabelle A.4-15

NRSC-Prüfzyklen für Motoren der Klasse SMB

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	NRSC
SMB	variabel oder konstant	Motoren zum Antrieb von Motorschlitten	SMB-v-1	H

Tabelle A.4-16

NRSC-Prüfzyklus für Motoren der Klasse ATS

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	NRSC
ATS	variabel oder konstant	Motoren zum Antrieb von ATV oder SbS	ATS-v-1	G1

Tabelle A.4-17

Dynamische Prüfzyklen für nicht für den Straßenverkehr bestimmte Motoren der Klasse NRE

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	
NRE	variabel	Motor mit variabler Drehzahl und einer Bezugsleistung von 19 kW oder mehr, aber nicht mehr als 560 kW	NRE-v-3 NRE-v-4 NRE-v-5 NRE-v-6	NRTC

Tabelle A.4-18

Dynamische Prüfzyklen für nicht für den Straßenverkehr bestimmte Motoren der Klasse NRS([1])

Klasse	Drehzahl	Zweck	Unterklasse	
NRS	variabel oder konstant	Motor mit einer Bezugsleistung über 19 kW, jedoch nicht mit einer Bezugsleistung zwischen 19 kW und 30 kW bei einem Gesamthubraum von weniger als 1 000 cm^3	NRS-v-2b NRS-v-3	LSI-NRTC

([1]) Nur anwendbar auf Motoren mit einer Höchstprüfdrehzahl von ≤ 3 400 min^{-1}.

A.6.2. Stationärer Prüfzyklus mit Einzelphasen

Die ausführliche Beschreibung der Prüfphasen und Gewichtungsfaktoren für die stationären Prüfzyklen mit Einzelphasen ist in den Tabellen A.4-19 bis A.4-23 aufgelistet.

Tabelle A.4-19

Zyklus-C1-Prüfphasen und Gewichtungsfaktoren

Nummer der Prüfphase	1	2	3	4	5	6	7	8
Drehzahl ([a])	100 %				Zwischendrehzahl			Leerlauf
Drehmoment ([b]) (%)	100	75	50	10	100	75	50	0
Gewichtungsfaktor	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

([a]) Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Absätze 5.2.5, 7.6 und 7.7.
([b]) Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.

Tabelle A.4-20

Zyklus-C2-Prüfphasen und Gewichtungsfaktoren

Nummer der Prüfphase	1	2	3	4	5	6	7
Drehzahl ([a])	100 %	Zwischendrehzahl					Leerlauf
Drehmoment ([b]) (%)	25	100	75	50	25	10	0
Gewichtungsfaktor	0,06	0,02	0,05	0,32	0,30	0,10	0,15

([a]) Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Absätze 5.2.5, 7.6 und 7.7.
([b]) Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.

Tabelle A.4-21

Zyklus-D2-Prüfphasen und Gewichtungsfaktoren

Nummer der Prüfphase (Zyklus D2)	1	2	3	4	5
Drehzahl ([a])	100 %				
Drehmoment ([b]) (%)	100	75	50	25	10
Gewichtungs-faktor	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

([a]) Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Nummern 5.2.5, 7.6 und 7.7.
([b]) Das Drehmoment in % bezieht sich auf das dem Nennwert der Nutzleistung nach Herstellerangabe entsprechende Drehmoment.

Tabelle A.4-22
Zyklus-G-Prüfphasen und Gewichtungsfaktoren

Nummer der Prüfphase (Zyklus G1)						1	2	3	4	5	6
Drehzahl [a]	100 %					Zwischendrehzahl					Leerlauf
Drehmoment [b] %						100	75	50	25	10	0
Gewichtungsfaktor						0,09	0,20	0,29	0,30	0,07	0,05
Nummer der Prüfphase (Zyklus G2)	1	2	3	4	5						6
Drehzahl (a)	100 %										Leerlauf
Drehmoment (b) %	100	75	50	25	10						0
Gewichtungsfaktor	0,09	0,20	0,29	0,30	0,07						0,05
Nummer der Prüfphase (Zyklus G3)	1										2
Drehzahl (a)	100 %					Zwischendrehzahl					Leerlauf
Drehmoment (b) %	100										0
Gewichtungsfaktor	0,85										0,15

[a] Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Absätze 5.2.5, 7.6 und 7.7.
[b] Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.

Tabelle A.4-23
Zyklus-H-Prüfphasen und Gewichtungsfaktoren

Nummer der Prüfphase	1	2	3	4	5
Drehzahl [a] (%)	100	85	75	65	Leerlauf
Drehmoment [b] (%)	100	51	33	19	0
Gewichtungsfaktor	0,12	0,27	0,25	0,31	0,05

[a] Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Nummern 5.2.5, 7.6 und 7.7.
[b] Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.

A.6.3. Stationäre gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen (RMC)

Die ausführliche Beschreibung der Prüfphasen und der Zeit in der Prüfphase für die stationären gestuften Mehrphasen-Prüfzyklen ist in den Tabellen A.4-24 bis A.4-29 aufgelistet.

Tabelle A.4-24
RMC-C1-Prüfphasen

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [b] [c]
1aStationär	126	Leerlauf	0
1b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [b] [c]
2a Stationär	159	Zwischendrehzahl	100
2b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
3a Stationär	160	Zwischendrehzahl	50
3b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
4a Stationär	162	Zwischendrehzahl	75
4b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
5a Stationär	246	100 %	100
5b Übergang	20	100 %	Linearer Übergang
6a Stationär	164	100 %	10
6b Übergang	20	100 %	Linearer Übergang
7a Stationär	248	100 %	75
7b Übergang	20	100 %	Linearer Übergang
8a Stationär	247	100 %	50
8b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
9 Stationär	128	Leerlauf	0

(a) Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Nummern 5.2.5, 7.6 und 7.7.
(b) Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.
(c) Wechsel von einer Phase in die nächste innerhalb einer 20-sekündigen Übergangsphase. Während der Übergangsphase erfolgt ein linearer Übergang von der Drehmomenteinstellung der aktuellen Prüfphase zur Drehmomenteinstellung der nächsten Prüfphase; gleichzeitig findet ein ebensolcher linearer Übergang der Motordrehzahl statt, wenn sich die Drehzahleinstellung ändert.

Tabelle A.4-25

RMC-C2-Prüfphasen

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [b] [c]
1a Stationär	119	Leerlauf	0
1b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
2a Stationär	29	Zwischendrehzahl	100
2b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
3a Stationär	150	Zwischendrehzahl	10
3b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
4a Stationär	80	Zwischendrehzahl	75
4b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
5a Stationär	513	Zwischendrehzahl	25
5b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
6a Stationär	549	Zwischendrehzahl	50

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [b] [c]
6b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
7a Stationär	96	100 %	25
7b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
8 Stationär	124	Leerlauf	0

[a] Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Absätze 5.2.5, 7.6 und 7.7.
[b] Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.
[c] Wechsel von einer Phase in die nächste innerhalb einer 20-sekündigen Übergangsphase. Während der Übergangsphase erfolgt ein linearer Übergang von der Drehmomenteinstellung der aktuellen Prüfphase zur Drehmomenteinstellung der nächsten Prüfphase; gleichzeitig findet ein ebensolcher linearer Übergang der Motordrehzahl statt, wenn sich die Drehzahleinstellung ändert.

Tabelle A.4-26

RMC-D2-Prüfphasen

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [%] [a]	Drehmoment [%] [b] [c]
1a Stationär	53	100	100
1b Übergang	20	100	Linearer Übergang
2a Stationär	101	100	10
2b Übergang	20	100	Linearer Übergang
3a Stationär	277	100	75
3b Übergang	20	100	Linearer Übergang
4a Stationär	339	100	25
4b Übergang	20	100	Linearer Übergang
5 Stationär	350	100	50

[a] Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Nummern 5.2.5, 7.6 und 7.7.
[b] Das Drehmoment in % bezieht sich auf das dem Nennwert der Nutzleistung nach Herstellerangabe entsprechende Drehmoment.
[c] Wechsel von einer Phase in die nächste innerhalb einer 20-sekündigen Übergangsphase. Während der Übergangsphase erfolgt ein linearer Übergang von der Drehmomenteinstellung der aktuellen Prüfphase zur Drehmomenteinstellung der nächsten Prüfphase.

Tabelle A.4-27

RMC-G1-Prüfphasen

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [b] [c]
1a Stationär	41	Leerlauf	0
1b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
2a Stationär	135	Zwischendrehzahl	100
2b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
3a Stationär	112	Zwischendrehzahl	10
3b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [b] [c]
4a Stationär	337	Zwischendrehzahl	75
4b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
5a Stationär	518	Zwischendrehzahl	25
5b Übergang	20	Zwischendrehzahl	Linearer Übergang
6a Stationär	494	Zwischendrehzahl	50
6b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
7 Stationär	43	Leerlauf	0

[a] Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Nummern 5.2.5, 7.6 und 7.7.
[b] Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.
[c] Wechsel von einer Phase in die nächste innerhalb einer 20-sekündigen Übergangsphase. Während der Übergangsphase erfolgt ein linearer Übergang von der Drehmomenteinstellung der aktuellen Prüfphase zur Drehmomenteinstellung der nächsten Prüfphase; gleichzeitig findet ein ebensolcher linearer Übergang der Motordrehzahl statt, wenn sich die Drehzahleinstellung ändert.

Tabelle A.4-28

RMC-G2-Prüfphasen

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [a] [c]
1a Stationär	41	Leerlauf	0
1b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
2a Stationär	135	100 %	100
2b Übergang	20	100 %	Linearer Übergang
3a Stationär	112	100 %	10
3b Übergang	20	100 %	Linearer Übergang
4a Stationär	337	100 %	75
4b Übergang	20	100 %	Linearer Übergang
5a Stationär	518	100 %	25
5b Übergang	20	100 %	Linearer Übergang
6a Stationär	494	100 %	50
6b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
7 Stationär	43	Leerlauf	0

[a] Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Absätze 5.2.5, 7.6 und 7.7.
[b] Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.
[c] Wechsel von einer Phase in die nächste innerhalb einer 20-sekündigen Übergangsphase. Während der Übergangsphase erfolgt ein linearer Übergang von der Drehmomenteinstellung der aktuellen Prüfphase zur Drehmomenteinstellung der nächsten Prüfphase; gleichzeitig findet ein ebensolcher linearer Übergang der Motordrehzahl statt, wenn sich die Drehzahleinstellung ändert.

Tabelle A.4-29

RMC-H-Prüfphasen

RMC Nummer der Prüfphase	Zeit in der Prüfphase [s]	Motordrehzahl [a] [c]	Drehmoment [%] [b] [c]
1a Stationär	27	Leerlauf	0
1b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
2a Stationär	121	100 %	100
2b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
3a Stationär	347	65 %	19
3b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
4a Stationär	305	85 %	51
4b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
5a Stationär	272	75 %	33
5b Übergang	20	Linearer Übergang	Linearer Übergang
6 Stationär	28	Leerlauf	0

[a] Zur Ermittlung der vorgeschriebenen Prüfdrehzahlen siehe Anhang 4 Absätze 5.2.5, 7.6 und 7.7.
[b] Das Drehmoment in % bezieht sich auf das maximale Drehmoment bei der geregelten Motordrehzahl.
[c] Wechsel von einer Phase in die nächste innerhalb einer 20-sekündigen Übergangsphase. Während der Übergangsphase erfolgt ein linearer Übergang von der Drehmomenteinstellung der aktuellen Prüfphase zur Drehmomenteinstellung der nächsten Prüfphase; gleichzeitig findet ein ebensolcher linearer Übergang der Motordrehzahl statt, wenn sich die Drehzahleinstellung ändert.

A.6.4. Dynamische Prüfzyklen

Die im Sekundenabstand wechselnden normierten Drehzahl- und Drehmomentwerte für die dynamischen Prüfzyklen sind in den Tabellen A.4-30 und A.4-31 aufgelistet.

Tabelle A.4-30

NRTC-Ablaufplan für den Motorleistungsprüfstand

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)	Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)	Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
1	0	0	18	0	0	35	9	21
2	0	0	19	0	0	36	17	20
3	0	0	20	0	0	37	33	42
4	0	0	21	0	0	38	57	46
5	0	0	22	0	0	39	44	33
6	0	0	23	0	0	40	31	0
7	0	0	24	1	3	41	22	27
8	0	0	25	1	3	42	33	43
9	0	0	26	1	3	43	80	49
10	0	0	27	1	3	44	105	47
11	0	0	28	1	3	45	98	70
12	0	0	29	1	3	46	104	36
13	0	0	30	1	6	47	104	65
14	0	0	31	1	6	48	96	71
15	0	0	32	2	1	49	101	62
16	0	0	33	4	13	50	102	51
17	0	0	34	7	18	51	102	50

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
52	102	46
53	102	41
54	102	31
55	89	2
56	82	0
57	47	1
58	23	1
59	1	3
60	1	8
61	1	3
62	1	5
63	1	6
64	1	4
65	1	4
66	0	6
67	1	4
68	9	21
69	25	56
70	64	26
71	60	31
72	63	20
73	62	24
74	64	8
75	58	44
76	65	10
77	65	12
78	68	23
79	69	30
80	71	30
81	74	15
82	71	23
83	73	20
84	73	21
85	73	19
86	70	33
87	70	34
88	65	47
89	66	47
90	64	53
91	65	45
92	66	38
93	67	49
94	69	39
95	69	39
96	66	42
97	71	29
98	75	29
99	72	23
100	74	22
101	75	24
102	73	30
103	74	24
104	77	6
105	76	12
106	74	39
107	72	30
108	75	22
109	78	64
110	102	34
111	103	28
112	103	28
113	103	19
114	103	32
115	104	25
116	103	38
117	103	39
118	103	34
119	102	44
120	103	38
121	102	43
122	103	34
123	102	41
124	103	44
125	103	37
126	103	27
127	104	13
128	104	30
129	104	19
130	103	28
131	104	40
132	104	32
133	101	63
134	102	54
135	102	52
136	102	51
137	103	40
138	104	34
139	102	36
140	104	44
141	103	44
142	104	33
143	102	27
144	103	26
145	79	53
146	51	37
147	24	23
148	13	33
149	19	55
150	45	30
151	34	7
152	14	4
153	8	16
154	15	6
155	39	47
156	39	4
157	35	26
158	27	38
159	43	40
160	14	23
161	10	10
162	15	33
163	35	72
164	60	39
165	55	31
166	47	30
167	16	7
168	0	6

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
169	0	8
170	0	8
171	0	2
172	2	17
173	10	28
174	28	31
175	33	30
176	36	0
177	19	10
178	1	18
179	0	16
180	1	3
181	1	4
182	1	5
183	1	6
184	1	5
185	1	3
186	1	4
187	1	4
188	1	6
189	8	18
190	20	51
191	49	19
192	41	13
193	31	16
194	28	21
195	21	17
196	31	21
197	21	8
198	0	14
199	0	12
200	3	8
201	3	22
202	12	20
203	14	20
204	16	17
205	20	18
206	27	34
207	32	33
208	41	31
209	43	31
210	37	33
211	26	18
212	18	29
213	14	51
214	13	11
215	12	9
216	15	33
217	20	25
218	25	17
219	31	29
220	36	66
221	66	40
222	50	13
223	16	24
224	26	50
225	64	23
226	81	20
227	83	11
228	79	23
229	76	31
230	68	24
231	59	33
232	59	3
233	25	7
234	21	10
235	20	19
236	4	10
237	5	7
238	4	5
239	4	6
240	4	6
241	4	5
242	7	5
243	16	28
244	28	25
245	52	53
246	50	8
247	26	40
248	48	29
249	54	39
250	60	42
251	48	18
252	54	51
253	88	90
254	103	84
255	103	85
256	102	84
257	58	66
258	64	97
259	56	80
260	51	67
261	52	96
262	63	62
263	71	6
264	33	16
265	47	45
266	43	56
267	42	27
268	42	64
269	75	74
270	68	96
271	86	61
272	66	0
273	37	0
274	45	37
275	68	96
276	80	97
277	92	96
278	90	97
279	82	96
280	94	81
281	90	85
282	96	65
283	70	96
284	55	95
285	70	96

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
286	79	96
287	81	71
288	71	60
289	92	65
290	82	63
291	61	47
292	52	37
293	24	0
294	20	7
295	39	48
296	39	54
297	63	58
298	53	31
299	51	24
300	48	40
301	39	0
302	35	18
303	36	16
304	29	17
305	28	21
306	31	15
307	31	10
308	43	19
309	49	63
310	78	61
311	78	46
312	66	65
313	78	97
314	84	63
315	57	26
316	36	22
317	20	34
318	19	8
319	9	10
320	5	5
321	7	11
322	15	15
323	12	9
324	13	27
325	15	28
326	16	28
327	16	31
328	15	20
329	17	0
330	20	34
331	21	25
332	20	0
333	23	25
334	30	58
335	63	96
336	83	60
337	61	0
338	26	0
339	29	44
340	68	97
341	80	97
342	88	97
343	99	88
344	102	86
345	100	82
346	74	79
347	57	79
348	76	97
349	84	97
350	86	97
351	81	98
352	83	83
353	65	96
354	93	72
355	63	60
356	72	49
357	56	27
358	29	0
359	18	13
360	25	11
361	28	24
362	34	53
363	65	83
364	80	44
365	77	46
366	76	50
367	45	52
368	61	98
369	61	69
370	63	49
371	32	0
372	10	8
373	17	7
374	16	13
375	11	6
376	9	5
377	9	12
378	12	46
379	15	30
380	26	28
381	13	9
382	16	21
383	24	4
384	36	43
385	65	85
386	78	66
387	63	39
388	32	34
389	46	55
390	47	42
391	42	39
392	27	0
393	14	5
394	14	14
395	24	54
396	60	90
397	53	66
398	70	48
399	77	93
400	79	67
401	46	65
402	69	98

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
403	80	97
404	74	97
405	75	98
406	56	61
407	42	0
408	36	32
409	34	43
410	68	83
411	102	48
412	62	0
413	41	39
414	71	86
415	91	52
416	89	55
417	89	56
418	88	58
419	78	69
420	98	39
421	64	61
422	90	34
423	88	38
424	97	62
425	100	53
426	81	58
427	74	51
428	76	57
429	76	72
430	85	72
431	84	60
432	83	72
433	83	72
434	86	72
435	89	72
436	86	72
437	87	72
438	88	72
439	88	71
440	87	72
441	85	71
442	88	72
443	88	72
444	84	72
445	83	73
446	77	73
447	74	73
448	76	72
449	46	77
450	78	62
451	79	35
452	82	38
453	81	41
454	79	37
455	78	35
456	78	38
457	78	46
458	75	49
459	73	50
460	79	58
461	79	71
462	83	44
463	53	48
464	40	48
465	51	75
466	75	72
467	89	67
468	93	60
469	89	73
470	86	73
471	81	73
472	78	73
473	78	73
474	76	73
475	79	73
476	82	73
477	86	73
478	88	72
479	92	71
480	97	54
481	73	43
482	36	64
483	63	31
484	78	1
485	69	27
486	67	28
487	72	9
488	71	9
489	78	36
490	81	56
491	75	53
492	60	45
493	50	37
494	66	41
495	51	61
496	68	47
497	29	42
498	24	73
499	64	71
500	90	71
501	100	61
502	94	73
503	84	73
504	79	73
505	75	72
506	78	73
507	80	73
508	81	73
509	81	73
510	83	73
511	85	73
512	84	73
513	85	73
514	86	73
515	85	73
516	85	73
517	85	72
518	85	73
519	83	73

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
520	79	73
521	78	73
522	81	73
523	82	72
524	94	56
525	66	48
526	35	71
527	51	44
528	60	23
529	64	10
530	63	14
531	70	37
532	76	45
533	78	18
534	76	51
535	75	33
536	81	17
537	76	45
538	76	30
539	80	14
540	71	18
541	71	14
542	71	11
543	65	2
544	31	26
545	24	72
546	64	70
547	77	62
548	80	68
549	83	53
550	83	50
551	83	50
552	85	43
553	86	45
554	89	35
555	82	61
556	87	50
557	85	55
558	89	49
559	87	70
560	91	39
561	72	3
562	43	25
563	30	60
564	40	45
565	37	32
566	37	32
567	43	70
568	70	54
569	77	47
570	79	66
571	85	53
572	83	57
573	86	52
574	85	51
575	70	39
576	50	5
577	38	36
578	30	71
579	75	53
580	84	40
581	85	42
582	86	49
583	86	57
584	89	68
585	99	61
586	77	29
587	81	72
588	89	69
589	49	56
590	79	70
591	104	59
592	103	54
593	102	56
594	102	56
595	103	61
596	102	64
597	103	60
598	93	72
599	86	73
600	76	73
601	59	49
602	46	22
603	40	65
604	72	31
605	72	27
606	67	44
607	68	37
608	67	42
609	68	50
610	77	43
611	58	4
612	22	37
613	57	69
614	68	38
615	73	2
616	40	14
617	42	38
618	64	69
619	64	74
620	67	73
621	65	73
622	68	73
623	65	49
624	81	0
625	37	25
626	24	69
627	68	71
628	70	71
629	76	70
630	71	72
631	73	69
632	76	70
633	77	72
634	77	72
635	77	72
636	77	70

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
637	76	71
638	76	71
639	77	71
640	77	71
641	78	70
642	77	70
643	77	71
644	79	72
645	78	70
646	80	70
647	82	71
648	84	71
649	83	71
650	83	73
651	81	70
652	80	71
653	78	71
654	76	70
655	76	70
656	76	71
657	79	71
658	78	71
659	81	70
660	83	72
661	84	71
662	86	71
663	87	71
664	92	72
665	91	72
666	90	71
667	90	71
668	91	71
669	90	70
670	90	72
671	91	71
672	90	71
673	90	71
674	92	72
675	93	69
676	90	70
677	93	72
678	91	70
679	89	71
680	91	71
681	90	71
682	90	71
683	92	71
684	91	71
685	93	71
686	93	68
687	98	68
688	98	67
689	100	69
690	99	68
691	100	71
692	99	68
693	100	69
694	102	72
695	101	69
696	100	69
697	102	71
698	102	71
699	102	69
700	102	71
701	102	68
702	100	69
703	102	70
704	102	68
705	102	70
706	102	72
707	102	68
708	102	69
709	100	68
710	102	71
711	101	64
712	102	69
713	102	69
714	101	69
715	102	64
716	102	69
717	102	68
718	102	70
719	102	69
720	102	70
721	102	70
722	102	62
723	104	38
724	104	15
725	102	24
726	102	45
727	102	47
728	104	40
729	101	52
730	103	32
731	102	50
732	103	30
733	103	44
734	102	40
735	103	43
736	103	41
737	102	46
738	103	39
739	102	41
740	103	41
741	102	38
742	103	39
743	102	46
744	104	46
745	103	49
746	102	45
747	103	42
748	103	46
749	103	38
750	102	48
751	103	35
752	102	48
753	103	49

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
754	102	48
755	102	46
756	103	47
757	102	49
758	102	42
759	102	52
760	102	57
761	102	55
762	102	61
763	102	61
764	102	58
765	103	58
766	102	59
767	102	54
768	102	63
769	102	61
770	103	55
771	102	60
772	102	72
773	103	56
774	102	55
775	102	67
776	103	56
777	84	42
778	48	7
779	48	6
780	48	6
781	48	7
782	48	6
783	48	7
784	67	21
785	105	59
786	105	96
787	105	74
788	105	66
789	105	62
790	105	66
791	89	41
792	52	5
793	48	5
794	48	7
795	48	5
796	48	6
797	48	4
798	52	6
799	51	5
800	51	6
801	51	6
802	52	5
803	52	5
804	57	44
805	98	90
806	105	94
807	105	100
808	105	98
809	105	95
810	105	96
811	105	92
812	104	97
813	100	85
814	94	74
815	87	62
816	81	50
817	81	46
818	80	39
819	80	32
820	81	28
821	80	26
822	80	23
823	80	23
824	80	20
825	81	19
826	80	18
827	81	17
828	80	20
829	81	24
830	81	21
831	80	26
832	80	24
833	80	23
834	80	22
835	81	21
836	81	24
837	81	24
838	81	22
839	81	22
840	81	21
841	81	31
842	81	27
843	80	26
844	80	26
845	81	25
846	80	21
847	81	20
848	83	21
849	83	15
850	83	12
851	83	9
852	83	8
853	83	7
854	83	6
855	83	6
856	83	6
857	83	6
858	83	6
859	76	5
860	49	8
861	51	7
862	51	20
863	78	52
864	80	38
865	81	33
866	83	29
867	83	22
868	83	16
869	83	12
870	83	9

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
871	83	8
872	83	7
873	83	6
874	83	6
875	83	6
876	83	6
877	83	6
878	59	4
879	50	5
880	51	5
881	51	5
882	51	5
883	50	5
884	50	5
885	50	5
886	50	5
887	50	5
888	51	5
889	51	5
890	51	5
891	63	50
892	81	34
893	81	25
894	81	29
895	81	23
896	80	24
897	81	24
898	81	28
899	81	27
900	81	22
901	81	19
902	81	17
903	81	17
904	81	17
905	81	15
906	80	15
907	80	28
908	81	22
909	81	24
910	81	19
911	81	21
912	81	20
913	83	26
914	80	63
915	80	59
916	83	100
917	81	73
918	83	53
919	80	76
920	81	61
921	80	50
922	81	37
923	82	49
924	83	37
925	83	25
926	83	17
927	83	13
928	83	10
929	83	8
930	83	7
931	83	7
932	83	6
933	83	6
934	83	6
935	71	5
936	49	24
937	69	64
938	81	50
939	81	43
940	81	42
941	81	31
942	81	30
943	81	35
944	81	28
945	81	27
946	80	27
947	81	31
948	81	41
949	81	41
950	81	37
951	81	43
952	81	34
953	81	31
954	81	26
955	81	23
956	81	27
957	81	38
958	81	40
959	81	39
960	81	27
961	81	33
962	80	28
963	81	34
964	83	72
965	81	49
966	81	51
967	80	55
968	81	48
969	81	36
970	81	39
971	81	38
972	80	41
973	81	30
974	81	23
975	81	19
976	81	25
977	81	29
978	83	47
979	81	90
980	81	75
981	80	60
982	81	48
983	81	41
984	81	30
985	80	24
986	81	20
987	81	21

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
988	81	29
989	81	29
990	81	27
991	81	23
992	81	25
993	81	26
994	81	22
995	81	20
996	81	17
997	81	23
998	83	65
999	81	54
1 000	81	50
1 001	81	41
1 002	81	35
1 003	81	37
1 004	81	29
1 005	81	28
1 006	81	24
1 007	81	19
1 008	81	16
1 009	80	16
1 010	83	23
1 011	83	17
1 012	83	13
1 013	83	27
1 014	81	58
1 015	81	60
1 016	81	46
1 017	80	41
1 018	80	36
1 019	81	26
1 020	86	18
1 021	82	35
1 022	79	53
1 023	82	30
1 024	83	29
1 025	83	32
1 026	83	28
1 027	76	60
1 028	79	51
1 029	86	26
1 030	82	34
1 031	84	25
1 032	86	23
1 033	85	22
1 034	83	26
1 035	83	25
1 036	83	37
1 037	84	14
1 038	83	39
1 039	76	70
1 040	78	81
1 041	75	71
1 042	86	47
1 043	83	35
1 044	81	43
1 045	81	41
1 046	79	46
1 047	80	44
1 048	84	20
1 049	79	31
1 050	87	29
1 051	82	49
1 052	84	21
1 053	82	56
1 054	81	30
1 055	85	21
1 056	86	16
1 057	79	52
1 058	78	60
1 059	74	55
1 060	78	84
1 061	80	54
1 062	80	35
1 063	82	24
1 064	83	43
1 065	79	49
1 066	83	50
1 067	86	12
1 068	64	14
1 069	24	14
1 070	49	21
1 071	77	48
1 072	103	11
1 073	98	48
1 074	101	34
1 075	99	39
1 076	103	11
1 077	103	19
1 078	103	7
1 079	103	13
1 080	103	10
1 081	102	13
1 082	101	29
1 083	102	25
1 084	102	20
1 085	96	60
1 086	99	38
1 087	102	24
1 088	100	31
1 089	100	28
1 090	98	3
1 091	102	26
1 092	95	64
1 093	102	23
1 094	102	25
1 095	98	42
1 096	93	68
1 097	101	25
1 098	95	64
1 099	101	35
1 100	94	59
1 101	97	37
1 102	97	60
1 103	93	98
1 104	98	53

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
1 105	103	13
1 106	103	11
1 107	103	11
1 108	103	13
1 109	103	10
1 110	103	10
1 111	103	11
1 112	103	10
1 113	103	10
1 114	102	18
1 115	102	31
1 116	101	24
1 117	102	19
1 118	103	10
1 119	102	12
1 120	99	56
1 121	96	59
1 122	74	28
1 123	66	62
1 124	74	29
1 125	64	74
1 126	69	40
1 127	76	2
1 128	72	29
1 129	66	65
1 130	54	69
1 131	69	56
1 132	69	40
1 133	73	54
1 134	63	92
1 135	61	67
1 136	72	42
1 137	78	2
1 138	76	34
1 139	67	80
1 140	70	67
1 141	53	70
1 142	72	65
1 143	60	57
1 144	74	29
1 145	69	31
1 146	76	1
1 147	74	22
1 148	72	52
1 149	62	96
1 150	54	72
1 151	72	28
1 152	72	35
1 153	64	68
1 154	74	27
1 155	76	14
1 156	69	38
1 157	66	59
1 158	64	99
1 159	51	86
1 160	70	53
1 161	72	36
1 162	71	47
1 163	70	42
1 164	67	34
1 165	74	2
1 166	75	21
1 167	74	15
1 168	75	13
1 169	76	10
1 170	75	13
1 171	75	10
1 172	75	7
1 173	75	13
1 174	76	8
1 175	76	7
1 176	67	45
1 177	75	13
1 178	75	12
1 179	73	21
1 180	68	46
1 181	74	8
1 182	76	11
1 183	76	14
1 184	74	11
1 185	74	18
1 186	73	22
1 187	74	20
1 188	74	19
1 189	70	22
1 190	71	23
1 191	73	19
1 192	73	19
1 193	72	20
1 194	64	60
1 195	70	39
1 196	66	56
1 197	68	64
1 198	30	68
1 199	70	38
1 200	66	47
1 201	76	14
1 202	74	18
1 203	69	46
1 204	68	62
1 205	68	62
1 206	68	62
1 207	68	62
1 208	68	62
1 209	68	62
1 210	54	50
1 211	41	37
1 212	27	25
1 213	14	12
1 214	0	0
1 215	0	0
1 216	0	0
1 217	0	0
1 218	0	0
1 219	0	0
1 220	0	0
1 221	0	0

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
1 222	0	0
1 223	0	0
1 224	0	0
1 225	0	0
1 226	0	0
1 227	0	0

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
1 228	0	0
1 229	0	0
1 230	0	0
1 231	0	0
1 232	0	0
1 233	0	0

Zeit (s)	Normierte Drehzahl (%)	Normiertes Drehmoment (%)
1 234	0	0
1 235	0	0
1 236	0	0
1 237	0	0
1 238	0	0

Der NRTC-Ablaufplan für den Leistungsprüfstand ist nachfolgend grafisch dargestellt.

NRTC-Ablaufplan für den Leistungsprüfstand

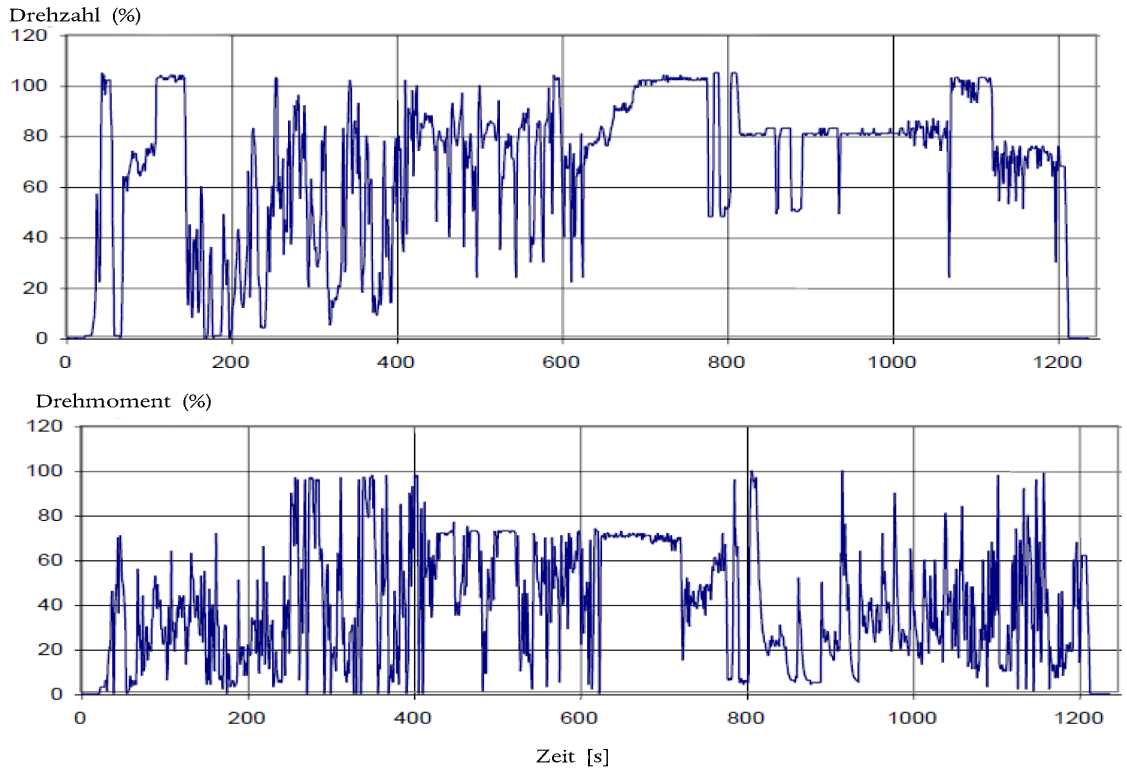


Tabelle A.4-31

LSI-NRTC-Ablaufplan für den Motorleistungsprüfstand

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
7	0	0
8	0	0
9	1	8
10	6	54
11	8	61
12	34	59
13	22	46

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
14	5	51
15	18	51
16	31	50
17	30	56
18	31	49
19	25	66
20	58	55

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
21	43	31
22	16	45
23	24	38
24	24	27
25	30	33
26	45	65
27	50	49
28	23	42
29	13	42
30	9	45
31	23	30
32	37	45
33	44	50
34	49	52
35	55	49
36	61	46
37	66	38
38	42	33
39	17	41
40	17	37
41	7	50
42	20	32
43	5	55
44	30	42
45	44	53
46	45	56
47	41	52
48	24	41
49	15	40
50	11	44
51	32	31
52	38	54
53	38	47
54	9	55
55	10	50
56	33	55
57	48	56
58	49	47
59	33	44
60	52	43
61	55	43
62	59	38
63	44	28
64	24	37
65	12	44
66	9	47
67	12	52
68	34	21
69	29	44
70	44	54
71	54	62
72	62	57
73	72	56
74	88	71
75	100	69
76	100	34
77	100	42
78	100	54
79	100	58
80	100	38
81	83	17
82	61	15
83	43	22
84	24	35
85	16	39
86	15	45
87	32	34
88	14	42
89	8	48
90	5	51
91	10	41
92	12	37
93	4	47
94	3	49
95	3	50
96	4	49
97	4	48
98	8	43
99	2	51
100	5	46
101	8	41
102	4	47
103	3	49
104	6	45
105	3	48
106	10	42
107	18	27
108	3	50
109	11	41
110	34	29
111	51	57
112	67	63
113	61	32
114	44	31
115	48	54
116	69	65
117	85	65
118	81	29
119	74	21
120	62	23
121	76	58
122	96	75
123	100	77
124	100	27
125	100	79
126	100	79
127	100	81
128	100	57
129	99	52
130	81	35
131	69	29
132	47	22
133	34	28
134	27	37
135	83	60
136	100	74
137	100	7

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
138	100	2
139	70	18
140	23	39
141	5	54
142	11	40
143	11	34
144	11	41
145	19	25
146	16	32
147	20	31
148	21	38
149	21	42
150	9	51
151	4	49
152	2	51
153	1	58
154	21	57
155	29	47
156	33	45
157	16	49
158	38	45
159	37	43
160	35	42
161	39	43
162	51	49
163	59	55
164	65	54
165	76	62
166	84	59
167	83	29
168	67	35
169	84	54
170	90	58
171	93	43
172	90	29
173	66	19
174	52	16
175	49	17
176	56	38
177	73	71
178	86	80
179	96	75
180	89	27
181	66	17
182	50	18
183	36	25
184	36	24
185	38	40
186	40	50
187	27	48
188	19	48
189	23	50
190	19	45
191	6	51
192	24	48
193	49	67
194	47	49
195	22	44
196	25	40
197	38	54
198	43	55
199	40	52
200	14	49
201	11	45
202	7	48
203	26	41
204	41	59
205	53	60
206	44	54
207	22	40
208	24	41
209	32	53
210	44	74
211	57	25
212	22	49
213	29	45
214	19	37
215	14	43
216	36	40
217	43	63
218	42	49
219	15	50
220	19	44
221	47	59
222	67	80
223	76	74
224	87	66
225	98	61
226	100	38
227	97	27
228	100	53
229	100	72
230	100	49
231	100	4
232	100	13
233	87	15
234	53	26
235	33	27
236	39	19
237	51	33
238	67	54
239	83	60
240	95	52
241	100	50
242	100	36
243	100	25
244	85	16
245	62	16
246	40	26
247	56	39
248	81	75
249	98	86
250	100	76
251	100	51
252	100	78
253	100	83
254	100	100

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
255	100	66
256	100	85
257	100	72
258	100	45
259	98	58
260	60	30
261	43	32
262	71	36
263	44	32
264	24	38
265	42	17
266	22	51
267	13	53
268	23	45
269	29	50
270	28	42
271	21	55
272	34	57
273	44	47
274	19	46
275	13	44
276	25	36
277	43	51
278	55	73
279	68	72
280	76	63
281	80	45
282	83	40
283	78	26
284	60	20
285	47	19
286	52	25
287	36	30
288	40	26
289	45	34
290	47	35
291	42	28
292	46	38
293	48	44
294	68	61
295	70	47
296	48	28
297	42	22
298	31	29
299	22	35
300	28	28
301	46	46
302	62	69
303	76	81
304	88	85
305	98	81
306	100	74
307	100	13
308	100	11
309	100	17
310	99	3
311	80	7
312	62	11
313	63	11
314	64	16
315	69	43
316	81	67
317	93	74
318	100	72
319	94	27
320	73	15
321	40	33
322	40	52
323	50	50
324	11	53
325	12	45
326	5	50
327	1	55
328	7	55
329	62	60
330	80	28
331	23	37
332	39	58
333	47	24
334	59	51
335	58	68
336	36	52
337	18	42
338	36	52
339	59	73
340	72	85
341	85	92
342	99	90
343	100	72
344	100	18
345	100	76
346	100	64
347	100	87
348	100	97
349	100	84
350	100	100
351	100	91
352	100	83
353	100	93
354	100	100
355	94	43
356	72	10
357	77	3
358	48	2
359	29	5
360	59	19
361	63	5
362	35	2
363	24	3
364	28	2
365	36	16
366	54	23
367	60	10
368	33	1
369	23	0
370	16	0
371	11	0

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
372	20	0
373	25	2
374	40	3
375	33	4
376	34	5
377	46	7
378	57	10
379	66	11
380	75	14
381	79	11
382	80	16
383	92	21
384	99	16
385	83	2
386	71	2
387	69	4
388	67	4
389	74	16
390	86	25
391	97	28
392	100	15
393	83	2
394	62	4
395	40	6
396	49	10
397	36	5
398	27	4
399	29	3
400	22	2
401	13	3
402	37	36
403	90	26
404	41	2
405	25	2
406	29	2
407	38	7
408	50	13
409	55	10
410	29	3
411	24	7
412	51	16
413	62	15
414	72	35
415	91	74
416	100	73
417	100	8
418	98	11
419	100	59
420	100	98
421	100	99
422	100	75
423	100	95
424	100	100
425	100	97
426	100	90
427	100	86
428	100	82
429	97	43
430	70	16
431	50	20
432	42	33
433	89	64
434	89	77
435	99	95
436	100	41
437	77	12
438	29	37
439	16	41
440	16	38
441	15	36
442	18	44
443	4	55
444	24	26
445	26	35
446	15	45
447	21	39
448	29	52
449	26	46
450	27	50
451	13	43
452	25	36
453	37	57
454	29	46
455	17	39
456	13	41
457	19	38
458	28	35
459	8	51
460	14	36
461	17	47
462	34	39
463	34	57
464	11	70
465	13	51
466	13	68
467	38	44
468	53	67
469	29	69
470	19	65
471	52	45
472	61	79
473	29	70
474	15	53
475	15	60
476	52	40
477	50	61
478	13	74
479	46	51
480	60	73
481	33	84
482	31	63
483	41	42
484	26	69
485	23	65
486	48	49
487	28	57
488	16	67

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
489	39	48
490	47	73
491	35	87
492	26	73
493	30	61
494	34	49
495	35	66
496	56	47
497	49	64
498	59	64
499	42	69
500	6	77
501	5	59
502	17	59
503	45	53
504	21	62
505	31	60
506	53	68
507	48	79
508	45	61
509	51	47
510	41	48
511	26	58
512	21	62
513	50	52
514	39	65
515	23	65
516	42	62
517	57	80
518	66	81
519	64	62
520	45	42
521	33	42
522	27	57
523	31	59
524	41	53
525	45	72
526	48	73
527	46	90
528	56	76
529	64	76
530	69	64
531	72	59
532	73	58
533	71	56
534	66	48
535	61	50
536	55	56
537	52	52
538	54	49
539	61	50
540	64	54
541	67	54
542	68	52
543	60	53
544	52	50
545	45	49
546	38	45
547	32	45
548	26	53
549	23	56
550	30	49
551	33	55
552	35	59
553	33	65
554	30	67
555	28	59
556	25	58
557	23	56
558	22	57
559	19	63
560	14	63
561	31	61
562	35	62
563	21	80
564	28	65
565	7	74
566	23	54
567	38	54
568	14	78
569	38	58
570	52	75
571	59	81
572	66	69
573	54	44
574	48	34
575	44	33
576	40	40
577	28	58
578	27	63
579	35	45
580	20	66
581	15	60
582	10	52
583	22	56
584	30	62
585	21	67
586	29	53
587	41	56
588	15	67
589	24	56
590	42	69
591	39	83
592	40	73
593	35	67
594	32	61
595	30	65
596	30	72
597	48	51
598	66	58
599	62	71
600	36	63
601	17	59
602	16	50
603	16	62
604	34	48
605	51	66

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
606	35	74
607	15	56
608	19	54
609	43	65
610	52	80
611	52	83
612	49	57
613	48	46
614	37	36
615	25	44
616	14	53
617	13	64
618	23	56
619	21	63
620	18	67
621	20	54
622	16	67
623	26	56
624	41	65
625	28	62
626	19	60
627	33	56
628	37	70
629	24	79
630	28	57
631	40	57
632	40	58
633	28	44
634	25	41
635	29	53
636	31	55
637	26	64
638	20	50
639	16	53
640	11	54
641	13	53
642	23	50
643	32	59
644	36	63
645	33	59
646	24	52
647	20	52
648	22	55
649	30	53
650	37	59
651	41	58
652	36	54
653	29	49
654	24	53
655	14	57
656	10	54
657	9	55
658	10	57
659	13	55
660	15	64
661	31	57
662	19	69
663	14	59
664	33	57
665	41	65
666	39	64
667	39	59
668	39	51
669	28	41
670	19	49
671	27	54
672	37	63
673	32	74
674	16	70
675	12	67
676	13	60
677	17	56
678	15	62
679	25	47
680	27	64
681	14	71
682	5	65
683	6	57
684	6	57
685	15	52
686	22	61
687	14	77
688	12	67
689	12	62
690	14	59
691	15	58
692	18	55
693	22	53
694	19	69
695	14	67
696	9	63
697	8	56
698	17	49
699	25	55
700	14	70
701	12	60
702	22	57
703	27	67
704	29	68
705	34	62
706	35	61
707	28	78
708	11	71
709	4	58
710	5	58
711	10	56
712	20	63
713	13	76
714	11	65
715	9	60
716	7	55
717	8	53
718	10	60
719	28	53
720	12	73
721	4	64
722	4	61

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
723	4	61
724	10	56
725	8	61
726	20	56
727	32	62
728	33	66
729	34	73
730	31	61
731	33	55
732	33	60
733	31	59
734	29	58
735	31	53
736	33	51
737	33	48
738	27	44
739	21	52
740	13	57
741	12	56
742	10	64
743	22	47
744	15	74
745	8	66
746	34	47
747	18	71
748	9	57
749	11	55
750	12	57
751	10	61
752	16	53
753	12	75
754	6	70
755	12	55
756	24	50
757	28	60
758	28	64
759	23	60
760	20	56
761	26	50
762	28	55
763	18	56
764	15	52
765	11	59
766	16	59
767	34	54
768	16	82
769	15	64
770	36	53
771	45	64
772	41	59
773	34	50
774	27	45
775	22	52
776	18	55
777	26	54
778	39	62
779	37	71
780	32	58
781	24	48
782	14	59
783	7	59
784	7	55
785	18	49
786	40	62
787	44	73
788	41	68
789	35	48
790	29	54
791	22	69
792	46	53
793	59	71
794	69	68
795	75	47
796	62	32
797	48	35
798	27	59
799	13	58
800	14	54
801	21	53
802	23	56
803	23	57
804	23	65
805	13	65
806	9	64
807	27	56
808	26	78
809	40	61
810	35	76
811	28	66
812	23	57
813	16	50
814	11	53
815	9	57
816	9	62
817	27	57
818	42	69
819	47	75
820	53	67
821	61	62
822	63	53
823	60	54
824	56	44
825	49	39
826	39	35
827	30	34
828	33	46
829	44	56
830	50	56
831	44	52
832	38	46
833	33	44
834	29	45
835	24	46
836	18	52
837	9	55
838	10	54
839	20	53

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
840	27	58
841	29	59
842	30	62
843	30	65
844	27	66
845	32	58
846	40	56
847	41	57
848	18	73
849	15	55
850	18	50
851	17	52
852	20	49
853	16	62
854	4	67
855	2	64
856	7	54
857	10	50
858	9	57
859	5	62
860	12	51
861	14	65
862	9	64
863	31	50
864	30	78
865	21	65
866	14	51
867	10	55
868	6	59
869	7	59
870	19	54
871	23	61
872	24	62
873	34	61
874	51	67
875	60	66
876	58	55
877	60	52
878	64	55
879	68	51
880	63	54
881	64	50
882	68	58
883	73	47
884	63	40
885	50	38
886	29	61
887	14	61
888	14	53
889	42	6
890	58	6
891	58	6
892	77	39
893	93	56
894	93	44
895	93	37
896	93	31
897	93	25
898	93	26
899	93	27
900	93	25
901	93	21
902	93	22
903	93	24
904	93	23
905	93	27
906	93	34
907	93	32
908	93	26
909	93	31
910	93	34
911	93	31
912	93	33
913	93	36
914	93	37
915	93	34
916	93	30
917	93	32
918	93	35
919	93	35
920	93	32
921	93	28
922	93	23
923	94	18
924	95	18
925	96	17
926	95	13
927	96	10
928	95	9
929	95	7
930	95	7
931	96	7
932	96	6
933	96	6
934	95	6
935	90	6
936	69	43
937	76	62
938	93	47
939	93	39
940	93	35
941	93	34
942	93	36
943	93	39
944	93	34
945	93	26
946	93	23
947	93	24
948	93	24
949	93	22
950	93	19
951	93	17
952	93	19
953	93	22
954	93	24
955	93	23
956	93	20

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
957	93	20
958	94	19
959	95	19
960	95	17
961	96	13
962	95	10
963	96	9
964	95	7
965	95	7
966	95	7
967	95	6
968	96	6
969	96	6
970	89	6
971	68	6
972	57	6
973	66	32
974	84	52
975	93	46
976	93	42
977	93	36
978	93	28
979	93	23
980	93	19
981	93	16
982	93	15
983	93	16
984	93	15
985	93	14
986	93	15
987	93	16
988	94	15
989	93	32
990	93	45
991	93	43
992	93	37
993	93	29
994	93	23
995	93	20

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
996	93	18
997	93	16
998	93	17
999	93	16
1 000	93	15
1 001	93	15
1 002	93	15
1 003	93	14
1 004	93	15
1 005	93	15
1 006	93	14
1 007	93	13
1 008	93	14
1 009	93	14
1 010	93	15
1 011	93	16
1 012	93	17
1 013	93	20
1 014	93	22
1 015	93	20
1 016	93	19
1 017	93	20
1 018	93	19
1 019	93	19
1 020	93	20
1 021	93	32
1 022	93	37
1 023	93	28
1 024	93	26
1 025	93	24
1 026	93	22
1 027	93	22
1 028	93	21
1 029	93	20
1 030	93	20
1 031	93	20
1 032	93	20
1 033	93	19
1 034	93	18

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1 035	93	20
1 036	93	20
1 037	93	20
1 038	93	20
1 039	93	19
1 040	93	18
1 041	93	18
1 042	93	17
1 043	93	16
1 044	93	16
1 045	93	15
1 046	93	16
1 047	93	18
1 048	93	37
1 049	93	48
1 050	93	38
1 051	93	31
1 052	93	26
1 053	93	21
1 054	93	18
1 055	93	16
1 056	93	17
1 057	93	18
1 058	93	19
1 059	93	21
1 060	93	20
1 061	93	18
1 062	93	17
1 063	93	17
1 064	93	18
1 065	93	18
1 066	93	18
1 067	93	19
1 068	93	18
1 069	93	18
1 070	93	20
1 071	93	23
1 072	93	25
1 073	93	25

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1 074	93	24
1 075	93	24
1 076	93	22
1 077	93	22
1 078	93	22
1 079	93	19
1 080	93	16
1 081	95	17
1 082	95	37
1 083	93	43
1 084	93	32
1 085	93	27
1 086	93	26
1 087	93	24
1 088	93	22
1 089	93	22
1 090	93	22
1 091	93	23
1 092	93	22
1 093	93	22
1 094	93	23
1 095	93	23
1 096	93	23
1 097	93	22
1 098	93	23
1 099	93	23
1 100	93	23
1 101	93	25
1 102	93	27
1 103	93	26
1 104	93	25
1 105	93	27
1 106	93	27
1 107	93	27
1 108	93	24
1 109	93	20
1 110	93	18
1 111	93	17
1 112	93	17
1 113	93	18
1 114	93	18
1 115	93	18
1 116	93	19
1 117	93	22
1 118	93	22
1 119	93	19
1 120	93	17
1 121	93	17
1 122	93	18
1 123	93	18
1 124	93	19
1 125	93	19
1 126	93	20
1 127	93	19
1 128	93	20
1 129	93	25
1 130	93	30
1 131	93	31
1 132	93	26
1 133	93	21
1 134	93	18
1 135	93	20
1 136	93	25
1 137	93	24
1 138	93	21
1 139	93	21
1 140	93	22
1 141	93	22
1 142	93	28
1 143	93	29
1 144	93	23
1 145	93	21
1 146	93	18
1 147	93	16
1 148	93	16
1 149	93	16
1 150	93	17
1 151	93	17
1 152	93	17
1 153	93	17
1 154	93	23
1 155	93	26
1 156	93	22
1 157	93	18
1 158	93	16
1 159	93	16
1 160	93	17
1 161	93	19
1 162	93	18
1 163	93	16
1 164	93	19
1 165	93	22
1 166	93	25
1 167	93	29
1 168	93	27
1 169	93	22
1 170	93	18
1 171	93	16
1 172	93	19
1 173	93	19
1 174	93	17
1 175	93	17
1 176	93	17
1 177	93	16
1 178	93	16
1 179	93	15
1 180	93	16
1 181	93	15
1 182	93	17
1 183	93	21
1 184	93	30
1 185	93	53
1 186	93	54
1 187	93	38
1 188	93	30
1 189	93	24
1 190	93	20

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1 191	95	20
1 192	96	18
1 193	96	15
1 194	96	11
1 195	95	9
1 196	95	8
1 197	96	7

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1 198	94	33
1 199	93	46
1 200	93	37
1 201	16	8
1 202	0	0
1 203	0	0
1 204	0	0

Tempo (s)	Velocidade normalizada (%)	Binário normalizado (%)
1 205	0	0
1 206	0	0
1 207	0	0
1 208	0	0
1 209	0	0

ANHANG 5

METHODE FÜR DIE DATENAUSWERTUNG UND FÜR BERECHNUNGEN

1. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

Die Berechnung der Emissionen wird entweder gemäß Anlage A.1 (massenbasierte Berechnungen) oder Anlage A.2 (molbasierte Berechnungen) durchgeführt. Eine Mischung der beiden Methoden ist nicht erlaubt. Es ist nicht erforderlich, die Berechnungen sowohl nach Anlage A.1 als auch nach Anlage A.2 durchzuführen.

Die besonderen Anforderungen für die Partikelzahlmessung sind, sofern sie gelten, in Anlage A.6 festgelegt.

1.1. Allgemeine symbole

Anlage A.1	Anlage A.2	Einheit	Größe
	A	m(²)	Fläche
	A_t	m (²)	Querschnitt der Venturieinschnürung
b, D_0	a_0	n.f. (³)	y-Achsabschnitt der Regressionsgeraden
A/F_{st}		—	stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis
	C	—	Koeffizient
C_d	C_d	—	Durchflusskoeffizient
	C_f	—	Durchsatzkoeffizient
c	x	ppm, Vol.-%	Konzentration/Molfraktion (µmol/mol = ppm)
c_d	(¹)	ppm, Vol.-%	Konzentration im trockenen Bezugszustand
c_w	(¹)	ppm, Vol.-%	Konzentration im feuchten Bezugszustand
c_b	(¹)	ppm, Vol.-%	Hintergrundkonzentration
D	x_{dil}	—	Verdünnungsfaktor (²)
D_0		m (³)/rev	Achsabschnitt der PDP-Kalibrierfunktion
d	d	m	Durchmesser
d_V		m	Innendurchmesser an der Einschnürung des Venturirohrs
e	e	g/kWh	bremsspezifische Basis
e_{gas}	e_{gas}	g/kWh	spezifische Emission gasförmiger Bestandteile
e_{PM}	e_{PM}	g/kWh	spezifische Partikelemissionen
E	$1 - PF$	%	Umwandlungseffizienz (PF = Durchlassanteil)
F_s		—	stöchiometrischer Faktor
	f	Hz	Frequenz
f_c		—	Kohlenstofffaktor
	γ	—	spezifisches Wärmeverhältnis

Anlage A.1	Anlage A.2	Einheit	Größe
H		g/kg	absolute Feuchtigkeit
	K	—	Korrekturfaktor
K_V		$\left[\left(\sqrt{K}\cdot m^4\cdot s\right)/kg\right]$	CFV-Kalibrierfunktion
k_f		m(³)/kg Kraftstoff	kraftstoffspezifischer Faktor
k_h		—	Feuchtigkeitskorrekturfaktor für NO_X, Dieselmotoren
k_{Dr}	k_{Dr}	—	abwärtswirksamer Anpassungsfaktor
k_r	k_r	—	multiplikativer Regenerierungsfaktor
k_{Ur}	k_{Ur}	—	aufwärtswirksamer Anpassungsfaktor
$k_{w,a}$		—	Korrekturfaktor für Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand der Ansaugluft
$k_{w,d}$		—	Korrekturfaktor für Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand der Verdünnungsluft
$k_{w,e}$		—	Korrekturfaktor für die Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand des verdünnten Abgases
$k_{w,r}$		—	Korrekturfaktor für die Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand des Rohabgases
μ	μ	kg /(m·s)	dynamische Viskosität
M	M	g/mol	Molmasse(³)
M_a	(¹)	g/mol	Molmasse der Ansaugluft
M_e	v	g/mol	Molmasse des Abgases
M_{gas}	M_{gas}	g/mol	Molmasse der gasförmigen Bestandteile
m	m	kg	Masse
m	a_1	n.f(³)	Steigung der Regressionsgeraden
	v	m²/s	kinematische Viskosität
m_d	v	kg	Masse der durch die Partikel-Probenahmefilter geleiteten Verdünnungsluftprobe
m_{ed}	(¹)	kg	Gesamtmasse des verdünnten Abgases über einen Zyklus
m_{edf}	(¹)	kg	Masse des äquivalenten verdünnten Abgases über einen Prüfzyklus

Anlage A.1	Anlage A.2	Einheit	Größe
m_{ew}	(1)	kg	Gesamtmasse des Abgases über einen Zyklus
m_f	(1)	mg	abgeschiedene Partikelmasse
$m_{f,d}$	(1)	mg	abgeschiedene Partikelmasse der Verdünnungsluft
m_{gas}	m_{gas}	g	Masse der gasförmigen Emissionen über einen Prüfzyklus
m_{PM}	m_{PM}	g	Masse der Partikelemissionen über einen Prüfzyklus
m_{se}	(1)	kg	Masse der Abgasproben über einen Prüfzyklus
m_{sed}	(1)	kg	Masse des verdünnten Abgases, das den Verdünnungstunnel durchströmt
m_{sep}	(1)	kg	Masse des verdünnten Abgases, das die Partikelsammelfilter durchströmt
m_{ssd}		kg	Masse der Sekundärverdünnungsluft
	N	—	Gesamtanzahl einer Reihe
	n	mol	Stoffmenge
	$\dot{n}$	mol/s	Stoffdurchsatz
n	f_n	min^{-1}	Motordrehzahl
n_p		r/s	PDP-Pumpendrehzahl
P	P	kW	Leistung
p	p	kPa	Druck
p_a		kPa	trockener atmosphärischer Druck
p_b		kPa	atmosphärischer Gesamtdruck
p_d		kPa	Sättigungsdampfdruck der Verdünnungsluft
p_p	p_{abs}	kPa	absoluter Druck
p_r	p_{H2O}	kPa	Wasserdampfdruck
p_s		kPa	trockener atmosphärischer Druck
$1 - E$	PF	%	Durchlassanteil
q_m	$\dot{m}$	kg/s	Massendurchsatz

Anlage A.1	Anlage A.2	Einheit	Größe
q_{mad}	$\dot{m}$ [1]	kg/s	Massendurchsatz der Ansaugluft, trocken
q_{maw}	[1]	kg/s	Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht
q_{mCe}	[1]	kg/s	Kohlenstoff-Massendurchsatz im Rohabgas
q_{mCf}	[1]	kg/s	Kohlenstoff-Massendurchsatz in den Motor
q_{mCp}	[1]	kg/s	Kohlenstoff-Massendurchsatz in das Teilstrom-Verdünnungssystem
q_{mdew}	[1]	kg/s	Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht
q_{mdw}	[1]	kg/s	Massendurchsatz der Verdünnungsluft, feucht
q_{medf}	[1]	kg/s	äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht
q_{mew}	[1]	kg/s	Massendurchsatz des Abgases, feucht
q_{mex}	[1]	kg/s	Massendurchsatz der aus dem Verdünnungstunnel entnommenen Probe
q_{mf}	[1]	kg/s	Massendurchsatz des Kraftstoffs
q_{mp}	[1]	kg/s	Abgasprobendurchsatz am Eintritt des Teilstrom-Verdünnungssystems
q_V	$\dot{V}$	m^3/s	Volumendurchsatz
q_{VCVS}	[1]	m^3/s	CVS-Volumendurchsatz
q_{Vs}	[1]	dm^3/min	Systemdurchsatz des Abgasanalysatorsystems
q_{Vt}	[1]	cm^3/min	Durchsatz des Spürgases
r	r	kg/m(3)	Massendichte
r_e		kg/m(3)	Abgasdichte
	r	—	Druckverhältnis
r_d	DR	—	Verdünnungsverhältnis(2)
	Ra	µm	Durchschnittliche Rauheit der Oberfläche
RH		%	relative Feuchtigkeit
r_D	β	m/m	Durchmesserverhältnis (CVS-Systeme)
r_p		—	Druckverhältnis des SSV
Re	$Re^{\#}$	—	Reynolds-Zahl
	S	K	Sutherland-Konstante

Anlage A.1	Anlage A.2	Einheit	Größe
s	s	—	Standardabweichung
T	T	°C	Temperatur
	T	Nm	Motordrehmoment
T_a		K	absolute Temperatur
t	t	s	Zeit
Dt	Dt	s	Zeitintervall
u		—	Verhältnis Dichte der Gasbestandteile/Abgasdichte
V	V	m(³)	Volumen
V_0		m³/r	PDP-Volumendurchsatz je Umdrehung
W	W	kWh	Arbeit
W_{act}	W_{act}	kWh	tatsächliche Zyklusarbeit des Prüfzyklus
WF	WF	—	Gewichtungsfaktor
w	w	g/g	Massenfraktion
	$\overline{x}$	mol/mol	nach Durchsatz gewichtete mittlere Konzentration
X_0	K_s	s/rev	PDP-Kalibrierfunktion
	y	—	generische Variable
$\overline{y}$	$\overline{y}$		Arithmetisches Mittel
	Z	—	Kompressibilitätsfaktor

([1]) Siehe tiefgestellte Indizes; dabei kann es sich um folgende Angaben handeln: $\dot{m}_{air}$ für Trockenluft-Massendurchsatz, $\dot{m}_{fuel}$ für Kraftstoff-Massendurchsatz usw.
([2]) Verdünnungsverhältnis r_d in Anlage A.1 und *DR* in Anlage A.2: unterschiedliche Symbole bei gleicher Bedeutung und identischen Gleichungen. Verdünnungsfaktor *D* in Anlage A.1 und x_{dil} in Anlage A.2: unterschiedliche Symbole bei gleicher physikalischer Bedeutung; Gleichung (A.5-129) bildet die Beziehung zwischen x_{dil} und *DR* ab.
([3]) n.f. = noch festzulegen.

1.2. Tiefgestellte Indizes

Anlage A.1 ([1])	Anlage A.2	Größe
act	act	tatsächliche Größe
i		momentanes Messergebnis (z. B. 1 Hz)
	i	Einzelwert einer Reihe

([1]) In Anlage A.1 wird die Bedeutung tiefgestellter Indizes durch die zugehörige Größe bestimmt; beispielsweise kann der tiefgestellte Index „d“in „c_d = Konzentration im trockenen Bezugszustand“für trocken stehen, in „p_d = Sättigungsdampfdruck der Verdünnungsluft“oder in „$k_{w,d}$ = Korrekturfaktor für die Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand der Verdünnungsluft“für Verdünnungsluft, oder in „r_d“für „Verdünnungsverhältnis“.

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

Anlage A.1	Anlage A.2	Größe
Ar	Ar	Argon
C1	C1	C1-äquivalenter Kohlenwasserstoff

Anlage A.1	Anlage A.2	Größe
CH_4	CH_4	Methan
C_2H_6	C_2H_6	Ethan
C_3H_8	C_3H_8	Propan
CO	CO	Kohlenmonoxid
CO_2	CO_2	Kohlendioxid
	H	atomarer Wasserstoff
	H_2	molekularer Wasserstoff
HC	HC	Kohlenwasserstoff
H_2O	H_2O	Wasser
	He	Helium
	N	atomarer Stickstoff
	N_2	molekularer Stickstoff
NO_X	NO_X	Stickoxide
NO	NO	Stickstoffoxid
NO_2	NO_2	Stickstoffdioxid
	O	atomarer Sauerstoff
PM	PM	Partikelmaterie
S	S	Schwefel

1.4. Symbole und Abkürzungen für die Kraftstoffzusammensetzung

Anlage A.1 (1)	Anlage A.2 (2)	Größe
w_C (4)	w_C (4)	Kohlenstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenfraktion [g/g] oder [Massenprozent]
w_H	w_H	Wasserstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenfraktion [g/g] oder [Massenprozent]
w_N	w_N	Stickstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenfraktion [g/g] oder [Massenprozent]
w_O	w_O	Sauerstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenfraktion [g/g] oder [Massenprozent]
w_S	w_S	Schwefelgehalt des Kraftstoffs, Massenfraktion [g/g] oder [Massenprozent]
α	α	Wasserstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis (H/C)
ε	β	Sauerstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis (O/C) (3)
γ	γ	Schwefel-Kohlenstoff-Atomverhältnis (S/C)
δ	δ	Stickstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis (N/C)

(1) Bezogen auf einen Kraftstoff mit der chemischen Formel $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$.
(2) Bezogen auf einen Kraftstoff mit der chemischen Formel $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$.
(3) Besonderes Augenmerk ist auf die unterschiedlichen Bedeutungen des Symbols β in den beiden Absätzen zur Emissionsberechnung zu legen: In Anlage A.1 ist damit ein Kraftstoff mit der chemischen Formel $CH_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ (d. h. der Formel $C_\beta H_\alpha S_\gamma N_\delta O_\varepsilon$ wobei $\beta = 1$, wenn von einem Kohlenstoffatom pro Molekül ausgegangen wird) gemeint, in Anlage A.2 bei $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$ hingegen das Sauerstoff-Kohlenstoff-Verhältnis. Unter diesen Umständen entspricht β in Anlage A.2 ε in Anlage A.1.
(4) Massenfraktion w in Verbindung mit dem tiefgestellten Symbol des chemischen Bestandteils.

ANLAGE A.1

MASSENBASIERTE EMISSIONSBERECHNUNGEN

A.1.1. Messung von gasförmigen Emissionen im Rohabgas

A.1.1.1. Einzelphasen-NRSC-Prüfungen

Der Emissionswert einer gasförmigen Emission $q_{mgas,i}$ [g/h] für jede Prüfphase *i* der stationären Prüfung ist durch Multiplikation der Konzentration der gasförmigen Emissionen mit ihrem jeweiligen Durchsatz wie folgt zu berechnen:

$$q_{mgas,i} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \cdot 3600 \quad \text{(A.5-1)}$$

Dabei giltw:

k = 1 für $c_{gasr,w,i}$ in [ppm] und k = 10000 für $c_{gasr,w,i}$ in [Volumenprozent]

k_h = NO_X-Korrekturfaktor [-], für die NO_X-Emissionsberechnung (siehe Absatz A.1.1.4.)

u_{gas} = abgasbestandteilspezifischer Faktor oder Verhältnis zwischen der Dichte des Abgasbestandteils und des Abgases [-]

$q_{mew,i}$ = Massendurchsatz des Abgases in der Prüfphase *i*, feucht [kg/s]

$c_{gas,i}$ = Emissionskonzentration im Rohabgas in der Prüfphase *i*, feucht [ppm] oder [Volumenprozent]

A.1.1.2. Prüfungen mit dynamischem Zyklus und gestuftem Mehrphasenzyklus

Die Gesamtmasse einer gasförmigen Emission m_{gas} [g/Prüfung] je Prüfung ist durch Multiplikation der zeitlich angeglichenen momentanen Konzentrationen und mit den Abgasdurchsätzen und durch Integration über den Prüfzyklus anhand der Gleichung (A.5-2) zu berechnen:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} (q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \quad \text{(A.5-2)}$$

Dabei gilt:

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

k_h = NO_X-Korrekturfaktor [-], nur anzuwenden für die NO_X-Emissionsberechnung

k = 1 für $c_{gasr,w,i}$ in [ppm] und k = 10000 für $c_{gasr,w,i}$ in [Volumenprozent]

u_{gas} = abgasbestandteilspezifischer Faktor [-] (siehe Absatz A.1.1.5.)

N = Anzahl der Messungen [-]

$q_{mew,i}$ = momentaner Massendurchsatz des Abgases, feucht [kg/s]

$c_{gas,i}$ = momentane Emissionskonzentration im Rohabgas, feucht [ppm] oder [Volumenprozent]

A.1.1.3. Umrechnung der Konzentration vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Werden die Emissionen im feuchten Bezugszustand gemessen, ist die im trockenen Bezugszustand gemessene Konzentration c_d anhand der Gleichung (A.5-3) in die Konzentration c_w im feuchten Bezugszustand umzurechnen:

$$c_w = k_w \cdot c_d \tag{A.5-3}$$

Dabei gilt:

k_w = Faktor zur Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand [-]

c_d = Emissionskonzentration, trocken [ppm] oder [Volumenprozent]

Bei der vollständigen Verbrennung wird der Faktor zur Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand für Rohabgas als $k_{w,a}$ [-] bezeichnet und anhand der Gleichung (A.5-4) berechnet:

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_h \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot kf \cdot 1000}\right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} \tag{A.5-4}$$

Dabei gilt:

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft [g H_2O/kg trockener Luft]

$q_{mf,i}$ = momentaner Kraftstoffdurchsatz [kg/s]

$q_{mad,i}$ = momentaner Durchsatz der Ansaugluft [kg/s]

p_r = Wasserdruck nach dem Kühler [kPa]

p_b = barometrischer Gesamtdruck [kPa]

w_H = Wasserstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

k_f = zusätzliches Verbrennungsvolumen [m^3/kg Kraftstoff]

mit

$$k_f = 0,055594 \cdot w_H + 0,0080021 \cdot w_N + 0,0070046 \cdot w_O \tag{A.5-5}$$

Dabei gilt:

w_H = Wasserstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

w_N = Stickstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

w_O = Sauerstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

In der Gleichung (A.5-4) kann folgendes Verhältnis p_r/p_b angenommen werden:

$$\frac{1}{\left(1-\frac{p_r}{p_b}\right)} = 1,008 \qquad \text{(A.5-6)}$$

Bei der unvollständigen Verbrennung (fette Kraftstoff-Luft-Gemische) und auch bei Emissionsprüfungen ohne direkte Messung des Luftdurchsatzes wird einer zweiten Methode zur Berechnung von $k_{w,a}$ der Vorzug gegeben:

$$k_{w,a} = \frac{\frac{1}{1+\alpha \cdot 0,005 \cdot (c_{CO2}+c_{CO})} - k_{w1}}{1-\frac{p_r}{p_b}} \qquad \text{(A.5-7)}$$

Dabei gilt:

c_{CO2} = CO_2-Konzentration im Rohabgas, trocken [Volumenprozent]

c_{CO} = CO-Konzentration im Rohabgas, trocken [ppm]

p_r = Wasserdruck nach dem Kühler [kPa]

p_b = barometrischer Gesamtdruck [kPa]

α = Kohlenstoff-Wasserstoff-Molverhältnis [-]

k_{w1} = Feuchtigkeit der Ansaugluft [-]

$$k_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + 1,608 \cdot H_a} \qquad \text{(A.5-8)}$$

A.1.1.4. Korrektur der NO_X-Konzentration unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit

Da die NO_X-Emission von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängt, ist die NO_X-Konzentration unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebungsluft mithilfe des in den Gleichungen (A.5-9) und (A.5-10) angegebenen Faktors $k_{h,D}$ oder $k_{h,G}$ [-] zu korrigieren. Diese Faktoren gelten für einen Feuchtigkeitsbereich von 0 bis 25 g H_2O/kg trockener Luft.

a) Für Selbstzündungsmotoren

$$k_h = \frac{15,698 \cdot H_a}{1000} + 0,832 \qquad \text{(A.5-9)}$$

b) Für Fremdzündungsmotoren

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \qquad \text{(A.5-10)}$$

Dabei gilt:

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft [g H_2O/kg trockener Luft]

A.1.1.5 Abgasbestandteilspezifischer Faktor u

Für die Berechnung sind in den Absätzen A.1.1.5.1 und A.1.1.5.2 zwei Verfahren beschrieben. Das in Absatz A.1.1.5.1 beschriebene Verfahren ist einfacher, weil für das Verhältnis von Bestandteil- und Abgasdichte „u"-Tabellenwerte verwendet werden. Das in Absatz A.1.1.5.2 beschriebene Verfahren ist genauer bei Kraftstoffqualitäten, die von den Spezifikationen in Anhang 6 abweichen, erfordert aber eine Elementaranalyse des Kraftstoffs.

A.1.1.5.1 Tabellenwerte

Unter Anwendung einiger Vereinfachungen (Annahme über den Wert λ und über die Bedingungen betreffend die Ansaugluft gemäß Tabelle A.5-1) auf die Gleichungen in Absatz A.1.1.5.2 werden die resultierenden Werte für u_{gas} in Tabelle A.5-1 angegeben.

Tabelle A.5-1

u-Werte für das Rohabgas und Dichte der Abgasbestandteile (für die in ppm ausgedrückte Emissionskonzentration)

Kraftstoff	ρ_e	Erdgas					
		NO_X	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		ρ_{gas} [kg/m³]					
		2,053	1,250	[a]	1,9636	1,4277	0,716
		u_{gas}[b]					
Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Ethanol für bestimmte Selbstzündungsmotoren (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Erdgas/ Biomethan [c]	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528[d]	0,001551	0,001128	0,000565
Propan	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butan	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
LPG [e]	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Benzin (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Ethanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

[a] kraftstoffabhängig
[b] bei λ = 2, trockener Luft, 273 K und 101,3 kPa
[c] Genauigkeit der u-Werte ± 0,2 % für folgende Massenverteilung: C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %
[d] NMHC auf der Basis von $CH_{2,93}$ (für Gesamt-HC ist der u_{gas}-Faktor für CH_4 zu verwenden)
[e] Genauigkeit der u-Werte ± 0,2 % für folgende Massenverteilung: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %

A.1.1.5.2. Berechnete Werte

Der abgasbestandteilspezifische Faktor $u_{gas,i}$ kann anhand des Verhältnisses zwischen der Dichte des Abgasbestandteils und des Abgases oder alternativ durch das entsprechende Verhältnis der Molmassen [Gleichungen (A.5-11) oder (A.5-12)] ermittelt werden:

$$u_{\mathrm{gas},i} = M_{\mathrm{gas}} / \left(M_{\mathrm{e},i} \cdot 1000 \right) \tag{A.5-11}$$

oder

$$u_{\mathrm{gas},i} = \rho_{\mathrm{gas}} / \left(\rho_{\mathrm{e},i} \cdot 1000 \right) \tag{A.5-12}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse des Abgasbestandteils [g/mol]

$M_{e,i}$ = momentane Molmasse des feuchten Rohabgases [g/mol]

ρ_{gas} = Dichte des gasförmigen Bestandteils [kg/m³]

$\rho_{e,i}$ = momentane Dichte des feuchten Rohabgases [kg/m³]

Die Molmasse des Abgases $M_{e,i}$ ist für die allgemeine Kraftstoffzusammensetzung $CH_\alpha O_\varepsilon N_\delta S_\gamma$ unter der Annahme vollständiger Verbrennung anhand der Gleichung (A.5-13) zu berechnen:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} + \frac{\frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1{,}00794 + 15{,}9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}} \tag{A.5-13}$$

Dabei gilt:

$q_{mf,i}$ = momentaner Massendurchsatz des Kraftstoffs, feucht [kg/s]

$q_{maw,i}$ = momentaner Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht [kg/s]

α = Wasserstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis [-]

d = Stickstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis [-]

e = Sauerstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis [-]

g = Schwefel-Kohlenstoff-Atomverhältnis [-]

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft [g H_2O/kg trockener Luft]

M_a = Molmasse der trockenen Ansaugluft = 28,965 g/mol

Die momentane Dichte des Rohabgases $r_{e,i}$ [kg/m³] ist anhand der Gleichung (A.5-14) zu berechnen:

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \cdot \left(q_{mf,i} / q_{mad,i}\right)}{773{,}4 + 1{,}2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1000 \cdot \left(q_{mf,i} / q_{mad,i}\right)} \quad \text{(A.5-14)}$$

Dabei gilt:

$q_{mf,i}$ = momentaner Kraftstoffmassendurchsatz [kg/s]

$q_{mad,i}$ = momentaner Massendurchsatz der trockenen Ansaugluft [kg/s]

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft [g H_2O/kg trockener Luft]

k_f = zusätzliches Verbrennungsvolumen [m³/kg Kraftstoff] [siehe Gleichung (A.5-5)]

A.1.1.6. Massendurchsatz des Rohabgases

A.1.1.6.1. Verfahren zur Luft- und Kraftstoffmessung

Dieses Verfahren beinhaltet die Messung des Luftdurchsatzes und des Kraftstoffdurchsatzes mit geeigneten Durchflussmessgeräten. Der momentane Abgasdurchsatz $q_{mew,i}$ [kg/s] ist anhand der Gleichung (A.5-15) zu berechnen:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad \text{(A.5-15)}$$

Dabei gilt:

$q_{maw,i}$ = momentaner Massendurchsatz der feuchten Ansaugluft [kg/s]

$q_{mf,i}$ = momentaner Kraftstoffmassendurchsatz [kg/s]

A.1.1.6.2. Verfahren zur Messung mit Spürgas

Hierbei wird die Konzentration eines Spürgases im Abgas gemessen. Der momentane Abgasdurchsatz $q_{mew,i}$ [kg/s] ist anhand der Gleichung (A.5-16) zu berechnen:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{Vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot \left(c_{mix,i} - c_b\right)} \quad \text{(A.5-16)}$$

Dabei gilt:

q_{Vt} = Durchsatz des Spürgases [m³/s]

$c_{mix,i}$ = momentane Konzentration des Spürgases nach Vermischung [ppm]

r_e = Dichte des Rohabgases [kg/m³]

c_b = Hintergrundkonzentration des Spürgases in der Ansaugluft [ppm]

Die Hintergrundkonzentration des Spürgases (c_b) kann bestimmt werden, indem die durchschnittliche Hintergrundkonzentration unmittelbar vor und nach dem Prüflauf gemessen wird. Die Hintergrundkonzentration kann vernachlässigt werden, wenn sie bei maximalem Abgasdurchsatz weniger als 1 % der Konzentration des Spürgases nach der Vermischung ($c_{mix,i}$) beträgt.

A.1.1.6.3. Verfahren zur Messung von Luftdurchsatz und Luft-Kraftstoff-Verhältnis

Hier wird der Abgasdurchsatz aus dem Luftdurchsatz und dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis errechnet. Der momentane Abgasdurchsatz $q_{mew,i}$ [kg/s] ist anhand der Gleichung (A.5-17) zu berechnen:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i} \right) \quad \text{(A.5-17)}$$

mit

$$A / F_{st} = \frac{138{,}0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12{,}011 + 1{,}00794 \cdot \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon + 14{,}0067 \cdot \delta + 32{,}065 \cdot \gamma} \quad \text{(A.5-18)}$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3{,}5 \cdot c_{CO2d}}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \cdot \left(c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} \right)}{4{,}764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \cdot \left(c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right)} \quad \text{(A.5-19)}$$

Dabei gilt:

$q_{maw,i}$ = Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht [kg/s]

A/F_{st} = stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis [-]

λ_i = momentaner Luftüberschussfaktor [-]

c_{COd} = CO-Konzentration im Rohabgas, trocken [ppm]

c_{CO2d} = CO_2 Konzentration im Rohabgas, trocken [Prozent]

c_{HCw} = HC-Konzentration im Rohabgas, feucht [ppm C1]

α = Wasserstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis [-]

d = Stickstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis [-]

e = Sauerstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis [-]

g = Schwefel-Kohlenstoff-Atomverhältnis [-]

A.1.1.6.4. Kohlenstoffbilanzmethode, einstufiges Verfahren

Die einstufige Formel in Gleichung (A.5-20) kann zur Berechnung des Massendurchsatzes des feuchten Abgases $q_{mew,i}$ [kg/s] verwendet werden:

$$q_{mew,i} = q_{mf,i} \cdot \left[\frac{1{,}4 \cdot w_C^2}{(1{,}0828 \cdot w_C + k_{fd} \cdot f_c) f_c} \left(1 + \frac{H_a}{1000} \right) + 1 \right] \quad \text{(A.5-20)}$$

wobei der Kohlenstofffaktor f_c [-] anhand der nachstehenden Gleichung ermittelt wird:

$$f_c = 0{,}5441 \cdot \left(c_{CO2d} - c_{CO2d,a} \right) + \frac{c_{COd}}{18522} + \frac{c_{HCw}}{17355} \quad \text{(A.5-21)}$$

Dabei gilt:

$q_{mf,i}$ = momentaner Kraftstoffmassendurchsatz [kg/s]

w_C = Kohlenstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent] (siehe Gleichung A.5-82 in Absatz A.2.3.3.1 oder Tabelle A.2.1)

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft [g H_2O/kg trockener Luft]

k_{fd} = zusätzliches Verbrennungsvolumen, trocken [m^3/kg Kraftstoff]

c_{CO2d} = Konzentration des trockenen CO_2 im Rohabgas [%]

$c_{CO2d,a}$ = Konzentration des trockenen CO_2 in der Umgebungsluft [%]

c_{COd} = Konzentration des trockenen CO im Rohabgas [ppm]

c_{HCw} = Konzentration des feuchten HC im Rohabgas [ppm]

wobei der Faktor k_{fd} [m³/kg Kraftstoff] im trockenen Bezugszustand anhand der Gleichung (A.5-22) berechnet wird, indem das im Zuge der Verbrennung gebildete Wasser von k_f abgezogen wird:

$$k_{fd} = k_f - 0{,}11118 \cdot w_H \quad \text{(A.5-22)}$$

Dabei gilt:

k_f = kraftstoffspezifischer Gleichungsfaktor (A.5-5) [m³/kg Kraftstoff]

w_H = Wasserstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

A.1.2. Verdünnte gasförmige Emissionen

A.1.2.1. Masse der gasförmigen Emissionen

Der Abgasmassendurchsatz ist mit einem System zur Probenahme mit konstantem Volumen (CVS) zu messen, das mit einer Verdrängerpumpe (PDP), einem Venturirohr mit kritischer Strömung (CFV) oder einem subsonischen Venturirohr (SSV) ausgestattet ist.

Bei Systemen mit konstantem Massendurchsatz (d. h. mit Wärmetauscher) ist die Schadstoffmasse m_{gas} [g/Prüfung] anhand der Gleichung (A.5-23) zu bestimmen:

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \quad \text{(A.5-23)}$$

Dabei gilt:

u_{gas} = Verhältnis zwischen der Dichte des Abgasbestandteils und der Dichte der Luft gemäß Tabelle A.1.2 oder berechnet anhand der Gleichung (A.5-34) [-]

c_{gas} = mittlere hintergrundkorrigierte Konzentration des Abgasbestandteils, feucht [ppm] bzw. [Volumenprozent]

k_h = NO_X-Korrekturfaktor [-], nur anzuwenden für die NO_X-Emissionsberechnung

k = 1 für $c_{gasr,w,i}$ in [ppm], k = 10000 für $c_{gasr,w,i}$ in [Volumenprozent]

m_{ed} = Gesamtmasse des verdünnten Abgases über den Zyklus [kg/Prüfung]

Für Systeme mit Durchsatzkompensation (ohne Wärmetauscher) ist die Schadstoffmasse m_{gas} [g/Prüfung] durch Berechnung der momentanen Massenemissionen sowie Integration und Hintergrundkorrektur anhand der Gleichung (A.5-24) zu bestimmen:

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left\{ \sum_{i=1}^{N} \left[\left(m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas} \right) \right] - \left[\left(m_{ed} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \cdot u_{gas} \right) \right] \right\} \quad \text{(A.5-24)}$$

Dabei gilt:

c_e = Emissionskonzentration im verdünnten Abgas, feucht [ppm] oder [Volumenprozent]

c_d = Emissionskonzentration in der Verdünnungsluft, feucht [ppm] oder [Volumenprozent]

$m_{ed,i}$ = Masse des verdünnten Abgases während des Zeitintervalls *i* [kg]

m_{ed} = Gesamtmasse des verdünnten Abgases über den gesamten Zyklus [kg]

u_{gas} = Wert aus Tabelle A.1.2 [-]

D = Verdünnungsfaktor [siehe Gleichung (A.5-28) in Absatz A.1.2.2.2.] [-]

k_h = NO_X-Korrekturfaktor [-], nur anzuwenden für die NO_X-Emissionsberechnung

k = 1 für c in [ppm], k = 10000 für c in [Volumenprozent]

Die Werte für die Konzentrationen c_{gas}, c_e und c_d können entweder in einer Stichprobe gemessen werden (in einem Beutel; nicht zulässig für NO_X und HC) oder durch Integration aus kontinuierlichen Messungen als Durchschnittswert ermittelt werden. Auch $m_{ed,i}$ muss durch Integration über den Prüfzyklus als Durchschnittswert ermittelt werden.

Die nachstehenden Gleichungen zeigen, wie die benötigten Größen (c_e, u_{gas} und m_{ed}) zu berechnen sind.

A.1.2.2. Umrechnung der Konzentration vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Alle nach Absatz A.1.2.1 im trockenen Bezugszustand gemessenen Konzentrationen sind anhand der Gleichung (A.5-3) in den feuchten Bezugszustand umzurechnen.

A.1.2.2.1. Verdünntes Abgas

Konzentrationen im trockenen Bezugszustand sind anhand einer der beiden folgenden Gleichungen [(A-5-25) oder (A.5-26)] in den feuchten Bezugszustand umzurechnen:

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \cdot 1.008 \qquad \text{(A.5-25)}$$

oder

$$k_{w,e} = \left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}} \right) \cdot 1.008 \qquad \text{(A.5-26)}$$

Dabei gilt:

α = Wasserstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis des Kraftstoffs [-]

c_{CO2w} = CO_2-Konzentration im verdünnten Abgas, feucht [Volumenprozent]

c_{CO2d} = CO_2-Konzentration im verdünnten Abgas, trocken [Volumenprozent]

Der Korrekturfaktor k_{w2} für die Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand berücksichtigt den Wassergehalt sowohl der Ansaug- als auch der Verdünnungsluft und ist anhand der Gleichung (A.5-27) zu berechnen:

$$k_{w2} = \frac{1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1{,}608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \qquad \text{(A.5-27)}$$

Dabei gilt:

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft [g H_2O/kg trockener Luft]

H_d = Feuchtigkeit der Verdünnungsluft [g H_2O/kg trockener Luft]

D = Verdünnungsfaktor [siehe Gleichung (A.5-28) in Absatz A.1.2.2.2.] [-]

A.1.2.2.2. Verdünnungsfaktor

Der Verdünnungsfaktor D [-] (der für die Hintergrundkorrektur und die Berechnung von k_{w2} benötigt wird) ist anhand der Gleichung (A.5-28) zu berechnen:

$$D = \frac{F_S}{c_{CO2,e} + \left(c_{HC,e} + c_{CO,e}\right) \cdot 10^{-4}} \quad \text{(A.5-28)}$$

Dabei gilt:

F_S = stöchiometrischer Faktor [-]

$c_{CO2,e}$ = CO_2-Konzentration im verdünnten Abgas, feucht [Volumenprozent]

$c_{HC,e}$ = HC-Konzentration im verdünnten Abgas, feucht [ppm C1]

$c_{CO,e}$ = CO-Konzentration im verdünnten Abgas, feucht [ppm]

Der stöchiometrische Faktor ist anhand der Gleichung (A.5-29) zu berechnen:

$$F_S = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3{,}76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad \text{(A.5-29)}$$

Dabei gilt:

α = Wasserstoff-Kohlenstoff-Molverhältnis des Kraftstoffs [-]

Ist die Kraftstoffzusammensetzung unbekannt, können alternativ folgende stöchiometrische Faktoren verwendet werden:

F_S(Diesel) = 13,4

F_S(LPG) = 11,6

F_S(NG) = 9,5

F_S(E10) = 13,3

F_S(E85) = 11,5

Wird eine direkte Messung des Abgasdurchsatzes durchgeführt, kann der Verdünnungsfaktor *D* [-] anhand der Gleichung (A.5-30) berechnet werden:

$$D = \frac{q_{VCVS}}{q_{Vew}} \quad \text{(A.5-30)}$$

Dabei gilt:

q_{VCVS} = Volumendurchsatz des verdünnten Abgases [m^3/s]

q_{Vew} = Volumendurchsatz des Rohabgases [m^3/s]

A.1.2.2.3. Verdünnungsluft

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1{,}008 \quad \text{(A.5-31)}$$

mit:

$$k_{w3} = \frac{1{,}608 \cdot H_d}{1000 + 1{,}608 \cdot H_d} \quad \text{(A.5-32)}$$

Dabei gilt:

H_d = Feuchtigkeit der Verdünnungsluft [g H_2O/kg trockener Luft]

A.1.2.2.4. Bestimmung der hintergrundkorrigierten Konzentration

Um die Nettokonzentration der Schadstoffe zu bestimmen, sind die mittleren Hintergrundkonzentrationen der gasförmigen Schadstoffe in der Verdünnungsluft von den gemessenen Konzentrationen abzuziehen. Die mittleren Werte der Hintergrundkonzentrationen können mithilfe der Beutel-Methode oder durch laufende Messungen mit Integration bestimmt werden. Es ist Gleichung (A.5-33) zu verwenden:

$$c_{gas} = c_{gas,e} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad \text{(A.5-33)}$$

Dabei gilt:

c_{gas} = Nettokonzentration des gasförmigen Schadstoffs [ppm] oder [Volumenprozent]

$c_{gas,e}$ = Emissionskonzentration im verdünnten Abgas, feucht [ppm] oder [Volumenprozent]

c_d = Emissionskonzentration in der Verdünnungsluft, feucht [ppm] oder [Volumenprozent]

D = Verdünnungsfaktor [siehe Gleichung (A.5-28) in Absatz A.1.2.2.2.] [-]

A.1.2.3. Abgasbestandteilspezifischer Faktor u

Der abgasbestandteilspezifische Faktor u_{gas} verdünnter Gase kann entweder anhand der Gleichung (A.5-34) berechnet oder Tabelle A.1.2 entnommen werden; in Tabelle A.1.2 wird davon ausgegangen, dass die Dichte des verdünnten Abgases der Dichte der Luft entspricht.

$$u = \frac{M_{gas}}{M_{d,w} \cdot 1\,000} = \frac{M_{gas}}{\left[M_{da,w} \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right)\right] + M_{r,w} \cdot \left(\frac{1}{D}\right) \cdot 1\,000} \quad \text{(A.5-34)}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse des Abgasbestandteils [g/mol]

$M_{d,w}$ = Molmasse des verdünnten Abgases [g/mol]

$M_{da,w}$ = Molmasse der Verdünnungsluft [g/mol] (siehe Gleichung (A.5-144) in Absatz A.2.9.3.)

$M_{r,w}$ = Molmasse des Rohabgases [g/mol] (siehe Anhang 5 Anlage A.5 Absatz A.5.5.)

D = Verdünnungsfaktor [siehe Gleichung (A.5-28) in Absatz A.1.2.2.2.] [-]

Tabelle A.1.2

u-Werte für das verdünnte Abgas (für die in ppm ausgedrückte Emissionskonzentration) und Dichte der Abgasbestandteile

Kraftstoff	ρ_e	Erdgas					
		NO_X	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		ρ_{gas} [kg/m³]					
		2,053	1,250	[a]	1,9636	1,4277	0,716
		u_{gas} [b]					
Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Ethanol für bestimmte Selbstzündungsmotoren (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Erdgas/ Biomethan [c]	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528 [d]	0,001551	0,001128	0,000565
Propan	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butan	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
LPG [e]	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Benzin (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Ethanol (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

[a] kraftstoffabhängig
[b] bei λ = 2, trockener Luft, 273 K und 101,3 kPa
[c] Genauigkeit der u-Werte ± 0,2 % für folgende Massenverteilung: C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %
[d] NMHC auf der Basis von $CH_{2,93}$ (für Gesamt-HC ist der u_{gas}-Faktor für CH_4 zu verwenden)
[e] Genauigkeit der u-Werte ± 0,2 % für folgende Massenverteilung: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %

A.1.2.4. Berechnung des Massendurchsatzes des Abgases

A.1.2.4.1. PDP-CVS-System

Sofern die Temperatur des verdünnten Abgases m_{ed} während des Zyklus mithilfe eines Wärmetauschers konstant in einem Toleranzbereich von ± 6 K gehalten wird, ist der Massendurchsatz des verdünnten Abgases [kg/Prüfung] über den Zyklus anhand der Gleichung (A.5-35) zu berechnen:

$$m_{\mathrm{ed}} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{\mathrm{P}} \cdot \frac{p_{\mathrm{p}}}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{T} \qquad \text{(A.5-35)}$$

Dabei gilt:

V_0 = unter Prüfbedingungen gefördertes Gasvolumen je Pumpenumdrehung [m³/rev]

n_{P} = Gesamtzahl der Pumpenumdrehungen je Prüfung [rev/test]

p_{p} = absoluter Druck am Pumpeneintritt [kPa]

$\overline{T}$ = mittlere Temperatur des verdünnten Abgases am Pumpeneintritt [K]

1,293 kg/m³ = Luftdichte bei 273,15 K und 101,325 kPa

Wird ein System mit Durchsatzkompensation (d. h. ohne Wärmetauscher) verwendet, so ist die Masse des verdünnten Abgases $m_{ed,i}$ [kg] während des Zeitintervalls anhand der Gleichung (A.5-36) zu berechnen:

$$m_{\mathrm{ed},i} = 1{,}293 \cdot V_0 \cdot n_{\mathrm{P},i} \cdot \frac{p_p}{101{,}325} \cdot \frac{273{,}15}{\overline{T}} \qquad \text{(A.5-36)}$$

Dabei gilt:

V_0 = unter Prüfbedingungen gefördertes Gasvolumen je Pumpenumdrehung [m³/rev]

p_{p} = absoluter Druck am Pumpeneintritt [kPa]

$n_{\mathrm{P},i}$ = Gesamtzahl der Pumpenumdrehungen je Zeitintervall *i* [rev/Δt]

$\overline{T}$ = mittlere Temperatur des verdünnten Abgases am Pumpeneintritt [K]

1,293 kg/m³ = Luftdichte bei 273,15 K und 101,325 kPa

A.1.2.4.2. CFV-CVS-System

Sofern die Temperatur des verdünnten Abgases während des Zyklus mithilfe eines Wärmetauschers konstant in einem Toleranzbereich von ± 11 K gehalten wird, ist der Massendurchsatz m_{ed} [g/Prüfung] über den Zyklus anhand der Gleichung (A.5-37) zu berechnen:

$$m_{\mathrm{ed}} = \frac{1{,}293 \cdot t \cdot K_{\mathrm{V}} \cdot p_{\mathrm{p}}}{T^{0{,}5}} \qquad \text{(A.5-37)}$$

Dabei gilt:

t = Zyklusdauer [s]

K_{V} = Kalibrierungskoeffizient des Venturirohrs mit kritischer Strömung unter Standardbedingungen $\left[\left(\sqrt{\mathrm{K}} \cdot \mathrm{m}^{\mathrm{t}} \cdot \mathrm{s}\right)/\mathrm{kg}\right]$

p_P = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs [kPa]

T = absolute Temperatur am Eintritt des Venturirohrs [K]

$1{,}293\ kg/m^3$ = Luftdichte bei 273,15 K und 101,325 kPa

Wird ein System mit Durchsatzkompensation (d. h. ohne Wärmetauscher) verwendet, so ist die Masse des verdünnten Abgases $m_{ed,i}$ [kg] während des Zeitintervalls anhand der Gleichung (A.5-38) zu berechnen:

$$m_{ed,i} = \frac{1{,}293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0{,}5}} \quad \text{(A.5-38)}$$

Dabei gilt:

Δt_i = Zeitintervall der Prüfung [s]

K_V = Kalibrierkoeffizient des Venturirohrs mit kritischer Strömung für Normzustand $\left[\left(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s\right)/kg\right]$

p_P = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs [kPa]

T = absolute Temperatur am Eintritt des Venturirohrs [K]

$1{,}293\ kg/m^3$ = Luftdichte bei 273,15 K und 101,325 kPa

A.1.2.4.3. SSV-CVS-System

Sofern die Temperatur des verdünnten Abgases während des Zyklus mithilfe eines Wärmetauschers konstant in einem Toleranzbereich von ± 11 K gehalten wird, ist die Masse des verdünnten Abgases m_{ed} [kg/Prüfung] über den Zyklus anhand der Gleichung (A.5-39) zu berechnen:

$$m_{ed} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-39)}$$

Dabei gilt:

$1{,}293\ kg/m^3$ = Luftdichte bei 273,15 K und 101,325 kPa

Δt = Zyklusdauer [s]

q_{VSSV} = Luftdurchsatz bei Standardbedingungen (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

mit:

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_V{}^2 C_d p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T}\left(r_p^{1{,}4286} - r_p^{1{,}7143}\right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D{}^4 r_p^{1{,}4286}}\right)\right]} \quad \text{(A.5-40)}$$

Dabei gilt:

A_0 = Sammlung von Konstanten und Einheitenumwandlungen = $0{,}0056940 \left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2} \right]$

d_V = Durchmesser der SSV-Einschnürung [mm]

C_d = Durchflusskoeffizient des SSV [-]

p_p = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs [kPa]

$T_{in,V}$ = Temperatur am Eintritt des Venturirohrs [K]

r_p = Verhältnis der SSV-Verengung zum Eintritt absolut, statischer Druck $\left(1 - \frac{\Delta p}{p_a}\right)$ [-] [-]

r_D = Verhältnis zwischen den Innendurchmessern an der Einschnürung und am Eintritt des SSV $\frac{d}{D}$ [-]

Wird ein System mit Durchsatzkompensation (d. h. ohne Wärmetauscher) verwendet, so ist die Masse des verdünnten Abgases $m_{ed,i}$ [kg] während des Zeitintervalls anhand der Gleichung (A.5-41) zu berechnen:

$$m_{ed,i} = 1{,}293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad \text{(A.5-41)}$$

Dabei gilt:

1,293 kg/m³ = Luftdichte bei 273,15 K und 101,325 kPa

Δt_i = Zeitraum [s]

q_{VSSV} = Volumendurchsatz des SSV [m³/s]

A.1.3. Berechnung der Partikelemission

A.1.3.1. Dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen

Nach der Auftriebskorrektur der Partikel-Probenahmemasse ist gemäß Anhang 4 Absatz 8.1.12.2.5 die Partikelmasse zu berechnen.

A.1.3.1.1. Teilstrom-Verdünnungssystem

A.1.3.1.1.1. Berechnung auf der Grundlage des Probenahmeverhältnisses

Die Partikelemission über den Zyklus m_{PM} [g] ist anhand der Gleichung (A.5-42) zu berechnen:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1000} \quad \text{(A.5-42)}$$

Dabei gilt:

m_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse [mg]

r_s = mittlerer Probenahmequotient über den Prüfzyklus [-]

mit

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad \text{(A.5-43)}$$

Dabei gilt:

m_{se} = Probenmasse des Rohabgases über den Zyklus [kg]

m_{ew} = Gesamtmasse des Rohabgases über den Zyklus [kg]

m_{sep} = Masse des verdünnten Abgases, das die Partikelsammelfilter durchströmt [kg]

m_{sed} = Masse des verdünnten Abgases, das den Verdünnungstunnel durchströmt [kg]

Im Fall eines Systems mit Vollstromprobenahme sind m_{sep} und m_{sed} identisch.

A.1.3.1.1.2. Berechnung auf der Grundlage des Verdünnungsverhältnisses

Die Partikelemission über den Zyklus m_{PM} [g] ist anhand der Gleichung (A.5-44) zu berechnen:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1000} \quad \text{(A.5-44)}$$

Dabei gilt:

m_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse [mg]

m_{sep} = Masse des verdünnten Abgases, das die Partikelsammelfilter durchströmt [kg]

m_{edf} = Masse des äquivalenten verdünnten Abgases über den Zyklus [kg]

Die Gesamtmasse des äquivalenten verdünnten Abgases über den Zyklus m_{edf} [kg] ist anhand der Gleichung (A.5-45) zu bestimmen:

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} q_{medf,i} \quad \text{(A.5-45)}$$

Dabei ist:

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \quad \text{(A.5-46)}$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \quad \text{(A.5-47)}$$

Dabei gilt:

$q_{medf,i}$ = momentaner äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases [kg/s]

$q_{mew,i}$ = momentaner Massendurchsatz des Abgases, feucht [kg/s]

$r_{d,i}$ = momentanes Verdünnungsverhältnis [-]

$q_{mdew,i}$ = momentaner Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht [kg/s]

$q_{mdw,i}$ = momentaner Massendurchsatz der Verdünnungsluft [kg/s]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

A.1.3.1.2. Vollstrom-Verdünnungssystem

Die Emissionsmenge ist anhand der Gleichung (A.5-48) zu berechnen:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1000} \quad \text{(A.5-48)}$$

Dabei gilt:

m_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse [mg]

m_{sep} = Masse des verdünnten Abgases, das die Partikelsammelfilter durchströmt [kg]

m_{ed} = Masse des verdünnten Abgases über den Zyklus [kg]

mit:

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad \text{(A.5-49)}$$

Dabei gilt:

m_{set} = Masse des durch Partikelfilter geleiteten doppelt verdünnten Abgases [kg]

m_{ssd} = Masse der Sekundärverdünnungsluft [kg]

A.1.3.1.2.1. Hintergrundkorrektur

Anhand der Gleichung (A.5-50) kann eine Hintergrundkorrektur für die Partikelmasse $m_{PM,c}$ [g] vorgenommen werden:

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1000} \quad \text{(A.5-50)}$$

Dabei gilt:

m_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse [mg]

m_{sep} = Masse des verdünnten Abgases, das die Partikelsammelfilter durchströmt [kg]

m_{sd} = Masse der Verdünnungsluft, Probenahme mittels Probenentnehmer für Hintergrundpartikel [kg]

m_b = abgeschiedene Hintergrundpartikelmasse der Verdünnungsluft [mg]

m_{ed} = Masse des verdünnten Abgases über den Zyklus [kg]

D = Verdünnungsfaktor [siehe Gleichung (A.5-28) in Absatz A.1.2.2.2.] [-]

A.1.3.2. Berechnung für stationäre Prüfzyklen mit Einzelphasen

A.1.3.2.1. Verdünnungssystem

Alle Berechnungen müssen auf den Mittelwerten der einzelnen Prüfphasen *i* während der Probenahmedauer beruhen.

a) Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen ist der äquivalente Massendurchsatz des verdünnten Abgases mithilfe der Gleichung (A.5-51) und des in Abbildung A.4-6 in Anhang 4 dargestellten Systems mit Durchsatzmessung zu ermitteln:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad \text{(A.5-51)}$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad \text{(A.5-52)}$$

Dabei gilt:

q_{medf} = äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases [kg/s]

q_{mew} = Massendurchsatz des Abgases, feucht [kg/s]

r_d = Verdünnungsverhältnis [-]

q_{mdew} = Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht [kg/s]

q_{mdw} = Massendurchsatz der Verdünnungsluft [kg/s]

b) Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen wird q_{mdew} als q_{medf} verwendet.

A.1.3.2.2. Berechnung des Partikelmassendurchsatzes

Der Durchsatz der Partikelemission über den Zyklus q_{mPM} [g/h] ist anhand der Gleichungen (A.5-53), (A.5-56), (A.5-57) oder (A.5-58) zu berechnen:

a) Für die Einfachfiltermethode

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-53)}$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{N} q_{medfi} \cdot WF_i \quad \text{(A.5-54)}$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{N} m_{sepi} \quad \text{(A.5-55)}$$

Dabei gilt:

q_{mPM} = Partikelmassendurchsatz [g/h]

m_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse [mg]

$\overline{q_{medf}}$ = durchschnittlicher äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht [kg/s]

q_{medfi} = äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht, in der Prüfphase *i* [kg/s]

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase *i* [-]

m_{sep} = Masse des verdünnten Abgases, das die Partikelsammelfilter durchströmt [kg]

m_{sepi} = Masse der verdünnten Abgasprobe, die den Partikel-Probenahmefilter in der Prüfphase *i* durchströmt [kg]

N = Anzahl der Messungen [-]

b) Für die Mehrfachfiltermethode

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-56)}$$

Dabei gilt:

q_{mPMi} = Partikelmassendurchsatz in der Prüfphase *i* [g/h]

m_{fi} = in der Prüfphase *i* abgeschiedene Partikelmasse [mg]

q_{medfi} = äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht, in der Prüfphase *i* [kg/s]

m_{sepi} = Masse der verdünnten Abgasprobe, die den Partikel-Probenahmefilter in der Prüfphase *i* durchströmt [kg]

Die Partikelmasse wird über den Prüfzyklus durch Addition der in den einzelnen Prüfphasen *i* während der Probenahmedauer erfassten Durchschnittswerte bestimmt.

Die Hintergrundkorrektur für den Partikelmassendurchsatz q_{mPM} [g/h] oder q_{mPMi} [g/h] kann wie folgt vorgenommen werden:

c) Für die Einfachfiltermethode

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-57)}$$

Dabei gilt:

q_{mPM} = Partikelmassendurchsatz [g/h]

m_f = abgeschiedene Partikelmasse [mg]

m_{sep} = Masse der verdünnten Abgasprobe, die den Partikel-Probenahmefilter durchströmt [kg]

$m_{f,d}$ = abgeschiedene Partikelmasse der Verdünnungsluft [mg]

m_d = Masse der Verdünnungsluftprobe, die die Partikel-Probenahmefilter durchströmt [kg]

D_i = Verdünnungsfaktor in der Prüfphase *i* [siehe Gleichung (A.5-28) in Absatz A.1.2.2.2.] [-]

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase *i* [-]

$\overline{q_{medf}}$ = durchschnittlicher äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht [kg/s]

d) Für die Mehrfachfiltermethode

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad \text{(A.5-58)}$$

Dabei gilt:

q_{mPMi} = Partikelmassendurchsatz in der Prüfphase *i* [g/h]

m_{fi} = in der Prüfphase *i* abgeschiedene Partikelmasse [mg]

m_{sepi} = Masse der verdünnten Abgasprobe, die den Partikel-Probenahmefilter in der Prüfphase *i* durchströmt [kg]

$m_{f,d}$ = abgeschiedene Partikelmasse der Verdünnungsluft [mg]

m_d = Masse der Verdünnungsluftprobe, die die Partikel-Probenahmefilter durchströmt [kg]

D = Verdünnungsfaktor [siehe Gleichung (A.5-28) in Absatz A.1.2.2.2.] [-]

q_{medfi} = äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht, in der Prüfphase *i* [kg/s]

Wird mehr als eine Messung durchgeführt, so ist $m_{f,d} / m_d$ durch $\overline{m_{f,d} / m_d}$ zu ersetzen.

A.1.4. Zyklusarbeit und spezifische Emissionen

A.1.4.1. Gasförmige Emissionen

A.1.4.1.1. Dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen (RMC)

Für Rohabgas bzw. verdünntes Abgas wird auf die Absätze A.1.1 bzw. A.1.2 verwiesen. Die resultierenden Werte für die Leistung P [kW] werden über ein Prüfintervall integriert. Die Gesamtarbeit W_{act} [kWh] ist anhand der Gleichung (A.5-59) zu berechnen:

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^{N} \left(n_i \cdot T_i \right) \quad \text{(A.5-59)}$$

Dabei gilt:

P_i = momentane Motorleistung [kW]

Δt_i = Messzeitraum [s]

n_i = momentane Motordrehzahl [min-1]

T_i = momentanes Motordrehmoment [Nm]

W_{act} = tatsächliche Zyklusarbeit [kWh]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

Wurden gemäß Anlage 4 Anhang A.2 Hilfseinrichtungen angebracht, so wird das momentane Motordrehmoment in Gleichung (A.5-59) nicht angepasst. Wurden nach Anhang 4 Absätze 6.3.2 und 6.3.3 dieser Regelung anzubringende Hilfseinrichtungen nicht installiert oder sind Hilfseinrichtungen angebracht, die für die Prüfung ausgebaut werden sollten, ist der in Gleichung (A.5-59) verwendete Wert T_i anhand der Gleichung (A.5-60) zu korrigieren:

$$T_i = T_{i,\text{meas}} + T_{i,\text{AUX}} \quad \text{(A.5-60)}$$

Dabei gilt:

$T_{i,\text{meas}}$ = Messwert des momentanen Motordrehmoments

$T_{i,\text{AUX}}$ = entsprechender Wert für das Drehmoment, der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen nach Gleichung (A.4-18) in Anhang 4 dieser Regelung bestimmt wurde.

Die spezifischen Emissionen e_{gas} [g/kWh] sind in Abhängigkeit von der Art des Prüfzyklus wie folgt zu berechnen.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad \text{(A.5-61)}$$

Dabei gilt:

m_{gas} = Gesamtmasse der Emission [g/Prüfung]

W_{act} = Zyklusarbeit [kWh]

Bei der NRTC-Prüfung ist das endgültige Prüfergebnis e_{gas} [g/kWh] für andere gasförmige Emissionen als CO_2 ein gewichteter Durchschnittswert aus dem Prüflauf mit Kaltstart und dem Prüflauf mit Warmstart nach Gleichung (A.5-62):

$$e_{gas} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{cold}) + (0{,}9 \cdot m_{hot})}{(0{,}1 \cdot W_{act,cold}) + (0{,}9 \cdot W_{act,hot})} \quad \text{(A.5-62)}$$

Dabei gilt:

m_{cold} = die Masse der Gasemissionen bei der NRTC-Prüfung mit Kaltstart [g]

$W_{act,\,cold}$ = die tatsächliche Zyklusarbeit bei der NRTC-Prüfung mit Kaltstart [kWh]

m_{hot} = die Masse der Gasemissionen bei der NRTC-Prüfung mit Warmstart [g]

$W_{act,\,hot}$ = die tatsächliche Zyklusarbeit in der NRTC-Prüfung mit Warmstart [kWh]

Bei der NRTC-Prüfung ist das endgültige Prüfergebnis e_{CO2} [g/kWh] für CO_2 aus dem NRTC mit Warmstart anhand der Gleichung (A.5-63) zu berechnen:

$$\boldsymbol{e_{CO2,hot} = \frac{m_{CO2,hot}}{W_{act,hot}}} \quad \text{(A.5-63)}$$

Dabei gilt:

$m_{CO2,\,hot}$ = die CO_2-Emissionsmenge bei der NRTC-Prüfung mit Warmstart [g]

$W_{act,\,hot}$ = die tatsächliche Zyklusarbeit in der NRTC-Prüfung mit Warmstart [kWh]

A.1.4.1.2. Einzelphasen-NRSC

Die spezifischen Emissionen e_{gas} [g/kWh] sind anhand der Gleichung (A.5-64) zu berechnen:

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mgas,i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-64)}$$

Dabei gilt:

$q_{mgas,i}$ = mittlerer Massendurchsatz der Emission für die Prüfphase *i* [g/h]

P_i = Motorleistung für die Prüfphase i [kW]; diese wird berechnet durch Addition der gemessenen Leistung P_{meas} [kW] und der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen erforderlichen Leistung P_{AUX} [kW], die nach der Gleichung (A.4-8) in Anhang 4 berechnet wird. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase *i* [-]

N_{mode} = Anzahl der Phasen im anwendbaren Einzelphasen-NRSC

A.1.4.2. Partikelemissionen

A.1.4.2.1. Dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen (RMC)

Die partikelspezifischen Emissionen sind anhand von Gleichung (A.5-61) zu berechnen, wobei e_{gas} [g/kWh] bzw. m_{gas} [g/Prüfung] durch e_{PM} [g/kWh] bzw. m_{PM} [g/Prüfung] ersetzt werden:

$$e_{\mathrm{PM}} = \frac{m_{\mathrm{PM}}}{W_{\mathrm{act}}} \quad \text{(A.5-65)}$$

Dabei gilt:

m_{PM} = Gesamtmasse der Partikelemission, berechnet gemäß Absatz A.1.3.1.1 oder A.1.3.1.2 [g/Prüfung]

W_{act} = Zyklusarbeit [kWh]

Die Emissionen während des dynamischen Kombinationszyklus (d. h. kalte Phase und warme Phase) sind gemäß Absatz A.1.4.1.1 zu berechnen.

A.1.4.2.2. Einzelphasen-NRSC

Die partikelspezifischen Emissionen e_{PM} [g/kWh] sind anhand der Gleichung (A.5-66) oder (A.5-67) zu berechnen:

a) Für die Einfachfiltermethode

$$\boldsymbol{e_{PM} = \frac{q_{mPM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)}} \quad \text{(A.5-66)}$$

Dabei gilt:

P_i = Motorleistung für die Prüfphase i [kW]; diese wird berechnet durch Addition der gemessenen Leistung P_{meas} [kW] und der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen erforderlichen Leistung P_{AUX} [kW], die nach der Gleichung (A.4-8) in Anhang 4 berechnet wird. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase *i* [-]

q_{mPM} = Partikelmassendurchsatz [g/h]

N_{mode} = Anzahl der Phasen im anwendbaren Einzelphasen-NRSC

b) Für die Mehrfachfiltermethode

$$\boldsymbol{e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (q_{mPMi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)}} \quad \text{(A.5-67)}$$

Dabei gilt:

P_i = Motorleistung für die Prüfphase i [kW]; diese wird berechnet durch Addition der gemessenen Leistung P_{meas} [kW] und der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen erforderlichen Leistung P_{AUX} [kW], die nach der Gleichung (A.4-8) in Anhang 4 berechnet wird. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase *i* [-]

q_{mPMi} = Partikelmassendurchsatz in der Prüfphase *i* [g/h]

N_{mode} = Anzahl der Phasen im anwendbaren Einzelphasen-NRSC

Bei der Einfachfiltermethode ist der effektive Gewichtungsfaktor WF_{ei} für jede Prüfphase anhand der Gleichung (A.5-68) zu berechnen:

$$WF_{ei} = \frac{m_{sepi} \cdot \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \cdot q_{medfi}} \quad \text{(A.5-68)}$$

Dabei gilt:

m_{sepi} = Masse der Probe des verdünnten Abgases, die die Partikel-Probenahmefilter in der Prüfphase *i* durchströmt [kg]

$\overline{q_{medf}}$ = durchschnittlicher äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases [kg/s]

q_{medfi} = äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases in der Prüfphase *i* [kg/s]

m_{sep} = Masse der verdünnten Abgasprobe, die die Partikel-Probenahmefilter durchströmt [kg]

Der Wert der effektiven Gewichtungsfaktoren darf von den Werten der in Anhang 4 Anlage A.6 aufgeführten Gewichtungsfaktoren um höchstens ± 0,005 (absoluter Wert) abweichen.

A.1.4.3. Anpassungen bei Emissionsminderungssystemen mit sporadischer (periodischer) Regenerierung

Für Motoren, die mit einem Abgasnachbehandlungssystem mit sporadischer (periodischer) Regenerierung (siehe Anhang 4 Absatz A.6.6.2.) ausgestattet sind, sind die nach Absatz A.1.4.1 und A.1.4.2 berechneten spezifischen Emissionen für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel entweder anhand des einschlägigen multiplikativen Anpassungsfaktors oder des einschlägigen additiven Anpassungsfaktors zu korrigieren. Fand während der Prüfung keine sporadische Regenerierung statt, so ist der aufwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{ru,m}$ oder $k_{ru,a}$). Fand während der Prüfung eine sporadische Regenerierung statt, so ist der abwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{rd,m}$ oder $k_{rd,a}$). Beim Einzelphasen-NRSC, für den für jede Prüfphase Anpassungsfaktoren bestimmt wurden, werden diese bei der Berechnung des gewichteten Emissionsergebnisses auf jede Phase angewendet.

A.1.4.4. Anpassungen bei Verschlechterungsfaktoren

Die gemäß Absatz A.1.4.1 und A.1.4.2 berechneten spezifischen Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln, gegebenenfalls einschließlich des Anpassungsfaktors nach Absatz A.1.4.3 bei sporadischer Regenerierung, sind ebenfalls mithilfe des nach den Anforderungen des Anhangs 8 bestimmten einschlägigen multiplikativen oder additiven Verschlechterungsfaktors zu korrigieren.

A.1.5. Kalibrierung des Durchsatzes des verdünnten Abgases (CVS) und damit verbundene Berechnungen

Das CVS-System ist mit einem Präzisionsdurchflussmessgerät und einem Durchflussbegrenzer zu kalibrieren. Der Durchfluss durch das System wird bei verschiedenen Druckwerten gemessen, ebenso werden die Regelkenngrößen des Systems ermittelt und zu den Durchflusswerten ins Verhältnis gesetzt.

Verschiedene Arten von Durchflussmessgeräten können verwendet werden, z. B. ein kalibriertes Venturirohr, ein kalibriertes Laminardurchflussmessgerät oder ein kalibriertes Flügelraddurchflussmessgerät.

A.1.5.1. Verdrängerpumpe (PDP)

Sämtliche Kennwerte der Pumpe werden gleichzeitig mit den Kennwerten eines Kalibrierungs-Venturirohrs gemessen, das mit der Pumpe in Reihe geschaltet ist. Danach kann die Kurve des berechneten Durchflusses (ausgedrückt in m^3/s am Pumpeneinlass bei absolutem Druck und absoluter Temperatur) als Korrelationsfunktion aufgezeichnet werden, die einer bestimmten Kombination von Pumpenkennwerten entspricht. Die lineare Gleichung, die das Verhältnis zwischen dem Pumpendurchsatz und der Korrelationsfunktion ausdrückt, wird sodann aufgestellt. Lässt sich die Pumpe des CVS-Systems mit mehreren Drehzahlen betreiben, so muss für jede verwendete Drehzahl eine Kalibrierung vorgenommen werden.

Während der Kalibrierung ist eine gleichbleibende Temperatur zu gewährleisten.

Leckverluste an allen Anschlüssen und Röhren zwischen dem Kalibrierungs-Venturirohr und der CVS-Pumpe sind unter 0,3 % des niedrigsten Durchflusspunktes (höchste Drosselung und niedrigste PDP-Geschwindigkeit) zu halten.

Die Luftdurchsatz (q_{VCVS}) ist bei jeder Einstellung des Drosselglieds (mindestens sechs Einstellungen) nach den Angaben des Herstellers aus den Messwerten des Durchflussmessgeräts in m^3/s zu ermitteln. Der Luftdurchsatz wird dann anhand der Gleichung (A.5-69) in den Pumpendurchsatz (V_0) in m^3/rev bei absoluter Temperatur und absolutem Druck am Pumpeneintritt umgerechnet:

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273{,}15} \cdot \frac{101{,}325}{p_p} \qquad \text{(A.5-69)}$$

Dabei gilt:

q_{VCVS} = Luftdurchsatz bei Standardbedingungen (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = Temperatur am Pumpeneintritt [K]

p_p = absoluter Druck am Pumpeneintritt [kPa]

n = Pumpendrehzahl [s^{-1}]

Zur Korrektur der gegenseitigen Beeinflussung der Druckschwankungen in der Pumpe und der Verlustrate der Pumpe wird die Korrelationsfunktion (X_0) [s/rev] zwischen der Pumpendrehzahl, der Druckdifferenz zwischen Ein- und Austritt der Pumpe und dem absoluten Druck am Pumpenaustritt anhand der Gleichung (A.5-70) berechnet:

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \qquad \text{(A.5-70)}$$

Dabei gilt:

Dp_p = Druckdifferenz zwischen Pumpeneintritt und Pumpenaustritt [kPa]

p_p = absoluter Druck am Pumpenaustritt [kPa]

n = Pumpendrehzahl [s-1]

Mithilfe der Fehlerquadratmethode wird eine lineare Anpassung vorgenommen, um die nachstehende Kalibriergleichung (A.5-71) zu erhalten:

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad \text{(A.5-71)}$$

wobei D_0 [m³/rev] und m [m³/s], also Achsabschnitt bzw. Steigung, die Regressionsgerade beschreiben.

Hat das CVS-System mehrere Betriebsdrehzahlen, so muss für jede Pumpendrehzahl eine Kalibrierung vorgenommen werden; die für die einzelnen Drehzahlen erzielten Kalibrierkurven müssen annähernd parallel verlaufen, und die Abschnittswerte (D_0) müssen größer werden, wenn der Durchsatzbereich der Pumpe kleiner wird.

Die mithilfe der Formel errechneten Werte dürfen nicht mehr als ± 0,5 % vom gemessenen Wert V_0 abweichen. Der Wert m ist je nach Pumpe verschieden. Im Laufe der Zeit bewirkt der Partikelzustrom eine Abnahme der Verlustrate der Pumpe, die sich in niedrigeren Werten für m niederschlägt. Daher muss eine Kalibrierung bei Inbetriebnahme der Pumpe, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten sowie dann erfolgen, wenn bei der Überprüfung des gesamten Systems eine Veränderung der Verlustrate festgestellt wird.

A.1.5.2. Venturirohr mit kritischer Strömung (CFV)

Die Kalibrierung des CVF beruht auf der Durchflussgleichung für ein Venturirohr mit kritischer Strömung. Der Gasdurchfluss ist eine Funktion des Eintrittsdrucks und der Eintrittstemperatur.

Zur Bestimmung des Bereichs der kritischen Strömung ist eine Kurve K_V in Abhängigkeit vom Druck am Eintritt des Venturirohrs aufzunehmen. Bei kritischer (gedrosselter) Strömung ist K_V relativ konstant. Bei abnehmendem Druck (d. h. bei zunehmendem Unterdruck) nimmt die Drosselung des Venturirohrs ab, und K_V ebenso, was ein Anzeichen dafür ist, dass das CFV außerhalb des zulässigen Bereichs betrieben wird.

Der Luftdurchsatz (q_{VCVS}) ist bei jeder Einstellung des Drosselglieds (mindestens acht Einstellungen) nach den Angaben des Herstellers aus den Messwerten des Durchflussmessgeräts in Norm-m³/s zu ermitteln. Der Kalibrierkoeffizient K_V $\left[\left(\sqrt{K} \cdot m^3 \cdot s\right)/kg\right]$ ist anhand der Kalibrierdaten für jede Drosselungseinstellung anhand der Gleichung (A.5-72) zu berechnen:

$$K_V = \frac{q_{VCVS} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \quad \text{(A.5-72)}$$

Dabei gilt:

q_{VSSV} = Luftdurchsatz bei Standardbedingungen (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

T = Temperatur am Eintritt des Venturirohrs [K]

p_p = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs [kPa]

Für K_V sind der Mittelwert und die Standardabweichung zu berechnen. Die Standardabweichung darf ± 0,3 % des Mittelwerts von K_V nicht überschreiten.

A.1.5.3. Subsonisches Venturirohr (SSV)

Die Kalibrierung des SSV beruht auf der Durchsatzgleichung für ein Venturirohr mit subsonischer Strömung. Wie in Gleichung (A.5-40) dargestellt, ist der Gasdurchsatz eine Funktion des Drucks und der Temperatur an der Eintrittsstelle sowie des Druckabfalls zwischen SSV-Eintritt und -Einschnürung.

Der Luftdurchsatz (q_{VSSV}) ist bei jeder Drosselungseinstellung (mindestens 16 Drosselungseinstellungen) nach den Vorschriften des Herstellers aus den Messwerten des Durchflussmessgeräts in Norm-m³/s zu ermitteln. Der Durchflusskoeffizient ist anhand der Kalibrierdaten für jede Drosselungseinstellung anhand der Gleichung (A.5-73) zu berechnen:

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} d_V^{\,2} p_p \sqrt{\left[\frac{1}{T_{in,V}}\left(r_p^{\,1,4286} - r_p^{\,1,7143}\right)\left(\frac{1}{1 - r_D^{\,4} r_p^{\,1,4286}}\right)\right]}} \qquad \text{(A.5-73)}$$

Dabei gilt:

A_0 = Sammlung von Konstanten und Einheitenumwandlungen = $0{,}0056940\left[\frac{m^3}{min} \cdot \frac{1}{K^2} \cdot \frac{1}{kPa} \cdot \frac{1}{mm^2}\right]$

q_{VSSV} = Luftdurchsatz bei Standardbedingungen (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

$T_{in,V}$ = Temperatur am Eintritt des Venturirohrs [K]

d_V = Durchmesser der SSV-Einschnürung [mm]

r_p = Verhältnis der SSV-Verengung zum Eintritt absolut, statischer Druck = $1 - \Delta p / p_p$ [-]

r_D = Verhältnis zwischen den Innendurchmessern an der Einschnürung d_V und am Eintritt D [-] des SSV

Zur Bestimmung des Bereichs der subsonischen Strömung ist C_d über der Reynolds-Zahl Re an der SSV-Einschnürung aufzutragen. Re an der SSV-Einschnürung wird anhand der Gleichung (A.5-74) berechnet:

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_V \cdot \mu} \qquad \text{(A.5-74)}$$

mit:

$$\mu = \frac{b \times T^{1.5}}{S + T} \qquad \text{(A.5-75)}$$

Dabei gilt:

A_1 = Sammlung von Konstanten und Einheitenumwandlungen = $27{,}43831\left[\frac{Kg}{m^3} \cdot \frac{min}{s} \cdot \frac{mm}{m}\right]$

q_{VSSV} = Luftdurchflussmenge unter Standardbedingungen (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

d_V = Durchmesser der SSV-Einschnürung [mm]

μ = absolute oder dynamische Viskosität des Gases [kg/(m · s]

b = 1,458 × 10⁶ (empirische Konstante) [kg/(m · s · K^{0,5})]

S = 110,4 (empirische Konstante) [K]

Da q_{VSSV} selbst in die *Re*-Formel eingeht, müssen die Berechnungen mit einer Schätzung für q_{VSSV} oder C_d des Kalibrierungs-Venturirohrs beginnen und so lange wiederholt werden, bis q_{VSSV} konvergiert. Die Konvergenzmethode muss eine Genauigkeit von mindestens 0,1 % erreichen.

Für mindestens 16 Punkte des subsonischen Strömungsbereichs müssen die sich aus der resultierenden Deckungsformel der Kalibrierungskurve für C_d ergebenden Rechenwerte innerhalb von ± 0,5 % des Messwerts C_d für jeden Kalibrierungspunkt liegen.

A.1.6. Driftkorrektur

A.1.6.1. Allgemeines Verfahren

Mithilfe der Berechnungen gemäß dieser Anlage wird ermittelt, ob die Ergebnisse eines Prüfintervalls durch die Drift des Gasanalysators ungültig werden. Werden die Ergebnisse eines Prüfintervalls durch die Drift nicht ungültig, muss das Ansprechverhalten des Gasanalysators während des Prüfintervalls einer Driftkorrektur gemäß Absatz A.1.6.4 unterzogen werden. Für alle nachfolgenden Emissionsberechnungen sind die driftkorrigierten Ergebnisse des Gasanalysators zu verwenden. Der zulässige Schwellenwert für die Drift des Gasanalysators über ein Prüfintervall ist in Anhang 4 Absatz 8.2.2.2 angegeben.

A.1.6.2. Korrekturgrundsätze

Für die Berechnungen gemäß dieser Anlage wird das zu einem Zeitpunkt vor und nach einem Prüfintervall ermittelte Ansprechverhalten eines Gasanalysators auf Bezugswerte für Null- und Justierkonzentrationen von Analysegasen herangezogen. Die Berechnungen dienen zur Korrektur des während eines Prüfintervalls aufgezeichneten Ansprechverhaltens des Gasanalysators. Die Korrektur beruht auf dem mittleren Ansprechverhalten des Analysators auf Bezugsnull- und Justiergase sowie auf den Bezugskonzentrationen der Null- und Justiergase selbst. Zur Validierung und Korrektur der Drift ist folgendermaßen vorzugehen:

A.1.6.3. Driftvalidierung

Nach der Anwendung aller anderen Korrekturen — mit Ausnahme der Driftkorrektur — auf alle Gasanalysatorsignale werden die bremsspezifischen Emissionen gemäß Absatz A.1.4 berechnet. Anschließend wird die Drift aller Gasanalysatorsignale gemäß dieser Anlage korrigiert. Bremsspezifische Emissionen sind unter Verwendung aller driftkorrigierten Gasanalysatorsignale neu zu berechnen. Die bremsspezifischen Emissionsergebnisse sind vor und nach der Driftkorrektur gemäß Anhang 4 Absatz 8.2.2.2 zu validieren und anzugeben.

A.1.6.4. Driftkorrekturen

Alle Gasanalysatorsignale sind folgendermaßen zu korrigieren:

a) Jede aufgezeichnete Konzentration c_i ist für die kontinuierliche Probenahme oder für die Stichprobenahme zu korrigieren $\overline{c}$;

b) Die Driftkorrektur ist anhand der Gleichung (A.5-76) zu berechnen:

$$c_{idriftcor} = c_{refzero} + \left(c_{refspan} - c_{refzero}\right)\frac{2c_i - \left(c_{prezero} + c_{postzero}\right)}{\left(c_{prespan} + c_{postspan}\right) - \left(c_{prezero} + c_{postzero}\right)} \quad \text{(A.5-76)}$$

Dabei gilt:

$c_{idriftcor}$ = driftkorrigierte Konzentration [ppm]

$c_{refzero}$ = der Bezugswert der Konzentration des Nullgases (normalerweise gleich null), es sei denn, ein anderer Wert ist bekannt [ppm]

$c_{refspan}$ = Bezugswert der Konzentration des Justiergases [ppm]

$c_{prespan}$ = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Justiergaskonzentration vor dem Prüfintervall [ppm]

$c_{postspan}$ = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Justiergaskonzentration nach dem Prüfintervall [ppm]

c_i oder $\overline{c}$ = während der Prüfung vor der Driftkorrektur aufgezeichnete, d. h. gemessene, Konzentration [ppm]

$c_{prezero}$ = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Nullgaskonzentration vor dem Prüfintervall [ppm]

$c_{postzero}$ = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Nullgaskonzentration nach dem Prüfintervall [ppm];

c) In Bezug auf vor dem Prüfintervall gemessene Konzentrationen sind die jeweils aktuellsten vor dem Prüfintervall gemessenen Werte heranzuziehen. Bei manchen Prüfintervallen können die vor dem Prüfintervall gemessenen aktuellsten Null- oder Justiergaswerte vor einem oder mehreren vorangegangenen Prüfintervallen ermittelt worden sein;

d) In Bezug auf nach dem Prüfintervall gemessene Konzentrationen sind die aktuellsten nach dem Prüfintervall gemessenen Werte heranzuziehen. Bei manchen Prüfintervallen können die nach dem Prüfintervall gemessenen aktuellsten Null- oder Justiergaswerte nach einem oder mehreren aufeinanderfolgenden Prüfintervallen ermittelt worden sein;

e) wird das Ansprechverhalten des Analysators in Bezug auf die Justiergaskonzentration $c_{prespan}$ vor dem Prüfintervall nicht aufgezeichnet, ist $c_{prespan}$ gleich dem Bezugswert der Konzentration des Justiergases zu setzen: $c_{prespan} = c_{refspan}$;

f) wird das Ansprechverhalten des Analysators in Bezug auf die Nullgaskonzentration $c_{prezero}$ nicht aufgezeichnet, ist $c_{prezero}$ gleich dem Bezugswert der Konzentration des Nullgases zu setzen: $c_{prezero} = c_{refzero}$;

g) in der Regel beträgt der Bezugswert der Konzentration des Nullgases $c_{refzero}$ null: $c_{refzero}$ = 0 µmol/mol. In manchen Fällen kann jedoch bekannt sein, dass $c_{refzero}$ eine andere Konzentration als null aufweist. Wird ein Analysator mithilfe eines Werts $c_{refzero}$ genullt, der nicht null entspricht, muss der Analysator so eingestellt werden, dass die tatsächliche $c_{refzero}$-Konzentration ermittelt wird.

ANLAGE A.2

MOLBASIERTE EMISSIONSBERECHNUNGEN

A.2.1. Tiefgestellte Indizes

	Größe
abs	absolute Größe
act	tatsächliche Größe
Luft	Luft, trocken
atmos	Atmosphärisch
bkgnd	Hintergrund
C	Kohlenstoff
cal	Kalibrierte Größe
CFV	Venturirohr mit kritischer Strömung
cor	korrigierte Menge
dil	Verdünnungsluft
dexh	Verdünntes Abgas
dry	trockene Menge
exh	Rohabgas
exp	erwartete Menge
eq	Äquivalente Größe
fuel	Kraftstoff
	Momentanes Messergebnis (z. B.: 1 Hz)
i	Einzelwert einer Reihe
idle	Zustand im Leerlauf
in	Eintrittsmenge
init	Ausgangsgröße, in der Regel vor einer Emissionsprüfung
max	Maximalwert (d. h. Spitzenwert)
meas	gemessene Menge
min	Mindestwert
mix	Molmasse von Luft
out	Austrittsmenge
part	Teilgröße
PDP	Verdrängerpumpe
raw	Rohabgas
ref	Bezugsmenge
rev	Umdrehung
sat	Gesättigter Zustand
slip	PDP-Verlust
smpl	Probenahme
span	Justiergröße
SSV	Venturirohr mit subsonischer Strömung

	Größe
std	Standardgröße
test	Prüfgröße
total	Gesamtmenge
uncor	nicht korrigierte Menge
vac	Unterdruckmenge
weight	Kalibriergewicht
wet	feuchte Menge
zero	Nullgröße

A.2.2. Symbole für das chemische Gleichgewicht

$x_{dil/exh}$ = Menge an Verdünnungsgas oder Luftüberschuss pro Mol Abgas

x_{H2Oexh} = Wassermenge im Abgas pro Mol Abgas

$x_{Ccombdry}$ = Menge an Kohlenstoff aus Kraftstoff im Abgas pro Mol trockenes Abgas

$x_{H2Oexhdry}$ = Wassermenge im Abgas pro Trockenmol trockenes Abgas

$x_{prod/intdry}$ = Menge an trockenen stöchiometrischen Produkten pro Trockenmol Ansaugluft

$x_{dil/exhdry}$ = Menge an Verdünnungsgas und/oder Luftüberschuss pro Mol trockenes Abgas

$x_{int/exhdry}$ = Menge der zur Erzeugung tatsächlicher Verbrennungsprodukte benötigten Ansaugluft pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas

$x_{raw/exhdry}$ = Menge an unverdünntem Abgas ohne Luftüberschuss pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas

$x_{O2intdry}$ = Menge an O_2 in der Ansaugluft pro Mol trockene Ansaugluft

$x_{CO2intdry}$ = Menge an CO_2 in der Ansaugluft pro Mol trockene Ansaugluft

$x_{H2Ointdry}$ = Menge an H_2O in der Ansaugluft pro Mol trockene Ansaugluft

x_{CO2int} = Menge an CO_2 in der Ansaugluft pro Mol Ansaugluft

x_{CO2dil} = Menge an CO_2 im Verdünnungsgas pro Mol Verdünnungsgas

$x_{CO2dildry}$ = Menge an CO_2 im Verdünnungsgas pro Mol trockenes Verdünnungsgas

$x_{H2Odildry}$ = Menge an H_2O im Verdünnungsgas pro Mol trockenes Verdünnungsgas

x_{H2Odil} = Menge an H_2O im Verdünnungsgas pro Mol Verdünnungsgas

$x_{[emission]meas}$ = Menge an gemessener Emission in der Probe am jeweiligen Gasanalysator

$x_{[emission]dry}$ = Emissionsmenge pro Trockenmol der trockenen Probe

$x_{H2O[emission]meas}$ = Wassermenge in der Probe am Ort der Emissionsbestimmung

x_{H2Oint} = Wassermenge in der Ansaugluft auf der Grundlage einer Feuchtigkeitsmessung der Ansaugluft

A.2.3. Grundlegende Parameter und Beziehungen

A.2.3.1. Trockenluft und chemische Spezies

In diesem Abschnitt werden für die Zusammensetzung der Trockenluft die folgenden Werte verwendet:

$$x_{O2airdry} = 0,209445\,\text{mol/mol}$$

$$x_{Arairdry} = 0,00934\,\text{mol/mol}$$

$$x_{N2airdry} = 0,78084\,\text{mol/mol}$$

$$x_{CO2airdry} = 375\,\mu\text{mol/mol}$$

In diesem Abschnitt werden die folgenden Molmassen oder effektiven Molmassen von chemischen Spezies verwendet:

M_{air} = 28,96559 g/mol (Trockenluft)

M_{Ar} = 39,948 g/mol (Argon)

M_C = 12,0107 g/mol (Kohlenstoff)

M_{CO} = 28,0101 g/mol (Kohlenmonoxid)

M_{CO2} = 44,0095 g/mol (Kohlendioxid)

M_H = 1,00794 g/mol (atomarer Wasserstoff)

M_{H2} = 2,01588 g/mol (molekularer Wasserstoff)

M_{H2O} = 18,01528 g/mol (Wasser)

M_{He} = 4,002602 g/mol (Helium)

M_N = 14,0067 g/mol (atomarer Stickstoff)

M_{N2} = 28,0134 g/mol (molekularer Stickstoff)

MNOx = 46,0055 g/mol (Stickstoffoxide [a])

M_O = 15,9994 g/mol (atomarer Sauerstoff)

M_{O2} = 31,9988 g/mol (molekularer Sauerstoff)

M_{C3H8} = 44,09562 g/mol (Propan)

M_S = 32,065 g/mol (Schwefel)

M_{HC} = 13,875389 g/mol (Gesamtkohlenwasserstoffe [b])

In diesem Abschnitt wird die folgende molare Gaskonstante *R* für ideale Gase verwendet:

$$R = 8,31442\,\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

In diesem Abschnitt werden die folgenden spezifischen Wärmeverhältnisse $\gamma[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]/[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$ für Verdünnungsluft und verdünntes Abgas verwendet:

γ_{air} = 1,399 (spezifisches Wärmeverhältnis für Ansaugluft oder Verdünnungsluft)

γ_{dil} = 1,399 (spezifisches Wärmeverhältnis für verdünntes Abgas)

γ_{exh} = 1,385 (spezifisches Wärmeverhältnis für Rohabgas)

[a] Die effektive Molmasse von NO_X ist durch die Molmasse von Stickstoffdioxid (NO_2) definiert.

[b] Die effektive Molmasse von HC ist durch ein Wasserstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis α von 1,85 definiert;

A.2.3.2. Feuchte Luft

In diesem Abschnitt wird die Ermittlung der Wassermenge in einem idealen Gas beschrieben:

A.2.3.2.1. Dampfdruck von Wasser

Der Dampfdruck von Wasser p_{H2O} [kPa] für bestimmte Sättigungstemperaturbedingungen T_{sat} [K] ist mithilfe der Gleichung (A.5-1) oder (A.5-2) zu berechnen:

a) Für Feuchtigkeitsmessungen bei Umgebungstemperaturen von 273,15 bis 373,15 K (0 bis 100 °C) oder bei Feuchtigkeitsmessungen über unterkühltem Wasser bei Umgebungstemperaturen von 223,15 bis 273,15 K (- 50 bis 0 °C):

$$\log_{10}\left(p_{H_2O}\right) = 10,79574 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{T_{sat}}\right) - 5,02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273,16}\right) + 1,50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-8,2969 \frac{T_{sat}}{273,16} - 1}\right) + 0,42873 \cdot 10^{-3} \cdot \left(10^{4,76955\left(1 - \frac{273,16}{T_{sat}}\right)} - 1\right) - 0,2138602 \quad \text{(A.5-77)}$$

Dabei gilt:

p_{H2O} = Dampfdruck von Wasser bei Sättigungstemperaturbedingungen [kPa]

T_{sat} = Sättigungstemperatur von Wasser bei gemessenen Bedingungen [K]

b) Bei Feuchtigkeitsmessungen über Eis bei Umgebungstemperaturen von - 100 bis 0 °C:

$$\log_{10}\left(p_{H_2O}\right) = -9,096853 \cdot \left(\frac{273,16}{T_{sat}} - 1\right) - 3,566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273,16}{T_{sat}}\right) + 0,876812 \cdot \left(1 - \frac{T_{sat}}{273,16}\right) - 0,2138602 \quad \text{(A.5-78)}$$

Dabei gilt:

p_{H2O} = Dampfdruck von Wasser bei Sättigungstemperaturbedingungen [kPa]

T_{sat} = Sättigungstemperatur von Wasser bei gemessenen Bedingungen [K]

A.2.3.2.2. Taupunkt

Wird Feuchtigkeit als Taupunkt gemessen, wird die Wassermenge in einem idealen Gas x_{H2O} [mol/mol] anhand der Gleichung (A.5-79) berechnet:

$$x_{H2O} = \frac{p_{H2O}}{p_{abs}} \quad \text{(A.5-79)}$$

Dabei gilt:

x_{H2O} = Wassermenge in einem idealen Gas [mol/mol]

p_{H2O} = Dampfdruck von Wasser am gemessenen Taupunkt, T_{sat}=T_{dew} [kPa]

p_{abs} = absoluter feuchter statischer Druck am Ort der Taupunktmessung [kPa]

A.2.3.2.3. Relative Feuchtigkeit

Wird Feuchtigkeit als relative Feuchtigkeit *RH%* gemessen, wird die Wassermenge in einem idealen Gas x_{H2O} [mol/mol] anhand der Gleichung (A.5-80) berechnet:

$$x_{H2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{p_{H2O}}{P_{abs}} \quad \text{(A.5-80)}$$

Dabei gilt:

RH% = relative Feuchtigkeit [%]

p_{H2O} = Wasserdampfdruck bei 100 % relativer Feuchtigkeit am Ort der Messung der relativen Feuchtigkeit, $T_{sat}=T_{amb}$ [kPa]

p_{abs} = absoluter feuchter statischer Druck am Ort der Messung der relativen Feuchtigkeit [kPa]

A.2.3.2.4. Bestimmung des Taupunkts aus relativer Feuchtigkeit und Trockentemperatur

Wird Feuchtigkeit als relative Feuchtigkeit *RH%* gemessen, wird der Taupunkt T_{dew} aus *RH%* und Trockentemperatur anhand der Gleichung (A.5-81) berechnet:

$$T_{dew} = \frac{2{,}0798233\cdot 10^{2} - 2{,}0156028\cdot 10^{1}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right) + 4{,}6778925\cdot 10^{-1}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{2} - 9{,}2288067\cdot 10^{-6}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{3}}{1 - 1{,}3319669\cdot 10^{-1}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right) + 5{,}6577518\cdot 10^{-3}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{2} - 7{,}517286510\cdot 10^{-5}\cdot \ln\left(p_{H2O}\right)^{3}} \quad \text{(A.5-81)}$$

Dabei gilt:

p_{H2O} = Wasserdampfdruck im Verhältnis zur relativen Feuchtigkeit am Ort der Messung der relativen Feuchtigkeit, $T_{sat} = T_{amb}$

T_{dew} = Taupunkt wie aus Messungen der relativen Feuchtigkeit und der Trockentemperatur bestimmt

A.2.3.3. Kraftstoffeigenschaften

Die allgemeine chemische Formel des Kraftstoffs lautet $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$, wobei α dem Wasserstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis (H/C), β dem Sauerstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis (O/C), γ dem Schwefel-Kohlenstoff-Atomverhältnis (S/C) und δ dem Stickstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis (N/C) entspricht. Auf der Grundlage dieser Formel kann die Kohlenstoffmassenfraktion des Kraftstoffs w_C berechnet werden. Bei Dieselkraftstoff kann die einfache Formel $CH_\alpha O_\beta$ angewendet werden. Für die Kraftstoffzusammensetzung können die Vorgabewerte aus Tabelle A.2.1 verwendet werden:

Tabelle A.2.1

Vorgabewerte für das Wasserstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis α, das Sauerstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis β, das Schwefel-Kohlenstoff-Atomverhältnis γ, das Stickstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis δ und die Kohlenstoffmassenfraktion des Kraftstoffs w_C für Bezugskraftstoffe

Kraftstoff	Wasserstoff-, Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis $CH_\alpha O_\beta S_\gamma N_\delta$	Kohlenstoffmassenkonzentration w_C [g/g]
Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl)	$CH_{1,80}O_0S_0N_0$	0,869
Ethanol für bestimmte Selbstzündungsmotoren (ED95)	$CH_{2,92}O_{0,46}S_0N_0$	0,538
Benzin (E10)	$CH_{1,92}O_{0,03}S_0N_0$	0,833
Benzin (E0)	$CH_{1,85}O_0S_0N_0$	0,866
Ethanol (E85)	$CH_{2,73}O_{0,36}S_0N_0$	0,576
LPG	$CH_{2,64}O_0S_0N_0$	0,819
Erdgas/Biomethan	$CH_{3,78}O_{0,016}S_0N_0$	0,747

A.2.3.3.1. Berechnung der Kohlenstoffmassenkonzentration w_C

Als Alternative zu den Vorgabewerten aus Tabelle A.2.1 oder wenn für den verwendeten Referenzkraftstoff keine Vorgabewerte angegeben sind, kann die Kohlenstoffmassenkonzentration w_C mithilfe der Gleichung (A.5-82) aus gemessenen Kraftstoffeigenschaften berechnet werden. Die Werte für α und β sind für den Kraftstoff zu bestimmen und in jedem Fall in die Gleichung einzusetzen, γ und δ können jedoch auf null gesetzt werden, wenn sie in der entsprechenden Zeile der Tabelle A.2.1 null entsprechen:

$$w_C = \frac{1 \cdot M_C}{1 \cdot M_C + \alpha \cdot M_H + \beta \cdot M_O + \gamma \cdot M_S + \delta \cdot M_N} \quad \text{(A.5-82)}$$

Dabei gilt:

M_C = Molmasse von Kohlenstoff.

α = Wasserstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis des verbrannten Kraftstoffgemischs, gewichtet nach molarem Verbrauch.

M_H = Molmasse von Wasserstoff.

β = Sauerstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis des verbrannten Kraftstoffgemischs, gewichtet nach molarem Verbrauch.

M_O = Molmasse von Sauerstoff.

γ = Schwefel-Kohlenstoff-Atomverhältnis des verbrannten Kraftstoffgemischs, gewichtet nach molarem Verbrauch.

M_S = Molmasse von Schwefel.

δ = Stickstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis des verbrannten Kraftstoffgemischs, gewichtet nach molarem Verbrauch.

M_N = Molmasse von Stickstoff.

A.2.3.4. Berichtigung der Gesamt-HC/(THC)-Konzentration um anfängliche Verunreinigung

Bei der Messung von HC wird $x_{THC[THC\text{-}FID]}$ unter Verwendung der anfänglichen Konzentration der THC-Verunreinigung $x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ gemäß Anhang 4 Absatz 7.3.1.2 anhand der Gleichung (A.5-83) berechnet:

$$x_{THC[THC\text{-}FID]cor} = x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr} - x_{THC[THC\text{-}FID]init} \quad \text{(A.5-83)}$$

Dabei gilt:

$x_{THC[THC\text{-}FID]cor}$ = um Verunreinigung korrigierte THC-Konzentration [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]uncorr}$ = nicht korrigierte THC-Konzentration [mol/mol]

$x_{THC[THC\text{-}FID]init}$ = anfängliche Konzentration der THC-Verunreinigung [mol/mol]

A.2.3.5. Nach Durchsatz gewichtete mittlere Konzentration

In einigen Nummern dieses Absatzes kann die Berechnung einer nach Durchsatz gewichteten mittleren Konzentration erforderlich sein, um zu ermitteln, ob verschiedene Bestimmungen anwendbar sind. Bei einem nach Durchsatz gewichteten Mittel handelt es sich um den Mittelwert einer Größe nach ihrer Gewichtung proportional zu einem entsprechenden Durchsatz. Wird beispielsweise im Rohabgas eines Motors kontinuierlich eine Gaskonzentration gemessen, ist die nach Durchsatz gewichtete mittlere Konzentration die Summe der Produkte jeder aufgezeichneten Konzentration, multipliziert mit ihrem jeweiligen Abgasmoldurchsatz, geteilt durch die Summe der aufgezeichneten Durchsatzwerte. Ein anderes Beispiel: Die Beutelkonzentration eines CVS-Systems ist identisch mit der nach Durchsatz gewichteten mittleren Konzentration, weil das CVS-System selbst die Beutelkonzentration nach Durchsatz gewichtet. Unter Umständen kann bereits eine bestimmte nach Durchsatz gewichtete mittlere Konzentration einer Emission beim Emissionsgrenzwert auf der Grundlage früherer Prüfungen ähnlicher Motoren oder mit ähnlichen Geräten und Instrumenten erwartet werden.

A.2.4. Chemisches Gleichgewicht von Kraftstoff, Ansaugluft und Abgas

A.2.4.1. Allgemeines

Das chemische Gleichgewicht von Kraftstoff, Ansaugluft und Abgas kann zur Berechnung von Durchsätzen, der Wassermenge in den Durchsätzen und der Konzentration von feuchten Bestandteilen in den Durchsätzen verwendet werden. Ist ein Durchsatz — entweder von Kraftstoff, Ansaugluft oder Abgas — bekannt, können die anderen beiden Durchsätze anhand des chemischen Gleichgewichts bestimmt werden. Beispielsweise kann das chemische Gleichgewicht in Kombination mit Ansaugluft oder Kraftstoffdurchsatz zur Ermittlung des Rohabgasdurchsatzes herangezogen werden.

A.2.4.2. Verfahren, für die das chemische Gleichgewicht benötigt wird

Folgende Werte können mithilfe des chemischen Gleichgewichts ermittelt werden:

a) Wassermenge x_{H2Oexh} in Rohabgas oder verdünntem Abgas, wenn die Wassermenge zur Bereinigung der von einem Probenahmesystem abgeschiedenen Wassermenge nicht gemessen wird;

b) Nach Durchsatz gewichtete mittlere Fraktion der Verdünnungsluft im verdünnten Abgas $x_{dil/exh}$, wenn der Verdünnungsluftdurchsatz zur Bereinigung von Hintergrundemissionen nicht gemessen wird. Es ist festzuhalten, dass beim Einsatz des chemischen Gleichgewichts für diesen Zweck davon ausgegangen wird, dass das Abgas stöchiometrisch ist, selbst wenn dies nicht der Fall ist.

A.2.4.3. Vorgehensweise im Zusammenhang mit dem chemischen Gleichgewicht

Für Berechnungen im Zusammenhang mit dem chemischen Gleichgewicht dient ein iteratives Gleichungssystem. Die Ausgangswerte für bis zu drei Messgrößen sind zu schätzen: die Wassermenge im gemessenen Durchsatz x_{H2Oexh}, die Verdünnungsluftfraktion im verdünnten Abgas (oder der Luftüberschuss im Rohabgas) $x_{dil/exh}$ und die Produktmenge auf C1-Basis pro Trockenmol des trockenen gemessenen Durchsatzes $x_{Ccombdry}$. Im chemischen Gleichgewicht dürfen zeitlich gewichtete Mittelwerte der Feuchtigkeit der Verbrennungsluft und der Feuchtigkeit der Verdünnungsluft verwendet werden, vorausgesetzt, die Feuchtigkeit der Verbrennungs- und der Verdünnungsluft bewegt sich während des Prüfintervalls innerhalb der Toleranz von ± 0,0025 mol/mol des jeweiligen Mittelwerts. Für jede Emissionskonzentration x und Wassermenge x_{H2Oexh} ist die Konzentration im vollkommen trockenen Bezugszustand x_{dry} und $x_{H2Oexhdry}$ zu ermitteln. Das Wasserstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis α, das Sauerstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis β und die Kohlenstoffmassenfraktion des Kraftstoffs w_C sind ebenfalls zu verwenden. Für den Prüfkraftstoff können α und β oder die Vorgabewerte gemäß Tabelle A.2.1 verwendet werden.

Das chemische Gleichgewicht ist anhand der folgenden Schritte zu berechnen:

a) Gemessene Konzentrationen wie $x_{CO2meas}$, x_{NOmeas}, und x_{H2Oint} sind in den trockenen Bezugszustand umzurechnen, indem sie durch eins abzüglich der während der jeweiligen Messung vorhandenen Wassermenge dividiert werden; zum Beispiel: $x_{H2OxCO2meas}$, $x_{H2OxNOmeas}$ und x_{H2Oint}. Ist die Wassermenge während einer Messung im feuchten Bezugszustand identisch mit der unbekannten Wassermenge im Abgasdurchsatz x_{H2Oexh}, muss dieser Wert iterativ im Gleichungssystem gelöst werden. Werden nur die Gesamt-NO_X, nicht aber NO und NO_2 getrennt gemessen, ist die Aufteilung der Gesamt-NO_X-Konzentration in NO und NO_2 für das chemische Gleichgewicht nach bestem fachlichen Ermessen zu schätzen. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die NO_X-Molkonzentration x_{NOx} in 75 % NO und 25 % NO_2 unterteilt. Bei NO_2-Speicher-Nachbehandlungssystemen kann davon ausgegangen werden, dass sich x_{NOx} in 25 % NO und 75 % NO_2 unterteilt. Zur Berechnung der Masse der NO_X-Emissionen ist die Molmasse von NO_2 für die effektive Molmasse aller NO_X-Spezies, ungeachtet der tatsächlichen NO_2-Fraktion der NO_X, heranzuziehen;

b) Die Gleichungen (A.5-6) bis (A.5-23) in Buchstabe d dieses Absatzes sind zur iterativen Lösung für x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$ und $x_{dil/exh}$ in ein Computerprogramm einzugeben. Ausgangswerte für x_{H2Oexh}, $x_{Ccombdry}$ und $x_{dil/exh}$ sind nach bestem fachlichen Ermessen zu schätzen. Die Annahme einer anfänglichen Wassermenge, die etwa doppelt so hoch ist wie die Wassermenge in der Ansaug- oder Verdünnungsluft, wird empfohlen. Die Schätzung eines Ausgangswerts für $x_{Ccombdry}$ als Summe der gemessenen CO_2-, CO- und THC-Werte wird empfohlen. Die Schätzung eines Ausgangswerts x_{dil} zwischen 0,75 und 0,95, zum Beispiel 0,8, wird ebenfalls empfohlen. Die Werte im Gleichungssystem sind iterativ zu lösen, bis die zuletzt aktualisierten Schätzungen alle innerhalb von ± 1 % der jeweiligen zuletzt berechneten Werte liegen;

c) Im Gleichungssystem gemäß Buchstabe d dieses Absatzes werden die nachstehenden Symbole und tiefgestellten Indizes verwendet, wobei die Einheit von x mol/mol ist:

Zeichen	Beschreibung
$x_{dil/exh}$	Menge an Verdünnungsgas oder Luftüberschuss pro Mol Abgas
x_{H2Oexh}	Menge an H_2O in Abgas pro Mol Abgas

Zeichen	Beschreibung
$x_{Ccombdry}$	Menge an Kohlenstoff aus Kraftstoff im Abgas pro Mol trockenes Abgas
$x_{H2Oexhdry}$	Wassermenge im Abgas pro Trockenmol trockenes Abgas
$x_{prod/intdry}$	Menge an trockenen stöchiometrischen Produkten pro Trockenmol Ansaugluft
$x_{dil/exhdry}$	Menge an Verdünnungsgas und/oder Luftüberschuss pro Mol trockenes Abgas
$x_{int/exhdry}$	Menge der zur Erzeugung tatsächlicher Verbrennungsprodukte benötigten Ansaugluft pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas
$x_{raw/exhdry}$	Menge an unverdünntem Abgas ohne Luftüberschuss pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas
$x_{O2intdry}$	Menge an O_2 in der Ansaugluft pro Mol trockene Ansaugluft; $x_{O2intdry}$ = 0,209445 mol/mol kann angenommen werden
$x_{CO2intdry}$	Menge an CO_2 in der Ansaugluft pro Mol trockene Ansaugluft. $x_{CO2intdry}$ = 375 µmol/mol kann angenommen werden, jedoch wird die Messung der tatsächlichen Konzentration in der Ansaugluft empfohlen
$x_{H2Ointdry}$	Menge an H_2O in der Ansaugluft pro Mol trockene Ansaugluft
x_{CO2int}	Menge an CO_2 in der Ansaugluft pro Mol Ansaugluft
x_{CO2dil}	Menge an CO_2 im Verdünnungsgas pro Mol Verdünnungsgas
$x_{CO2dildry}$	Menge an CO_2 im Verdünnungsgas pro Mol trockenes Verdünnungsgas. Dient Luft als Verdünnungsgas, kann $x_{CO2dildry}$ = 375 µmol/mol angenommen werden, jedoch wird die Messung der tatsächlichen Konzentration in der Ansaugluft empfohlen
$x_{H2Odildry}$	Menge an H_2O im Verdünnungsgas pro Mol trockenes Verdünnungsgas
x_{H2Odil}	Menge an H_2O im Verdünnungsgas pro Mol Verdünnungsgas
$x_{[emission]meas}$	Menge an gemessener Emission in der Probe am jeweiligen Gasanalysator
$x_{[emission]dry}$	Emissionsmenge pro Trockenmol der trockenen Probe
$x_{H2O[emission]meas}$	Wassermenge in der Probe am Ort der Emissionsbestimmung. Diese Werte sind gemäß Anhang 4 Absatz 9.3.2.3.1 zu messen oder zu schätzen.
x_{H2Oint}	Wassermenge in der Ansaugluft auf der Grundlage einer Feuchtigkeitsmessung der Ansaugluft
K_{H2Ogas}	Ausgleichskoeffizient der Wasser-Gas-Reaktion. Als Wert kann 3,5 angenommen werden, oder es kann nach bestem fachlichen Ermessen ein eigener Wert berechnet werden.
α	Wasserstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis des verbrannten Kraftstoffgemischs ($CH_\alpha O_\beta$), gewichtet nach molarem Verbrauch
β	Sauerstoff-Kohlenstoff-Atomverhältnis des verbrannten Kraftstoffgemischs ($CH_\alpha O_\beta$), gewichtet nach molarem Verbrauch

d) Die nachstehenden Gleichungen [(A.5-84) bis (A.5-101)] sind zur iterativen Bestimmung von $x_{dil/exh}$, x_{H2Oexh} und $x_{Ccombdry}$ anzuwenden:

$$x_{dil/exh} = 1 - \frac{x_{raw/exhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad \text{(A.5-84)}$$

$$x_{H2Oexh} = \frac{x_{H2Oexhdry}}{1 + x_{H2Oexhdry}} \quad \text{(A.5-85)}$$

$$x_{\text{Ccombdry}} = x_{\text{CO2dry}} + x_{\text{COdry}} + x_{\text{THCdry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} - x_{\text{CO2int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad \text{(A.5-86)}$$

$$x_{\text{H2dry}} = \frac{x_{\text{COdry}} \cdot \left(x_{\text{H2Oexhdry}} - x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} \right)}{K_{\text{H2Ogas}} \cdot \left(x_{\text{CO2dry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} \right)} \quad \text{(A.5-87)}$$

$$x_{\text{H2Oexhdry}} = \frac{\alpha}{2}\left(x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) + x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} + x_{\text{H2Oint}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{H2dry}} \quad \text{(A.5-88)}$$

$$x_{\text{dil/exhdry}} = \frac{x_{\text{dil/exh}}}{1 - x_{\text{H2Oexh}}} \quad \text{(A.5-89)}$$

$$x_{\text{int/exhdry}} = \frac{1}{2 \cdot x_{\text{O2int}}}\left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma \right)\left(x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) - \left(x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}} - 2x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}} \right) \right] \quad \text{(A.5-90)}$$

$$x_{\text{raw/exhdry}} = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta + \delta \right)\left(x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}} \right) + \left(2x_{\text{THCdry}} + x_{\text{COdry}} - x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}} \right) \right] + x_{\text{int/exhdry}} \quad \text{(A.5-91)}$$

$$x_{\text{O2int}} = \frac{0{,}209820 - x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad \text{(A.5-92)}$$

$$x_{\text{CO2int}} = \frac{x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad \text{(A.5-93)}$$

$$x_{\text{H2Ointdry}} = \frac{x_{\text{H2Oint}}}{1 - x_{\text{H2Oint}}} \quad \text{(A.5-94)}$$

$$x_{CO2dil} = \frac{x_{CO2dildry}}{1 + x_{H2Odildry}} \quad \text{(A.5-95)}$$

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{(A.5-96)}$$

$$x_{COdry} = \frac{x_{COmeas}}{1 - x_{H2OCOmeas}} \quad \text{(A.5-97)}$$

$$x_{CO2dry} = \frac{x_{CO2meas}}{1 - x_{H2OCO2meas}} \quad \text{(A.5-98)}$$

$$x_{NOdry} = \frac{x_{NOmeas}}{1 - x_{H2ONOmeas}} \quad \text{(A.5-99)}$$

$$x_{NO2dry} = \frac{x_{NO2meas}}{1 - x_{H2ONO2meas}} \quad \text{(A.5-100)}$$

$$x_{THCdry} = \frac{x_{THCmeas}}{1 - x_{H2OTHCmeas}} \quad \text{(A.5-101)}$$

Am Ende der Ermittlung des chemischen Gleichgewichts wird der Moldurchsatz gemäß den Absätzen A.2.5.3 und A.2.6.3 ermittelt.

A.2.4.4. Feuchtigkeitskorrektur der NO_X-Konzentration

Alle NO_X-Konzentrationen, einschließlich Verdünnungsluft-Hintergrundkonzentrationen, sind anhand der Gleichung (A.5-102) oder (A.5-103) einer Korrektur um die Feuchtigkeit der Ansaugluft zu unterziehen:

a) Für Selbstzündungsmotoren

$$x_{NOXcor} = x_{NOXuncor} \cdot \left(9,953 \cdot x_{H2O} + 0,832\right) \quad \text{(A.5-102)}$$

b) Für Fremdzündungsmotoren

$$x_{NOXcor} = x_{NOXuncor} \cdot \left(18,840 \cdot x_{H2O} + 0,68094\right) \quad \text{(A.5-103)}$$

Dabei gilt:

$x_{NOxuncor}$ = nicht korrigierte NO_X-Molkonzentration im Abgas [µmol/mol]

x_{H2O} = Wassermenge in der Ansaugluft [mol/mol]

A.2.5. Messung von gasförmigen Emissionen im Rohabgas

A.2.5.1. Masse der gasförmigen Emissionen

Zur Berechnung der Gesamtmasse der gasförmigen Emission pro Prüfung m_{gas} [g/Prüfung] muss die Molkonzentration mit ihrem entsprechenden Moldurchsatz und der Molmasse des Abgases multipliziert werden; anschließend erfolgt die Integration über den Prüfzyklus anhand der Gleichung (A.5-104):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{exh} \cdot x_{gas} \cdot dt \quad \text{(A.5-104)}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse der generischen gasförmigen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = momentaner Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

x_{gas} = momentane generische Molkonzentration des Gases, feucht [mol/mol]

t = Zeit [s]

Da die Gleichung (A.5-104) durch numerische Integration zu lösen ist, wird sie in Gleichung (A.5-105) umgewandelt:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{\text{exh}} \cdot x_{\text{gas}} \cdot \text{dt} \Rightarrow m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i} \quad \text{(A.5-105)}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse der generischen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = momentaner Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

x_{gasi} = momentane generische Molkonzentration des Gases, feucht [mol/mol]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

Die allgemeine Gleichung kann nach Maßgabe des verwendeten Messsystems — also abhängig davon, ob Stichproben oder kontinuierliche Proben genommen werden und ob es sich um einen variablen oder kontinuierlichen Durchsatz handelt — angepasst werden.

a) Bei der kontinuierlichen Probenahme im Regelfall mit variablem Durchsatz ist die Masse der gasförmigen Emission m_{gas} [g/Prüfung] anhand der Gleichung (A.5-106) zu berechnen:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \cdot x_{\text{gas}i} \quad \text{(A.5-106)}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse der generischen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = momentaner Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

$x_{\text{gas}i}$ = momentane Molfraktion der gasförmigen Emission, feucht [mol/mol]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

b) Bei der kontinuierlichen Probenahme im Sonderfall mit konstantem Durchsatz ist die Masse der gasförmigen Emission m_{gas} [g/Prüfung] anhand der Gleichung (A.5-107) zu berechnen:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-107)}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse der generischen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ = mittlere Molfraktion der gasförmigen Emission, feucht [mol/mol]

Δt = Dauer des Prüfintervalls

c) Bei der Stichprobenahme kann die Gleichung (A.5-104) unabhängig davon, ob der Durchsatz variabel oder konstant ist, anhand der Gleichung (A.5-108) vereinfacht werden:

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{\text{exh}i} \quad \text{(A.5-108)}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse der generischen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{\text{exh}i}$ = momentaner Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

$\bar{x}_{\text{gas}}$ = mittlere Molfraktion der gasförmigen Emission, feucht [mol/mol]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

A.2.5.2. Umrechnung der Konzentration vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Die Parameter für diese Nummer werden den Ergebnissen des gemäß Absatz A.2.4.3 berechneten chemischen Gleichgewichts entnommen. Zwischen der Molkonzentration des Gases im gemessenen Durchsatz x_{gasdry} und x_{gas} [mol/mol], ausgedrückt jeweils auf trockener und feuchter Basis, besteht die folgende Beziehung (Gleichungen A5-109 und A.5-110):

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H2O}}} \quad \text{(A.5-109)}$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H2Odry}}} \quad \text{(A.5-110)}$$

Dabei gilt:

x_{H2O} = Wassermolfraktion im gemessenen Durchsatz, feucht [mol/mol]

x_{H2Odry} = Wassermolfraktion im gemessenen Durchsatz, trocken [mol/mol]

Bei gasförmigen Emissionen wird für die generische Konzentration *x* [mol/mol] eine Korrektur für das abgeschiedene Wasser anhand der Gleichung (A.5-111) vorgenommen:

$$x = x_{[\text{emission}]\text{meas}} \left[\frac{\left(1 - x_{\text{H2Oexh}}\right)}{1 - x_{\text{H2O}[\text{emission}]\text{meas}}} \right] \quad \text{(A.5-111)}$$

Dabei gilt:

$x_{[emission]meas}$ = Molfraktion der Emission im gemessenen Durchsatz am Ort der Messung [mol/mol]

$x_{H2O[emission]meas}$ = Wassermenge im gemessenen Durchsatz bei der Konzentrationsmessung [mol/mol]

x_{H2Oexh} = Wassermenge am Durchflussmessgerät [mol/mol]

A.2.5.3. Moldurchsatz des Abgases

Der Durchsatz des Rohabgases kann direkt gemessen oder auf der Grundlage des chemischen Gleichgewichts gemäß Absatz A.2.4.3 berechnet werden. Die Ermittlung des Moldurchsatzes des Rohabgases erfolgt anhand des gemessenen Moldurchsatzes der Ansaugluft oder des Massendurchsatzes des Kraftstoffs. Der Moldurchsatz des Rohabgases kann aus den Emissionsproben $\dot{n}_{\text{exh}}$ auf der Grundlage des gemessenen Moldurchsatzes der Ansaugluft $\dot{n}_{\text{int}}$ oder des gemessenen Massendurchsatzes des Kraftstoffs $\dot{m}_{\text{fuel}}$ und den anhand des chemischen Gleichgewichts gemäß Absatz A.2.4.3 berechneten Werten ermittelt werden. Die Lösung für das chemische Gleichgewicht gemäß Absatz A.2.4.3 erfolgt mit derselben Frequenz, mit der $x_{\text{O2airdry}} = 0,209445\,\text{mol/mol}$ oder $\dot{m}_{\text{fuel}}$ aktualisiert und aufgezeichnet werden.

a) Kurbelgehäuse-Durchfluss. Der Rohabgasdurchsatz kann nur dann auf der Basis von $\dot{n}_{\text{int}}$ oder $\dot{m}_{\text{fuel}}$ berechnet werden, wenn zumindest einer der folgenden Sachverhalte auf den Emissionsdurchsatz des Kurbelgehäuses zutrifft:

   i) Der Prüfmotor verfügt über ein Produktions-Emissionsminderungssystem mit einem geschlossenen Kurbelgehäuse, das den Kurbelgehäuse-Durchsatz hinter dem Durchflussmessgerät für die Ansaugluft zurück in die Ansaugluft leitet.

   ii) Während der Emissionsprüfung wird der Durchsatz des offenen Kurbelgehäuses gemäß Anhang 4 Absatz 6.10 in das Abgas geleitet.

   iii) Emissionen und Durchsatz des offenen Kurbelgehäuses werden gemessen und zu den bremsbetriebspezifischen Emissionen hinzugerechnet.

   iv) Anhand der Emissionsdaten oder einer technischen Analyse kann nachgewiesen werden, dass sich die Vernachlässigung des Durchsatzes der Emissionen aus dem offenen Kurbelgehäuse nicht nachteilig auf die Einhaltung der geltenden Normen auswirkt.

b) Berechnung des Moldurchsatzes auf der Basis der Ansaugluft.

   Auf der Grundlage von $\dot{n}_{\text{int}}$ ist der Moldurchsatz des Abgases $\dot{n}_{\text{exh}}$ [mol/s] anhand der Gleichung (A.5-112) zu berechnen:

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{n}_{\text{int}}}{\left[1 + \frac{\left(x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{raw/exhdry}}\right)}{\left(1 + x_{\text{H2Oexhdry}}\right)}\right]} \quad \text{(A.5-112)}$$

Dabei gilt:

$\dot{n}_{\text{exh}}$ = Moldurchsatz des Rohabgases, dessen Emissionen gemessen werden [mol/s]

$\dot{n}_{\text{int}}$ = Moldurchsatz der Ansaugluft einschließlich der Feuchtigkeit der Ansaugluft [mol/s]

$x_{\text{int/exhdry}}$ = Menge der zur Erzeugung der tatsächlichen Verbrennungsprodukte benötigten Ansaugluft pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas [mol/mol]

$x_{\text{raw/exhdry}}$ = Menge an unverdünntem Abgas ohne Luftüberschuss pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas [mol/mol]

$x_{\text{H2Oexhdry}}$ = Wassermenge im Abgas pro Mol trockenes Abgas [mol/mol]

c) Berechnung des Moldurchsatzes auf der Basis des Massendurchsatzes des Kraftstoffs

Auf der Grundlage von ist der Moldurchsatz des Abgases $\dot{m}_{fuel}$, $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] wie folgt zu berechnen:

Bei Laborprüfungen kann diese Berechnung nur für stationäre Prüfzyklen mit Einzelphasen oder gestuften Mehrphasenzyklen verwendet werden (Gleichung A.5-113):

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot \left(1 + x_{H2Oexhdry}\right)}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \quad \text{(A.5-113)}$$

Dabei gilt:

$\dot{n}_{exh}$ = Moldurchsatz des Rohabgases, dessen Emissionen gemessen werden

$\dot{m}_{fuel}$ = Kraftstoffdurchsatz einschließlich der Feuchtigkeit der Ansaugluft [g/s]

w_C = Kohlenstoffmassenfraktion des jeweiligen Kraftstoffs [g/g]

$x_{H2Oexhdry}$ = Menge an H_2O pro Trockenmol des gemessenen Durchsatzes [mol/mol]

M_C = Molmasse von Kohlenstoff: 12,011 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = Menge an Kohlenstoff aus Kraftstoff im Abgas pro Mol trockenes Abgas [mol/mol]

d) Berechnung des Moldurchsatzes des Abgases auf der Grundlage des gemessenen Moldurchsatzes der Ansaugluft, des Moldurchsatzes des verdünnten Abgases und des chemischen Gleichgewichts in verdünntem Zustand

Der Moldurchsatz des Abgases $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] kann auf der Grundlage des gemessenen Moldurchsatzes der Ansaugluft $\dot{n}_{int}$ oder des gemessenen Moldurchsatzes des verdünnten Abgases $\dot{n}_{dexh}$ und den anhand des chemischen Gleichgewichts gemäß Absatz A.2.4.3 errechneten Werten ermittelt werden. Das chemische Gleichgewicht muss auf den Konzentrationen des verdünnten Abgases beruhen. Für Berechnungen des kontinuierlichen Durchsatzes ist das chemische Gleichgewicht gemäß Absatz A.2.4.3 mit derselben Frequenz zu lösen, mit der $\dot{n}_{int}$ oder $\dot{n}_{dexh}$ aktualisiert und aufgezeichnet werden. Der so errechnete Wert $\dot{n}_{dexh}$ kann für die Überprüfung des PM-Verdünnungsverhältnisses, die Berechnung des Moldurchsatzes der Verdünnungsluft bei der Hintergrundkorrektur nach Absatz A.2.6.1 und für die Berechnung der Emissionsmasse nach Absatz A.2.5.1 für im Rohabgas gemessene Spezies verwendet werden.

Auf der Grundlage des Moldurchsatzes des verdünnten Abgases und der Ansaugluft ist der Moldurchsatz des Abgases $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] wie folgt zu berechnen:

$$\dot{n}_{exh} = \left(x_{raw/exhdry} - x_{int/exhdry}\right) \cdot \left(1 - x_{H2Oexh}\right) \cdot \dot{n}_{dexh} + \dot{n}_{int} \quad \text{(A.5-114)}$$

dabei ist:

$\dot{n}_{exh}$ = Moldurchsatz des Rohabgases, dessen Emissionen gemessen werden [mol/s]

$x_{int/exhdry}$ = Menge der zur Erzeugung der tatsächlichen Verbrennungsprodukte benötigten Ansaugluft pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas [mol/mol]

$x_{raw/exhdry}$ = Menge an unverdünntem Abgas ohne Luftüberschuss pro Mol trockenes Rohabgas oder verdünntes Abgas [mol/mol]

x_{H2Oexh} = Wassermenge im Abgas pro Mol trockenes Abgas [mol/mol]

$\dot{n}_{dexh}$ = Moldurchsatz des verdünnten Abgases, dessen Emissionen gemessen werden [mol/s]

$\dot{n}_{int}$ = Moldurchsatz der Ansaugluft einschließlich der Feuchtigkeit der Ansaugluft [mol/s].

A.2.6. Verdünnte gasförmige Emissionen

A.2.6.1. Berechnung der Emissionsmasse und Hintergrundkorrektur

Die Masse der gasförmigen Emissionen m_{gas} [g/Prüfung] ist als Funktion der Moldurchsätze der Emissionen wie folgt zu berechnen:

a) Kontinuierliche Probenahme, variabler Durchsatz, zu berechnen anhand der Gleichung (A.5-106) aus Absatz A.2.5.1 Buchstabe a:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad \text{(A.5-106)}$$

Dabei gilt:

M_{gas} = Molmasse der generischen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = momentaner Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

x_{gasi} = momentane generische Molkonzentration des Gases, feucht [mol/mol]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

b) Kontinuierliche Probenahme, konstanter Durchsatz, zu berechnen anhand der Gleichung (A.5-107) aus Absatz A.2.5.1 Buchstabe b:

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \dot{n}_{exh} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-107)}$$

Dabei gilt:

$Mgas$ = Molmasse der generischen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{exh}$ = Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = mittlere Molfraktion der gasförmigen Emission, feucht [mol/mol]

Δt = Dauer des Prüfintervalls

c) Bei der Stichprobenahme ist unabhängig davon, ob der Durchsatz variabel oder konstant ist, Gleichung (A.5-108) aus Absatz A.2.5.1 Buchstabe c anzuwenden:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \overline{x}_{gas} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{n}_{exhi} \quad \text{(A.5-108)}$$

Dabei gilt:

Mgas = Molmasse der generischen Emission [g/mol]

$\dot{n}_{exhi}$ = momentaner Moldurchsatz des Abgases, feucht [mol/s]

$\overline{x}_{gas}$ = mittlere Molfraktion der gasförmigen Emission, feucht [mol/mol]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

d) Bei verdünnten Abgasen werden die für die Masse der Schadstoffe berechneten Werte korrigiert, indem die Masse der durch die Verdünnungsluft bedingten Hintergrundemissionen abgezogen wird:

i) Als erstes wird der Moldurchsatz der Verdünnungsluft $\dot{n}_{airdil}$ [mol/s] während des Prüfintervalls ermittelt. Dabei kann es sich um eine gemessene Größe oder um eine aus dem Durchsatz des verdünnten Abgases und der nach Durchsatz gewichteten mittleren Fraktion der Verdünnungsluft im verdünnten Abgas berechnete Größe handeln.$\bar{x}_{dil/exh}$

ii) Der Gesamtdurchsatz der Verdünnungsluft n_{airdil} [mol] wird mit der mittleren Konzentration der Hintergrundemission multipliziert. Dabei kann es sich um ein nach Zeit oder nach Durchsatz gewichtetes Mittel (d. h. einen verhältnisgleich beprobten Hintergrund) handeln. Das Produkt aus n_{airdil} und der mittleren Konzentration einer Hintergrundemission bildet die Gesamtmenge einer Hintergrundemission.

iii) Handelt es sich beim Ergebnis um eine molare Größe, wird diese durch Multiplikation mit der Molmasse der Emission M_{gas} [g/mol] in die Masse der Hintergrundemission m_{bkgnd} [g] umgerechnet.

iv) Zur Korrektur um die Hintergrundemissionen wird die Gesamtmasse der Hintergrundemission von der Gesamtmasse abgezogen.

v) Der Gesamtdurchsatz der Verdünnungsluft kann durch eine direkte Durchsatzmessung ermittelt werden. In diesem Fall wird die Gesamtmasse der Hintergrundemission anhand des Durchsatzes der Verdünnungsluft n_{airdil} berechnet. Die Masse der Hintergrundemission wird von der Gesamtmasse abgezogen. Das Ergebnis wird für bremsspezifische Emissionsberechnungen verwendet.

vi) Der Gesamtdurchsatz der Verdünnungsluft kann aus dem Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases und dem chemischen Gleichgewicht von Kraftstoff, Ansaugluft und Abgas gemäß Absatz A.2.4 ermittelt werden. In diesem Fall muss die Gesamtmasse der Hintergrundemission anhand des Gesamtdurchsatzes des verdünnten Abgases n_{dexh} berechnet werden. Dieses Ergebnis wird anschließend mit der nach Durchsatz gewichteten mittleren Fraktion der Verdünnungsluft im verdünnten Abgas $\bar{x}_{dil/exh}$ multipliziert.

Unter Berücksichtigung der beiden Fälle v und vi sind die Gleichungen (A.5-115) und (A.5-116) anzuwenden:

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot x_{gasdil} \cdot n_{airdil}$$
$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot \bar{x}_{dil/exh} \cdot \bar{x}_{bkgnd} \cdot n_{dexh} \quad \text{(A.5-115)}$$

$$m_{gascor} = m_{gas} - m_{bkgnd} \quad \text{(A.5-116)}$$

Dabei gilt:

m_{gas} = Gesamtmasse der gasförmigen Emission [g]

m_{bkgnd} = Gesamtmasse der Hintergrundemissionen [g]

m_{gascor} = Masse des in Bezug auf Hintergrundemissionen korrigierten Gases [g]

M_{gas} = Molmasse der generischen gasförmigen Emission [g/mol]

x_{gasdil} = Konzentration der gasförmigen Emission in der Verdünnungsluft [mol/mol]

n_{airdil} = Moldurchsatz der Verdünnungsluft [mol]

$\bar{x}_{dil/exh}$ = nach Durchsatz gewichtete mittlere Fraktion der Verdünnungsluft im verdünnten Abgas [mol/mol]

$\bar{x}_{bkgnd}$ = Gasfraktion der Hintergrundemission [mol/mol]

n_{dexh} = Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases [mol]

A.2.6.2. Umrechnung der Konzentration vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Für die Umrechnung der Konzentration verdünnter Proben vom trockenen in den feuchten Bezugszustand werden dieselben Beziehungen verwendet wie bei Rohabgasen (Absatz A.2.5.2). Für Verdünnungsluft wird eine Feuchtigkeitsmessung zur Berechnung der Wasserdampffraktion $x_{H2Odildry}$ [mol/mol] anhand der Gleichung (A.5-96) aus Absatz A.2.4.3 Buchstabe d durchgeführt:

$$x_{H2Odildry} = \frac{x_{H2Odil}}{1 - x_{H2Odil}} \quad \text{(A.5-96)}$$

Dabei gilt:

x_{H2Odil} = Wassermolfraktion im Verdünnungsluftdurchsatz [mol/mol]

A.2.6.3. Moldurchsatz des Abgases

a) Berechnung mittels des chemischen Gleichgewichts;

Der Moldurchsatz $\dot{n}_{exh}$ [mol/s] kann auf der Basis des Massendurchsatzes des Kraftstoffs $\dot{m}_{fuel}$ anhand der Gleichung (A.5-113) aus Absatz A.2.5.3 Buchstabe c berechnet werden:

$$\dot{n}_{exh} = \frac{\dot{m}_{fuel} \cdot w_C \cdot \left(1 + x_{H2Oehdry}\right)}{M_C \cdot x_{Ccombdry}} \quad \text{(A.5-113)}$$

Dabei gilt:

$\dot{n}_{exh}$ = Moldurchsatz des Rohabgases, dessen Emissionen gemessen werden [mol/s]

$\dot{m}_{fuel}$ = Kraftstoffdurchsatz einschließlich der Feuchtigkeit der Ansaugluft [g/s]

w_C = Kohlenstoffmassenfraktion des jeweiligen Kraftstoffs [g/g]

$x_{H2Oexhdry}$ = Menge an H_2O pro Trockenmol des gemessenen Durchsatzes [mol/mol]

M_C = Molmasse von Kohlenstoff: 12,0107 g/mol

$x_{Ccombdry}$ = Menge an Kohlenstoff aus Kraftstoff im Abgas pro Mol trockenes Abgas [mol/mol]

b) Bewertung

Der Moldurchsatz des Abgases kann mithilfe von drei Systemen gemessen werden:

i) PDP-Moldurchsatz. Auf der Grundlage der Drehzahl, mit der die Verdrängerpumpe (PDP) bei einem Prüfintervall arbeitet, werden die anhand des Kalibrierungsverfahrens gemäß Anhang 4 Absatz 8.1.8.4.2 berechnete entsprechende Steigung a_1 und der Achsabschnitt a_0 [-] zur Ermittlung des Moldurchsatzes $\dot{n}$ [mol/s] anhand der Gleichung (A.5-117) herangezogen:

$$\dot{n} = f_{n,PDP} \cdot \frac{p_{in} \cdot V_{rev}}{R \cdot T_{in}} \quad \text{(A.5-117)}$$

mit

$$V_{rev} = \frac{a_1}{f_{n,PDP}} \cdot \sqrt{\frac{p_{out} - p_{in}}{p_{in}}} + a_0 \quad \text{(A.5-118)}$$

Dabei gilt:

a_1 = Kalibrierkoeffizient [m^3/s]

a_0 = Kalibrierkoeffizient [m^3/rev]

p_{in}, p_{out} = Eintritts-/Austrittsdruck [Pa]

R = molare Gaskonstante [J/(mol·K)]

T_{in} = Eintrittstemperatur [K]

V_{rev} = von der PDP gefördertes Volumen [m^3/rev]

$f_{n.,PDP}$ = PDP-Drehzahl [s^{-1}]

ii) SSV-Moldurchsatz. Auf der Basis der gemäß Anhang 4 Absatz 8.1.8.4.4 ermittelten Gleichung für C_d bezogen auf $R_e{}^{\#}$ ist der Moldurchsatz des subsonischen Venturirohrs (SSV) während einer Emissionsprüfung $\dot{n}$ [mol/s] anhand der Gleichung (A.5-119) zu berechnen:

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad \text{(A.5-119)}$$

Dabei gilt:

p_{in} = Eintrittsdruck [Pa]

A_t = Querschnitt der Venturieinschnürung [m^2]

R = molare Gaskonstante [J/(mol·K)]

T_{in} = Eintrittstemperatur [K]

Z = Kompressibilitätsfaktor

M_{mix} = Molmasse des verdünnten Abgases [kg/mol]

C_d = Durchflusskoeffizient des SSV [-]

C_f = Durchsatzkoeffizient des SSV [-]

iii) CFV-Moldurchsatz. Zur Berechnung des Moldurchsatzes durch ein Venturirohr oder eine Kombination von Venturirohren sind der jeweilige mittlere Wert C_d sowie andere gemäß Anhang 4 Absatz 8.1.8.4.3 ermittelte Konstanten zu verwenden. Der Moldurchsatz $\dot{n}$ [mol/s] während einer Emissionsprüfung ist anhand der Gleichung (A.5-120) zu berechnen:

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad \text{(A.5-120)}$$

Dabei gilt:

p_{in} = Eintrittsdruck [Pa]

A_t = Querschnitt der Venturieinschnürung [m^2]

R = molare Gaskonstante [J/(mol·K)]

T_{in} = Eintrittstemperatur [K]

Z = Kompressibilitätsfaktor

M_{mix} = Molmasse des verdünnten Abgases [kg/mol]

C_d = Durchflusskoeffizient des CFV [-]

C_f = Durchsatzkoeffizient des CFV [-]

A.2.7. Partikelbestimmung

A.2.7.1. Probenahme

a) Probenahme aus einem variablen Durchsatz:

Bei der Stichprobenahme aus einem variablen Abgasdurchsatz muss eine zum veränderlichen Abgasdurchsatz verhältnisgleiche Probe entnommen werden. Der Durchsatz wird über ein Prüfintervall integriert, um den Gesamtdurchsatz zu ermitteln. Zur Berechnung der PM-Gesamtmasse m_{PM} [g] anhand der Gleichung (A.5-121) ist die mittlere PM-Konzentration $\bar{M}_{PM}$ (die bereits in Einheiten der Masse pro Mol der Probe angegeben ist) mit dem Gesamtdurchsatz zu multiplizieren:

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(\dot{n}_i \cdot \Delta t_i \right) \quad \text{(A.5-121)}$$

Dabei gilt:

$\dot{n}_i$ = momentaner Moldurchsatz des Abgases [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$ = mittlere PM-Konzentration [g/mol]

Δt_t = Intervall der Probenahme [s]

b) Probenahme aus einem konstanten Durchsatz

Bei der Stichprobenahme aus einem konstanten Abgasdurchsatz muss der mittlere Moldurchsatz, aus dem die Probe entnommen wird, ermittelt werden. Zur Berechnung der PM-Gesamtmasse m_{PM} [g] ist die mittlere PM-Konzentration anhand der Gleichung (A.5-122) mit dem Gesamtdurchsatz zu multiplizieren:

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad \text{(A.5-122)}$$

Dabei gilt:

$\dot{n}$ = Moldurchsatz des Abgases [mol/s]

$\bar{M}_{PM}$ = mittlere PM-Konzentration [g/mol]

Δt = Dauer des Prüfintervalls [s]

Bei der Probenahme mit einem konstanten Verdünnungsverhältnis (*DR*) wird m_{PM} [g] anhand der Gleichung (A.5-123) berechnet:

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad \text{(A.5-123)}$$

Dabei gilt:

m_{PMdil} = Partikelmasse in der Verdünnungsluft [g]

DR = Verdünnungsverhältnis [-], definiert als Verhältnis zwischen der Masse der Emission m und der Masse des verdünnten Abgases $m_{dil/exh}$ ($DR = m / m_{dil/exh}$).

Das Verdünnungsverhältnis DR kann als Funktion von $x_{dil/exh}$ ausgedrückt werden [Gleichung (A.5-124)]:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/erh}} \quad \text{(A.5-124)}$$

A.2.7.2. Hintergrundkorrektur

Zur Hintergrundkorrektur der PM-Masse ist der in Absatz A.2.6.1 beschriebene Ansatz anzuwenden. Durch Multiplikation von $\bar{M}_{PMbkgnd}$ mit dem Gesamtdurchsatz der Verdünnungsluft wird die Hintergrund-Gesamtmasse der PM ($m_{PMbkgnd}$ [g]) ermittelt. Durch Abziehen der Hintergrund-Gesamtmasse von der Gesamtmasse wird die hintergrundkorrigierte Partikelmasse m_{PMcor} [g] ermittelt [Gleichung (A.5-125)]:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \bar{M}_{PMbkgnd} \cdot n_{airdil} \quad \text{(A.5-125)}$$

Dabei gilt:

$m_{PMuncor}$ = nicht korrigierte Partikelmasse [g]

$\bar{M}_{PMbkgnd}$ = mittlere PM-Konzentration in der Verdünnungsluft [g/mol]

n_{airdil} = Moldurchsatz der Verdünnungsluft [mol]

A.2.8. Zyklusarbeit und spezifische Emissionen

A.2.8.1. Gasförmige Emissionen

A.2.8.1.1. Dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen (RMC)

Für Rohabgas bzw. verdünntes Abgas wird auf die Absätze A.2.5.1 bzw. A.2.6.1 verwiesen. Die resultierenden Werte für die Leistung P_i [kW] werden über ein Prüfintervall integriert. Die Gesamtarbeit W_{act} [kWh] ist anhand der Gleichung (A.5-126) zu berechnen:

$$W_{act} = \sum_{i=1}^{N} P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(n_i \cdot T_i \right) \quad \text{(A.5-126)}$$

Dabei gilt:

P_i = momentane Motorleistung [kW]

n_i = momentane Motordrehzahl [min^{-1}]

T_i = momentanes Motordrehmoment [N·m]

W_{act} = tatsächliche Zyklusarbeit [kWh]

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

Δt_i = Messzeitraum [s]

Wurden gemäß Anhang 4 Anlage A.2 Hilfseinrichtungen angebracht, so wird das momentane Motordrehmoment in Gleichung (A.5-126) nicht angepasst. Wurden nach Anhang 4 Absätze 6.3.2 und 6.3.3 dieser Regelung anzubringende Hilfseinrichtungen nicht installiert oder sind Hilfseinrichtungen angebracht, die für die Prüfung ausgebaut werden sollten, ist der in Gleichung (A.5-126) verwendete Wert T_i anhand der Gleichung (A.5-127) zu korrigieren: $T_i = T_i,meas + T_i,AUX$

$$T_i = T_{i,\text{meas}} + T_{i,\text{AUX}} \tag{A.5-127}$$

Dabei gilt:

$T_i,meas$ = Messwert des momentanen Motordrehmoments

T_i,AUX = zum Betrieb der Hilfseinrichtungen erforderliches entsprechendes Drehmoment das gemäß Anhang 4 Absatz 7.7.2.3 Buchstabe b dieser Regelung bestimmt wird.

Die spezifischen Emissionen e_{gas} [g/kWh] sind in Abhängigkeit von der Art des Prüfzyklus wie folgt zu berechnen.

$$e_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{act}}} \tag{A.5-128}$$

Dabei gilt:

m_{gas} = Gesamtmasse der Emission [g/Prüfung]

W_{act} = Zyklusarbeit [kWh]

Bei der NRTC-Prüfung ist das endgültige Prüfergebnis e_{gas} [g/kWh] für andere gasförmige Emissionen als CO_2 ein gewichteter Durchschnittswert aus dem Prüflauf mit Kaltstart und dem Prüflauf mit Warmstart, berechnet anhand der Gleichung (A.5-129):

$$e_{\text{gas}} = \frac{(0{,}1 \cdot m_{\text{cold}}) + (0{,}9 \cdot m_{\text{hot}})}{(0{,}1 \cdot W_{\text{actcold}}) + (0{,}9 \cdot W_{\text{acthot}})} \tag{A.5-129}$$

Dabei gilt:

m_{cold} die Masse der Gasemissionen bei der NRTC-Prüfung mit Kaltstart [g]

$W_{act, cold}$ die tatsächliche Zyklusarbeit bei der NRTC-Prüfung mit Kaltstart [kWh]

m_{hot} die Masse der Gasemissionen bei der NRTC-Prüfung mit Warmstart [g]

$W_{act, hot}$ die tatsächliche Zyklusarbeit in der NRTC-Prüfung mit Warmstart [kWh]

Bei der NRTC-Prüfung ist das endgültige Prüfergebnis e_{CO2} [g/kWh] für CO_2 aus dem NRTC mit Warmstart anhand der Gleichung (A.5-130) zu berechnen:

$$\boldsymbol{e}_{\mathbf{CO2,\ hot}} = \frac{\boldsymbol{m}_{\mathbf{CO2,\ hot}}}{\boldsymbol{W}_{\mathbf{act,\ hot}}} \tag{A.5-130}$$

Dabei gilt:

$m_{CO2,\,hot}$ die CO_2-Emissionsmenge bei der NRTC-Prüfung mit Warmstart [g]

$W_{act,\,hot}$ die tatsächliche Zyklusarbeit in der NRTC-Prüfung mit Warmstart [kWh]

A.2.8.1.2. Einzelphasen-NRSC

Die spezifischen Emissionen e_{gas} [g/kWh] sind anhand der Gleichung (A.5-131) zu berechnen:

$$e_{\text{gas}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} \left(\dot{m}_{\text{gas}i} \cdot WF_i \right)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} \left(P_i \cdot WF_i \right)} \qquad \text{(A.5-131)}$$

Dabei gilt:

$\dot{m}_{\text{gas}i}$ = mittlerer Massendurchsatz der Emission für die Prüfphase *i* [g/h]

P_i = Motorleistung für die Prüfphase i [kW]; diese wird berechnet durch Addition der gemessenen Leistung P_{meas} [kW] und der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen erforderlichen Leistung P_{AUX} [kW], die nach der Gleichung (A.4-8) in Anhang 4 berechnet wird. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase *i* [-]

N_{mode} = Anzahl der Phasen im anwendbaren Einzelphasen-NRSC

A.2.8.2. Partikelemissionen

A.2.8.2.1. Dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen (RMC)

Die partikelspezifischen Emissionen sind durch Umwandlung von Gleichung (A.5-128) in Gleichung (A.5-132) zu berechnen, wobei e_{gas} [g/kWh] bzw. m_{gas} [g/Prüfung] durch e_{PM} [g/kWh] bzw. m_{PM} [g/Prüfung] ersetzt werden:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \qquad \text{(A.5-132)}$$

Dabei gilt:

m_{PM} = Gesamtmasse der Partikelemission, berechnet gemäß Absatz A.2.7.1. [g/Prüfung]

W_{act} = Zyklusarbeit [kWh]

Die Emissionen während des dynamischen Kombinationszyklus (d. h. kalte Phase und warme Phase) sind gemäß Absatz A.2.8.1.1 zu berechnen.

A.2.8.2.2. Einzelphasen-NRSC

Die partikelspezifische Emission e_{PM} [g/kWh] ist wie folgt zu berechnen:

A.2.8.2.2.1. Für die Einfachfiltermethode anhand der Gleichung (A.5-133):

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(P_i \cdot WF_i \right)} \qquad \text{(A.5-133)}$$

Dabei gilt:

Pi = Motorleistung für die Prüfphase i [kW]; diese wird berechnet durch Addition der gemessenen Leistung P_{meas} [kW] und der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen erforderlichen Leistung P_{AUX} [kW], die nach der Gleichung (A.4-8) in Anhang 4 berechnet wird. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WFi = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase i [-]

$\dot{m}_{PM_i}$ = Partikelmassendurchsatz [g/h]

N_{mode} = Anzahl der Phasen im anwendbaren Einzelphasen-NRSC

A.2.8.2.2.2. Für die Mehrfachfiltermethode anhand der Gleichung (A.5-134):

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(\dot{m}_{PM} \cdot WF_i \right)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} \left(P_i \cdot WF_i \right)} \qquad \text{(A.5-134)}$$

Dabei gilt:

P_i = Motorleistung für die Prüfphase i [kW]; diese wird berechnet durch Addition der gemessenen Leistung P_{meas} [kW] und der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen erforderlichen Leistung P_{AUX} [kW], die nach der Gleichung (A.4-8) in Anhang 4 berechnet wird. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase *i* [-]

$\dot{m}_{PM_i}$ = Partikelmassendurchsatz in der Prüfphase *i* [g/h]

N_{mode} = Anzahl der Phasen im anwendbaren Einzelphasen-NRSC

Bei der Einfachfiltermethode ist der effektive Gewichtungsfaktor WF_{effi} für jede Prüfphase anhand der Gleichung (A.5-135) zu berechnen:

$$WF_{effi} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \qquad \text{(A.5-135)}$$

Dabei gilt:

$m_{smpldexhi}$ = Masse der Probe des verdünnten Abgases, die die Partikel-Probenahmefilter in der Prüfphase *i* durchströmt [kg]

$m_{smpldexh}$ = Masse der verdünnten Abgasprobe, die die Partikel-Probenahmefilter durchströmt [kg]

$\dot{m}_{eqdexhweti}$ = äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases in der Prüfphase *i* [kg/s]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}$ = durchschnittlicher äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases [kg/s]

Der Wert der effektiven Gewichtungsfaktoren darf von den Werten der in Anhang 4 Anlage A.6 aufgeführten Gewichtungsfaktoren um höchstens ± 0,005 (absoluter Wert) abweichen.

A.2.8.3. Anpassungen bei Emissionsminderungssystemen mit sporadischer (periodischer) Regenerierung

Für Motoren, die mit einem Abgasnachbehandlungssystem mit sporadischer (periodischer) Regenerierung (siehe Anhang 4 Absatz A.6.6.2.) ausgestattet sind, sind die nach Absatz A.2.8.1 und A.2.8.2 berechneten spezifischen Emissionen für gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel entweder anhand des einschlägigen multiplikativen Anpassungsfaktors oder des einschlägigen additiven Anpassungsfaktors zu korrigieren. Fand während der Prüfung keine sporadische Regenerierung statt, so ist der aufwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{ru,m}$ oder $k_{ru,a}$). Fand während der Prüfung eine sporadische Regenerierung statt, so ist der abwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{rd,m}$ oder $k_{rd,a}$). Beim Einzelphasen-NRSC, für den für jede Prüfphase Anpassungsfaktoren bestimmt wurden, werden diese bei der Berechnung des gewichteten Emissionsergebnisses auf jede Phase angewendet.

A.2.8.4. Anpassungen bei Verschlechterungsfaktoren

Die gemäß Absatz A.2.8.1 und A.2.8.2 berechneten spezifischen Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln, gegebenenfalls einschließlich des Anpassungsfaktors nach Absatz A.2.8.3 bei sporadischer Regenerierung, sind ebenfalls mithilfe des nach den Anforderungen des Anhangs 8 bestimmten einschlägigen multiplikativen oder additiven Verschlechterungsfaktors zu korrigieren.

A.2.9. Kalibrierung des Durchsatzes des verdünnten Abgases (CVS) und damit verbundene Berechnungen

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den Berechnungen zur Kalibrierung verschiedener Durchflussmessgeräte. Absatz A.2.9.1 enthält eine Beschreibung der Umrechnung der Messwerte des Bezugsdurchflussmessgeräts zur Verwendung in den molbasierten Kalibriergleichungen. Die weiteren Punkte betreffen die Kalibrierungsberechnungen für bestimmte Arten von Durchflussmessgeräten.

A.2.9.1. Umrechnung der Messungen von Bezugsmesseinrichtungen

Die Kalibriergleichungen in diesem Abschnitt nutzen den Moldurchsatz $\dot{n}_{\mathrm{ref}}$ als Bezugsgröße. Misst die verwendete Bezugsmesseinrichtung den Durchsatz in einer anderen Messgröße, wie dem Standard-Volumendurchsatz $\dot{V}_{\mathrm{stdref}}$, dem tatsächlichen Volumendurchsatz $\dot{V}_{\mathrm{actref}}$ oder dem Massendurchsatz $\dot{m}_{\mathrm{ref}}$, werden die Messwerte der Referenzmesseinrichtungen anhand der Gleichungen (A.5-136), (A.5-137) und (A.5-138) in einen Moldurchsatz umgerechnet, wobei zu beachten ist, dass sich die Werte für Volumendurchsatz, Massendurchsatz, Druck, Temperatur und Molmasse während einer Emissionsprüfung zwar ändern können, doch für jeden einzelnen Einstellwert während der Kalibrierung eines Durchflussmessgeräts so konstant wie möglich gehalten werden sollten:

$$\dot{n}_{\mathrm{ref}} = \frac{\dot{V}_{\mathrm{stdref}} \cdot p_{\mathrm{std}}}{T_{\mathrm{std}} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{\mathrm{actref}} \cdot p_{\mathrm{act}}}{T_{\mathrm{act}} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{\mathrm{ref}}}{M_{\mathrm{mix}}} \qquad \text{(A.5-136)}$$

Dabei gilt:

$\dot{n}_{\mathrm{ref}}$ = Bezugsmoldurchsatz [mol/s]

$\dot{V}_{\mathrm{stdref}}$ = Bezugsvolumendurchsatz, korrigiert auf einen Standarddruck und eine Standardtemperatur [m³/s]

$\dot{V}_{\mathrm{actdref}}$ = Bezugsvolumendurchsatz beim tatsächlichen Druck und der tatsächlichen Temperatur [m³/s]

$\dot{m}_{\mathrm{ref}}$ = Bezugsmassendurchsatz [g/s]

p_{std} = Standarddruck [Pa]

p_{act} = tatsächlicher Gasdruck [Pa]

T_{std} = Standardtemperatur [K]

T_{act} = tatsächliche Gastemperatur [K]

R = molare Gaskonstante [J/(mlol·K)]

M_{mix} = Molmasse des Gases [g/mol]

A.2.9.2. PDP-Kalibrierungsberechnungen

Für jede Begrenzerposition sind die nachstehenden Werte aus den gemäß Anhang 4 Absatz 8.1.8.4 ermittelten Mittelwerten wie folgt zu berechnen:

a) PDP-Volumendurchsatz je Umdrehung V_{rev} (m³/rev):

$$V_{\mathrm{rev}} = \frac{\overline{\dot{n}}_{\mathrm{ref}} \cdot R \cdot \overline{T}_{\mathrm{in}}}{\overline{p}_{\mathrm{in}} \cdot \overline{f}_{n\mathrm{PDP}}} \qquad \text{(A.5-137)}$$

Dabei gilt:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = Mittelwert des Bezugsmoldurchsatzes [mol/s]

R = molare Gaskonstante [J/(mlol·K)]

$\overline{T}_{in}$ = mittlere Eintrittstemperatur [K]

$\overline{p}_{in}$ = mittlerer Eintrittsdruck [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = mittlere Drehzahl [s^{-1}]

b) Korrekturfaktor für PDP-Verlust K_s [s/rev]:

$$K_s = \frac{1}{\overline{f}_{nPDP}} \cdot \sqrt{\frac{\overline{p}_{out} - \overline{p}_{in}}{\overline{p}_{out}}} \quad \text{(A.5-138)}$$

Dabei gilt:

$\overline{\dot{n}}_{ref}$ = mittlerer Bezugsmoldurchsatz [mol/s]

$\overline{T}_{in}$ = mittlere Eintrittstemperatur [K]

$\overline{p}_{in}$ = mittlerer Eintrittsdruck [Pa]

$\overline{p}_{out}$ = mittlerer Austrittsdruck [Pa]

$\overline{f}_{nPDP}$ = mittlere PDP-Drehzahl [s^{-1}]

R = molare Gaskonstante [J/(mlol·K)]

c) Durch Berechnung der Steigung a_1 und des Achsabschnitts a_0 gemäß Anlage A.6 ist eine Regressionsanalyse nach der Fehlerquadratmethode für den PDP-Volumendurchsatz je Umdrehung V_{rev} bezogen auf den Korrekturfaktor für den PDP-Verlust K_s durchzuführen;

d) das Verfahren gemäß den Buchstaben a bis c dieses Absatzes ist für jede Drehzahl, mit der die PDP betrieben wird, zu wiederholen;

e) Tabelle A.5-2 zeigt die Berechnungen für unterschiedliche Werte von $\overline{f}_{nPDP}$

Tabelle A.5-2

Beispiel für PDP-Kalibrierdaten

$\overline{f}_{nPDP}$ [min^{-1}]	$\overline{f}_{nPDP}$ [s^{-1}]	a_1 [m^3/min]	a_1 [m^3/s]	a_0 [m^3/rev]
755,0	12,58	50,43	0,8405	0,056
987,6	16,46	49,86	0,831	- 0,013
1 254,5	20,9	48,54	0,809	0,028
1 401,3	23,355	47,30	0,7883	- 0,061

f) Für jede Drehzahl, mit der die PDP betrieben wird, sind die entsprechende Steigung a_1 und der entsprechende Achsabschnitt a_0 zur Berechnung des Durchsatzes während der Emissionsprüfung gemäß Absatz A.2.6.3 Buchstabe b heranzuziehen.

A.2.9.3. Gleichungen und zulässige Annahmen für Venturirohre

In diesem Abschnitt werden die anwendbaren Gleichungen und zulässigen Annahmen zur Kalibrierung eines Venturirohrs und zur Berechnung des Durchsatzes mithilfe eines Venturirohrs beschrieben. Da die Funktion eines subsonischen Venturirohrs (SSV) und eines Venturirohrs mit kritischem Durchsatz (CFV) ähnlich ist, sind die auf sie anwendbaren Gleichungen praktisch identisch; die einzige Ausnahme bildet die Gleichung zur Beschreibung des Druckverhältnisses *r* (d. h. r_{SSV} gegenüber r_{CFV}). Die anwendbaren Gleichungen gehen von einer eindimensionalen, isentropen, reibungsfreien, kompressiblen Strömung eines idealen Gases aus. In Absatz A.2.9.3 Buchstabe d werden andere zulässige Annahmen beschrieben. Ist die Annahme, dass es sich beim gemessenen Durchsatz um ein ideales Gas handelt, nicht zulässig, sehen die anwendbaren Gleichungen eine Korrektur erster Ordnung für das Verhalten eines realen Gases, nämlich den Kompressibilitätsfaktor Z, vor. Muss nach bestem fachlichen Ermessen ein anderer Wert als Z = 1 verwendet werden, kann eine geeignete Zustandsgleichung zur Ermittlung der Werte für Z als Funktion der gemessenen Drücke und Temperaturen angewendet werden, oder es können nach bestem fachlichen Ermessen einschlägige Kalibriergleichungen entwickelt werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Gleichung für den Durchsatzkoeffizienten C_f auf der Annahme für ideales Gas, dass der isentrope Exponent γ gleich dem spezifischen Wärmeverhältnis c_p/c_V ist, basiert. Muss nach bestem fachlichen Ermessen ein isentroper Exponent für reales Gas verwendet werden, kann entweder eine geeignete Zustandsgleichung zur Ermittlung der Werte für γ als Funktion der gemessenen Drücke und Temperaturen angewendet oder es können einschlägige Kalibriergleichungen entwickelt werden. Der Moldurchsatz des Abgases $\dot{n}$ [mol/s] ist anhand der Gleichung (A.5-139) zu berechnen:

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \qquad \text{(A.5-139)}$$

Dabei gilt:

C_d = gemäß Absatz A.2.9.3 Buchstabe a ermittelter Durchflusskoeffizient [-]

C_f = gemäß Absatz A.2.9.3 Buchstabe b ermittelter Durchsatzkoeffizient [-]

A_t = Querschnitt der Venturieinschnürung [m²]

p_{in} = absoluter statischer Druck am Venturieintritt [Pa]

Z = Kompressibilitätsfaktor [-]

M_{mix} = Molmasse des Gasgemischs [kg/mol]

R = molare Gaskonstante [J/(mol·K)]

T_{in} = absolute Temperatur am Venturieintritt [K]

a) C_d wird mithilfe der gemäß Anhang 4 Absatz 8.1.8.4 gesammelten Daten anhand von Gleichung (A.5-140) berechnet:

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}}{C_f \cdot A_t \cdot P_{in}} \qquad \text{(A.5-140)}$$

Dabei gilt:

$\dot{n}_{ref}$ = Bezugsmoldurchsatz [mol/s]

Für die anderen Symbole siehe Gleichung (A.5-139).

b) C_f wird anhand eines der folgenden Verfahren berechnet:

i) Ausschließlich bei CFV-Durchflussmessgeräten wird C_{fCFV} aus der Tabelle A.5-3 auf der Grundlage der Werte für β (Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Venturieinschnürung und dem Durchmesser des Eintritts) und γ (spezifisches Wärmeverhältnis des Gasgemischs) abgeleitet, wobei Zwischenwerte durch lineare Interpolation zu bestimmen sind:

Tabelle A.5-3

C_{fCFV} bezogen auf β und γ für CFV-Durchflussmessgeräte

C_{fCFV}		
β	γ_{exh} =1,385	γ_{dexh} =γ_{air}=1,399
0,000	0,6822	0,6846
0,400	0,6857	0,6881
0,500	0,6910	0,6934
0,550	0,6953	0,6977
0,600	0,7011	0,7036
0,625	0,7047	0,7072
0,650	0,7089	0,7114
0,675	0,7137	0,7163
0,700	0,7193	0,7219
0,720	0,7245	0,7271
0,740	0,7303	0,7329
0,760	0,7368	0,7395
0,770	0,7404	0,7431
0,780	0,7442	0,7470
0,790	0,7483	0,7511
0,800	0,7527	0,7555
0,810	0,7573	0,7602
0,820	0,7624	0,7652
0,830	0,7677	0,7707
0,840	0,7735	0,7765
0,850	0,7798	0,7828

ii) Für jedes CFV- oder SSV-Durchflussmessgerät kann C_f anhand der Gleichung (A.5-141) berechnet werden:

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot \left(r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)}{(\gamma - 1) \cdot \left(\beta^4 - r^{\frac{-2}{\gamma}} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \qquad \text{(A.5-141)}$$

Dabei gilt:

γ = isentroper Exponent [-]. Bei einem idealen Gas handelt es sich dabei um das spezifische Wärmeverhältnis des Gasgemischs c_p/c_V

r = gemäß Buchstabe c dieses Absatzes ermitteltes Druckverhältnis

β = Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Venturieinschnürung und dem Durchmesser des Eintritts

c) Das Druckverhältnis r ist wie folgt zu berechnen:

i) Ausschließlich bei SSV-Systemen wird r_{SSV} anhand der Gleichung (A.5-142) berechnet:

$$r_{\text{ssv}} = 1 - \frac{\Delta p_{\text{ssv}}}{P_{\text{in}}} \tag{A.5-142}$$

Dabei gilt:

Δp_{SSV} = statischer Differenzdruck; Venturieintritt abzüglich Venturieinschnürung [Pa]

ii) Ausschließlich bei CFV-Systemen wird r_{CFV} iterativ anhand der Gleichung (A.5-143) berechnet:

$$r_{\text{CFV}}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma-1}{2}\right) \cdot \beta^4 \cdot r_{\text{CFV}}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma+1}{2} \tag{A.5-143}$$

d) Hinsichtlich der anwendbaren Gleichungen dürfen die folgenden vereinfachenden Annahmen getroffen werden, oder es können nach bestem fachlichen Ermessen zu Prüfzwecken geeignetere Werte entwickelt werden:

i) Für Emissionsprüfungen innerhalb des gesamten Bereichs von Rohabgas, verdünntem Abgas und Verdünnungsluft kann davon ausgegangen werden, dass sich das Gasgemisch wie ein ideales Gas verhält: Z = 1;

ii) innerhalb des gesamten Rohabgasbereichs kann ein konstantes spezifisches Wärmeverhältnis von γ = 1,385 angenommen werden;

iii) Innerhalb des gesamten Bereichs von verdünntem Abgas und Luft (z. B. Kalibrierluft oder Verdünnungsluft) kann ein konstantes spezifisches Wärmeverhältnis von γ = 1,399 angenommen werden;

iv) Innerhalb des gesamten Bereichs von verdünntem Abgas und Luft kann die Molmasse des Gemischs M_{mix} [g/mol] rein als Funktion der Wassermenge x_{H2O} in der Verdünnungsluft oder Kalibrierluft gemäß Absatz A.2.3.2 ermittelt und anhand der Gleichung (A.5-144) berechnet werden:

$$M_{\text{mix}} = M_{\text{air}} \cdot \left(1 - x_{\text{H2O}}\right) + M_{\text{H2O}} \cdot \left(x_{\text{H2O}}\right) \tag{A.5-144}$$

Dabei gilt:

M_{air} = 28,96559 g/mol

M_{H2O} = 18,01528 g/mol

x_{H2O} = Wassermenge in der Verdünnungs- oder Kalibrierluft [mol/mol]

v) Innerhalb des gesamten Bereichs von verdünntem Abgas und Luft kann für alle Kalibrier- und Prüfzwecke von einer konstanten Molmasse des Gemischs M_{mix} ausgegangen werden, sofern die angenommene Molmasse nicht mehr als ± 1 % von der geschätzten minimalen und maximalen Molmasse während der Kalibrierung und Prüfung abweicht. Diese Annahme kann getroffen werden, wenn eine ausreichende Kontrolle der Wassermenge in der Kalibrierluft und in der Verdünnungsluft gewährleistet ist oder wenn genug Wasser aus der Kalibrierluft und der Verdünnungsluft abgeschieden wird. Die Tabelle A.5-4 enthält Beispiele für zulässige Bereiche des Taupunkts der Verdünnungsluft bezogen auf den Taupunkt der Kalibrierluft.

Tabelle A.5-4

Beispiele für die Taupunkte von Verdünnungs- und Kalibrierluft, bei denen ein konstanter Wert für M_{mix} angenommen werden kann

Bei T_{dew} der Kalibrierluft (° C) gleich ...	Annahme der folgenden Konstante Mmix (g/mol)	für die nachstehenden Bereiche von T_{dew} (° C) während Emissionsprüfungen [a]
dry	28,96559	trocken bis 18
0	28,89263	trocken bis 21
5	28,86148	trocken bis 22
10	28,81911	trocken bis 24
15	28,76224	trocken bis 26
20	28,68685	-8 bis 28
25	28,58806	12 bis 31
30	28,46005	23 bis 34

[a] Bereich gültig für alle Kalibrierungen und Emissionsprüfungen oberhalb des Luftdruckbereichs von 80,000 bis 103,325 kPa.

A.2.9.4. SSV-Kalibrierung

Molbasierter Ansatz. Zur Kalibrierung eines SSV-Durchflussmessgeräts ist folgendermaßen vorzugehen:

i) Für jeden Bezugsmoldurchsatz ist unter Verwendung des Durchmessers der Venturieinschnürung d_t die Reynolds-Zahl $Re^{\#}$ zu berechnen (Gleichung A.5-145). Da zur Berechnung von $Re^{\#}$ die dynamische Viskosität μ benötigt wird, kann nach bestem fachlichen Ermessen ein spezifisches Viskositätsmodell zur Ermittlung von μ für das Kalibriergas (in der Regel Luft) herangezogen werden (Gleichung A.5-146). Alternativ kann zur Annäherung an μ auch das Viskositätsmodell nach Sutherland mit drei Koeffizienten verwendet werden (siehe Tabelle A.5-5):

$$\mathrm{Re}^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\mathrm{mix}} \cdot \dot{n}_{\mathrm{ref}}}{\pi \cdot d_{\mathrm{t}} \cdot \mu} \qquad \text{(A.5-145)}$$

Dabei gilt:

d_t = Durchmesser der Einschnürung am Venturirohr mit subsonischer Strömung (SSV) [m]

M_{mix} = Molmasse des Gemischs [kg/mol]

$\dot{n}_{\mathrm{ref}}$ = Bezugsmoldurchsatz [mol/s]

und unter Verwendung des Viskositätsmodells nach Sutherland mit drei Koeffizienten:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{\mathrm{in}}}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{\mathrm{in}} + S} \right) \qquad \text{(A.5-146)}$$

Dabei gilt:

μ = dynamische Viskosität des Kalibriergases [kg/(m•s)]

μ_0 = Bezugsviskosität nach Sutherland [kg/(m·s)]

S = Sutherland-Konstante [K]

T_0 = Bezugstemperatur nach Sutherland [K]

T_{in} = absolute Temperatur am Eintritt des Venturirohrs [K]

Tabelle A.5-5

Parameter des Viskositätsmodells nach Sutherland mit drei Koeffizienten

Gas [a]	μ_0	T_0	S	Temperaturbereich innerhalb eines Fehlers von ± 2 %	Druckgrenzwert
	kg /(m•s)	K	K	K	kPa
Luft	$1{,}716 \times 10^{-5}$	273	111	170 bis 1 900	≤ 1 800
CO_2	$1{,}370 \times 10^{-5}$	273	222	190 bis 1 700	≤ 3 600
H_2O	$1{,}12 \times 10^{-5}$	350	1,064	360 bis 1 500	≤ 10 000
O_2	$1{,}919 \times 10^{-5}$	273	139	190 bis 2 000	≤ 2 500
N_2	$1{,}663 \times 10^{-5}$	273	107	100 bis 1 500	≤ 1 600

[a] Es sind die aufgeführten, nur für reine Gase geltenden Tabellenwerte zu verwenden.
Die Parameter dürfen zur Berechnung der Viskosität von Gasgemischen nicht kombiniert werden.

ii) Eine Gleichung für C_d bezogen auf $Re^{\#}$ ist unter Verwendung von Wertepaaren für ($Re^{\#}$, C_d) zu erstellen. C_d wird gemäß Gleichung (A.5-140) berechnet, wobei C_f Gleichung (A.5-141) entnommen wird, oder es kann stattdessen ein beliebiger mathematischer Ausdruck einschließlich einer Polynom- oder Potenzreihe verwendet werden. Bei Gleichung (A.5-147) handelt es sich um ein Beispiel für einen gängigen mathematischen Ausdruck, der dazu dient, C_d und $Re^{\#}$ miteinander in Beziehung zu setzen.

$$C_d = a_0 - a_1 \cdot \sqrt{\frac{10^6}{Re^{\#}}} \qquad \text{(A.5-147)}$$

iii) Zur Ermittlung der Koeffizienten mit der besten Übereinstimmung und zur Berechnung der Regressionsstatistik der Gleichung, der Standardabweichung vom Schätzwert *SEE* und des Bestimmungskoeffizienten r^2 wird eine Regressionsanalyse nach der Fehlerquadratmethode gemäß Anlage A.5 vorgenommen.

iv) Erfüllt die Gleichung die Kriterien *SEE* < 0,5 % $n_{ref\ max}$ (oder $\dot{m}_{refmax}$) und $r^2 \geq 0{,}995$, kann die Gleichung zur Ermittlung von C_d für Emissionsprüfungen gemäß Absatz A.2.6.3 Buchstabe b herangezogen werden.

v) Werden die Kriterien für *SEE* und r^2 nicht eingehalten, können zur Erfüllung der Regressionsstatistik nach bestem fachlichen Ermessen Messpunkte aus der Kalibrierung weggelassen werden. Zur Einhaltung der Kriterien müssen mindestens sieben Messpunkte aus der Kalibrierung verwendet werden.

vi) Können Ausreißer durch das Weglassen von Punkten nicht behoben werden, sind Abhilfemaßnahmen zu ergreifen. Beispielsweise ist ein anderer mathematischer Ausdruck für die Gleichung C_d bezogen auf $Re^{\#}$ zu wählen, das System ist auf Lecks zu prüfen oder der Kalibriervorgang muss wiederholt werden. Muss der Kalibriervorgang wiederholt werden, sind auf die Messungen engere Toleranzen anzuwenden, und für die Stabilisierung der Durchsätze ist mehr Zeit vorzusehen.

vii) Wenn die Gleichung die Regressionskriterien erfüllt, kann sie ausschließlich zur Ermittlung von Durchsätzen verwendet werden, die sich innerhalb des Bereichs der Referenzdurchsätze befinden, die zur Einhaltung der Regressionskriterien der Gleichung C_d bezogen auf $Re^{\#}$ herangezogen werden.

A.2.9.5. CFV-Kalibrierung

Einige CFV-Durchflussmessgeräte bestehen aus einem einzelnen Venturirohr, während sich andere aus mehreren Venturirohren zusammensetzen, wobei unterschiedliche Kombinationen von Venturirohren eingesetzt werden, um verschiedene Durchsätze zu messen. Für aus mehreren Venturirohren bestehende CFV-Durchflussmessgeräte kann entweder jedes Venturirohr einzeln kalibriert werden, um für jedes Venturirohr einen separaten Durchflusskoeffizienten C_d zu ermitteln, oder jede Kombination von Venturirohren kann gemeinsam kalibriert werden. Wird eine Kombination von Venturirohren kalibriert, dient die Summe der aktiven Flächen der Venturieinschnürungen als A_t, die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der aktiven Durchmesser der Venturieinschnürungen als d_t und das Verhältnis zwischen den Venturieinschnürungen und den Eintrittsdurchmessern als Verhältnis zwischen der Quadratwurzel aus der Summe der aktiven Durchmesser der Venturieinschnürungen (d_t) und dem Durchmesser des gemeinsamen Eingangs zu allen Venturirohren (D). Zur Ermittlung von C_d für ein einzelnes Venturirohr oder eine einzelne Kombination von Venturirohren ist folgendermaßen vorzugehen:

a) Mit den bei jedem Einstellwert der Kalibrierung gesammelten Daten ist anhand der Gleichung (A.5-140) für jeden Punkt ein eigener Wert C_d zu berechnen.

b) Der Mittelwert und die Standardabweichung aller C_d-Werte sind anhand der Gleichungen (A.5-155) und (A.5-156) zu berechnen.

c) Ist die Standardabweichung aller C_d-Werte kleiner oder gleich 0,3 % des Mittelwerts von C_d, wird in Gleichung (A.5-120) der Mittelwert von C_d eingesetzt und die CFV-Werte dürfen nur bis zum niedrigsten während der Kalibrierung gemessenen Wert r verwendet werden.

$$r = 1 - \left(\Delta p \, / \, p_{in} \right) \tag{A.5-148}$$

d) Überschreitet die Standardabweichung aller C_d-Werte 0,3 % des Mittelwerts von C_d, sind die C_d-Werte wegzulassen, die dem beim niedrigsten Wert r während der Kalibrierung gemessenen Datenpunkt entsprechen.

e) Verbleiben weniger als sieben Datenpunkte, sind Abhilfemaßnahmen wie die Überprüfung der Kalibrierdaten oder die Wiederholung des Kalibriervorgangs zu ergreifen. Wird der Kalibriervorgang wiederholt, wird empfohlen, eine Leckprüfung durchzuführen, auf die Messungen engere Toleranzen anzuwenden und für die Stabilisierung der Durchsätze mehr Zeit vorzusehen.

f) Verbleiben sieben oder mehr C_d-Werte, müssen der Mittelwert und die Standardabweichung der verbleibenden C_d-Werte neu berechnet werden:

g) Ist die Standardabweichung der verbleibenden C_d-Werte kleiner oder gleich 0,3 % des Mittelwerts der verbleibenden C_d-Werte, wird der Mittelwert von C_d in Gleichung (A.5-120) eingesetzt und die CFV-Werte dürfen nur bis zum niedrigsten zu den verbleibenden C_d-Werten gehörigen Wert r verwendet werden.

h) Überschreitet die Standardabweichung der verbleibenden C_d-Werte noch immer 0,3 % des Mittelwerts der verbleibenden C_d-Werte, sind die Schritte gemäß Buchstabe d bis g dieses Abschnitts zu wiederholen.

A.2.10. Driftkorrektur

A.2.10.1 Umfang und Häufigkeit

Mithilfe der Berechnungen gemäß dieser Anlage wird ermittelt, ob die Ergebnisse eines Prüfintervalls durch die Drift des Gasanalysators ungültig werden. Werden die Ergebnisse eines Prüfintervalls durch die Drift nicht ungültig, muss das Ansprechverhalten des Gasanalysators während des Prüfintervalls einer Driftkorrektur gemäß dieser Anlage unterzogen werden. Für alle nachfolgenden Emissionsberechnungen sind die driftkorrigierten Ergebnisse des Gasanalysators zu verwenden. Der zulässige Schwellenwert für die Drift des Gasanalysators über ein Prüfintervall ist in Anhang 4 Absatz 8.2.2.2 angegeben.

A.2.10.2. Korrekturgrundsätze

Für die Berechnungen gemäß dieser Anlage wird das zu einem Zeitpunkt vor und nach einem Prüfintervall ermittelte Ansprechverhalten eines Gasanalysators auf Bezugswerte für Null- und Justierkonzentrationen von Analysegasen herangezogen. Die Berechnungen dienen zur Korrektur des während eines Prüfintervalls aufgezeichneten Ansprechverhaltens des Gasanalysators. Die Korrektur beruht auf dem mittleren Ansprechverhalten des Analysators auf Bezugsnull- und Justiergase sowie auf den Bezugskonzentrationen der Null- und Justiergase selbst. Zur Validierung und Korrektur der Drift ist folgendermaßen vorzugehen:

A.2.10.3. Driftvalidierung

Nach der Anwendung aller anderen Korrekturen — mit Ausnahme der Driftkorrektur — auf alle Gasanalysatorsignale werden die bremsspezifischen Emissionen gemäß Absatz A.2.8 berechnet. Anschließend wird die Drift aller Gasanalysatorsignale gemäß dieser Anlage korrigiert. Bremsspezifische Emissionen sind unter Verwendung aller driftkorrigierten Gasanalysatorsignale neu zu berechnen. Die bremsspezifischen Emissionsergebnisse sind vor und nach der Driftkorrektur gemäß Anhang 4 Absatz 8.2.2.2 zu validieren und anzugeben.

A.2.10.4. Driftkorrekturen

Alle Gasanalysatorsignale sind folgendermaßen zu korrigieren:

a) Jede aufgezeichnete Konzentration x_i ist für die kontinuierliche Probenahme oder für die Stichprobenahme zu korrigieren $\overline{x}$.

b) Die Driftkorrektur ist anhand der Gleichung (A.5-149) zu berechnen:

$$x_{\text{indriftcor}} = x_{\text{refzero}} + \left(x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}\right)\frac{2x_i - \left(x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}}\right)}{\left(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}\right) - \left(x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}}\right)} \quad \text{(A.5-149)}$$

Dabei gilt:

$x_i$driftcor = driftkorrigierte Konzentration [µmol/mol]

x_{refzero} = Bezugswert der Konzentration des Nullgases; in der Regel null, es sei denn, ein anderer Wert ist bekannt [µmol/mol]

x_{refspan} = Bezugswert der Konzentration des Justiergases [µmol/mol]

x_{prespan} = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Justiergaskonzentration vor dem Prüfintervall [µmol/mol]

x_{postspan} = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Justiergaskonzentration nach dem Prüfintervall [µmol/mol]

x_i *oder* $\overline{x}$ = während der Prüfung vor der Driftkorrektur aufgezeichnete, d. h. gemessene Konzentration [µmol/mol]

x_{prezero} = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Nullgaskonzentration vor dem Prüfintervall [µmol/mol]

x_{postzero} = Ansprechverhalten des Gasanalysators in Bezug auf die Nullgaskonzentration nach dem Prüfintervall [µmol/mol]

c) In Bezug auf vor dem Prüfintervall gemessene Konzentrationen sind die jeweils aktuellsten vor dem Prüfintervall gemessenen Werte heranzuziehen. Bei manchen Prüfintervallen können die vor dem Prüfintervall gemessenen aktuellsten Null- oder Justiergaswerte vor einem oder mehreren vorangegangenen Prüfintervallen ermittelt worden sein;

d) In Bezug auf nach dem Prüfintervall gemessene Konzentrationen sind die aktuellsten nach dem Prüfintervall gemessenen Werte heranzuziehen. Bei manchen Prüfintervallen können die nach dem Prüfintervall gemessenen aktuellsten Null- oder Justiergaswerte nach einem oder mehreren aufeinanderfolgenden Prüfintervallen ermittelt worden sein;

e) Wird das Ansprechverhalten des Analysators in Bezug auf die Justiergaskonzentration x_{prespan} vor dem Prüfintervall nicht aufgezeichnet, ist x_{prespan} gleich dem Bezugswert der Konzentration des Justiergases zu setzen: $x_{\text{prespan}} = x_{\text{refspan}}$;

f) Wird das Ansprechverhalten des Analysators in Bezug auf die Nullgaskonzentration $x_{prezero}$ nicht aufgezeichnet, ist $x_{prezero}$ gleich dem Bezugswert der Konzentration des Nullgases zu setzen: $x_{prezero} = x_{refzero}$;

g) in der Regel beträgt der Bezugswert der Konzentration des Nullgases $x_{refzero}$ null: $x_{refzero}$ = 0 µmol/mol. In manchen Fällen kann jedoch bekannt sein, dass $x_{refzero}$ eine andere Konzentration als null aufweist. Wird beispielsweise ein CO_2-Analysator mithilfe von Umgebungsluft genullt, kann die CO_2-Standardkonzentration von Umgebungsluft, die 375 µmol/mol entspricht, verwendet werden. In diesem Fall gilt: $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol. Wird ein Analysator mithilfe eines Werts $x_{refzero}$ genullt, der nicht null entspricht, muss der Analysator so eingestellt werden, dass die tatsächliche $x_{refzero}$-Konzentration ermittelt wird. Ist beispielsweise $x_{refzero}$ = 375 µmol/mol, muss der Analysator den Wert 375 µmol/mol ausgeben, wenn das Nullgas in den Analysator geleitet wird.

ANLAGE 3

STATISTIK

A.3.1. Arithmetisches Mittel

Der arithmetische Mittelwert $\overline{y}$ ist wie folgt zu berechnen:

$$\overline{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \tag{A.5-150}$$

A.3.2. Standardabweichung

Die Standardabweichung für eine erwartungstreue (z. B. N–1) Probe σ ist wie folgt zu berechnen:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y})^2}{(N-1)}} \tag{A.5-151}$$

A.3.3. Quadratischer Mittelwert

Der quadratische Mittelwert rms_y ist wie folgt zu berechnen:

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i^2} \tag{A.5-152}$$

A.3.4. *t*-Test

Anhand der nachstehenden Gleichungen und Tabellen ist zu berechnen, ob die Daten einem *t*-Test standhalten:

a) Für einen unabhängigen *t*-Test ist die *t*-Statistik und ihre Anzahl von Freiheitsgraden *v* wie folgt zu berechnen:

$$t = \frac{|\overline{y}_{ref} - \overline{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \tag{A.5-153}$$

$$v = \frac{\left(\frac{\sigma_{ref}^2}{N_{ref}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{\left(\sigma_{ref}^2/N_{ref}\right)^2}{N_{ref}-1} + \frac{\left(\sigma_y^2/N\right)^2}{N-1}} \tag{A.5-154}$$

b) Für einen abhängigen *t*-Test ist die *t*-Statistik und ihre Anzahl von Freiheitsgraden *v* wie folgt zu berechnen, wobei zu beachten ist, dass es sich bei ε_i um die Fehler (z. B. Differenzen) zwischen jedem Paar y_{refi} und y_i handelt:

$$t = \frac{|\bar{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_\varepsilon} \qquad v = N - 1 \qquad \text{(A.5-155)}$$

c) Tabelle A.5.6 in diesem Absatz dient zum Abgleich der Werte *t* und t_{crit} bezogen auf die Anzahl der Freiheitsgrade. Liegt der Wert *t* niedriger als der Wert t_{crit}, hat *t* dem *t*-Test standgehalten.

Tabelle A.5.6

Kritische *t*-Werte bezogen auf die Anzahl der Freiheitsgrade v

v	Konfidenz	
	90 %	95 %
1	6,314	12,706
2	2,920	4,303
3	2,353	3,182
4	2,132	2,776
5	2,015	2,571
6	1,943	2,447
7	1,895	2,365
8	1,860	2,306
9	1,833	2,262
10	1,812	2,228
11	1,796	2,201
12	1,782	2,179
13	1,771	2,160
14	1,761	2,145
15	1,753	2,131
16	1,746	2,120
18	1,734	2,101
20	1,725	2,086
22	1,717	2,074
24	1,711	2,064
26	1,706	2,056
28	1,701	2,048
30	1,697	2,042
35	1,690	2,030
40	1,684	2,021
50	1,676	2,009
70	1,667	1,994
100	1,660	1,984
1000+	1,645	1,960

Nicht angeführte Werte sind durch lineare Interpolation zu bestimmen.

A.3.5. F-Test

Die *F*-Statistik ist wie folgt zu berechnen:

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \tag{A.5-156}$$

a) Für einen *F*-Test mit einem Konfidenzniveau von 90 % dient Tabelle A.5.7 in diesem Absatz zum Abgleich der Werte *F* und $F_{\text{crit}90}$ bezogen auf (N-1) und (N_{ref}-1). Liegt der Wert *F* niedriger als der Wert $F_{\text{crit}90}$, hat *F* dem *F*-Test mit einem Konfidenzniveau von 90 % standgehalten.

b) Für einen *F*-Test mit einem Konfidenzniveau von 95 % dient Tabelle A.5.8 in diesem Absatz zum Abgleich der Werte *F* und $F_{\text{crit}95}$ bezogen auf (N-1) und (N_{ref}-1). Liegt der Wert *F* niedriger als der Wert $F_{\text{crit}95}$, hat *F* dem *F*-Test mit einem Konfidenzniveau von 95 % standgehalten.

Tabelle A.5.7

Kritische *F*-Werte, F_{crit90} bezogen auf *N*-1 und N_{ref}-1 mit einem Konfidenzniveau von 90 %

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
N_{ref}-1																			
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,90	59,43	59,85	60,19	60,70	61,22	61,74	62,00	62,26	62,52	62,79	63,06	63,32
2	8,526	9,000	9,162	9,243	9,293	9,326	9,349	9,367	9,381	9,392	9,408	9,425	9,441	9,450	9,458	9,466	9,475	9,483	9,491
3	5,538	5,462	5,391	5,343	5,309	5,285	5,266	5,252	5,240	5,230	5,216	5,200	5,184	5,176	5,168	5,160	5,151	5,143	5,134
4	4,545	4,325	4,191	4,107	4,051	4,010	3,979	3,955	3,936	3,920	3,896	3,870	3,844	3,831	3,817	3,804	3,790	3,775	3,761
5	4,060	3,780	3,619	3,520	3,453	3,405	3,368	3,339	3,316	3,297	3,268	3,238	3,207	3,191	3,174	3,157	3,140	3,123	3,105
6	3,776	3,463	3,289	3,181	3,108	3,055	3,014	2,983	2,958	2,937	2,905	2,871	2,836	2,818	2,800	2,781	2,762	2,742	2,722
7	3,589	3,257	3,074	2,961	2,883	2,827	2,785	2,752	2,725	2,703	2,668	2,632	2,595	2,575	2,555	2,535	2,514	2,493	2,471
8	3,458	3,113	2,924	2,806	2,726	2,668	2,624	2,589	2,561	2,538	2,502	2,464	2,425	2,404	2,383	2,361	2,339	2,316	2,293
9	3,360	3,006	2,813	2,693	2,611	2,551	2,505	2,469	2,440	2,416	2,379	2,340	2,298	2,277	2,255	2,232	2,208	2,184	2,159
10	3,285	2,924	2,728	2,605	2,522	2,461	2,414	2,377	2,347	2,323	2,284	2,244	2,201	2,178	2,155	2,132	2,107	2,082	2,055
11	3,225	2,860	2,660	2,536	2,451	2,389	2,342	2,304	2,274	2,248	2,209	2,167	2,123	2,100	2,076	2,052	2,026	2,000	1,972
12	3,177	2,807	2,606	2,480	2,394	2,331	2,283	2,245	2,214	2,188	2,147	2,105	2,060	2,036	2,011	1,986	1,960	1,932	1,904
13	3,136	2,763	2,560	2,434	2,347	2,283	2,234	2,195	2,164	2,138	2,097	2,053	2,007	1,983	1,958	1,931	1,904	1,876	1,846
14	3,102	2,726	2,522	2,395	2,307	2,243	2,193	2,154	2,122	2,095	2,054	2,010	1,962	1,938	1,912	1,885	1,857	1,828	1,797
15	3,073	2,695	2,490	2,361	2,273	2,208	2,158	2,119	2,086	2,059	2,017	1,972	1,924	1,899	1,873	1,845	1,817	1,787	1,755
16	3,048	2,668	2,462	2,333	2,244	2,178	2,128	2,088	2,055	2,028	1,985	1,940	1,891	1,866	1,839	1,811	1,782	1,751	1,718
17	3,026	2,645	2,437	2,308	2,218	2,152	2,102	2,061	2,028	2,001	1,958	1,912	1,862	1,836	1,809	1,781	1,751	1,719	1,686
18	3,007	2,624	2,416	2,286	2,196	2,130	2,079	2,038	2,005	1,977	1,933	1,887	1,837	1,810	1,783	1,754	1,723	1,691	1,657
19	2,990	2,606	2,397	2,266	2,176	2,109	2,058	2,017	1,984	1,956	1,912	1,865	1,814	1,787	1,759	1,730	1,699	1,666	1,631
20	2,975	2,589	2,380	2,249	2,158	2,091	2,040	1,999	1,965	1,937	1,892	1,845	1,794	1,767	1,738	1,708	1,677	1,643	1,607
21	2,961	2,575	2,365	2,233	2,142	2,075	2,023	1,982	1,948	1,920	1,875	1,827	1,776	1,748	1,719	1,689	1,657	1,623	1,586
22	2,949	2,561	2,351	2,219	2,128	2,061	2,008	1,967	1,933	1,904	1,859	1,811	1,759	1,731	1,702	1,671	1,639	1,604	1,567
23	2,937	2,549	2,339	2,207	2,115	2,047	1,995	1,953	1,919	1,890	1,845	1,796	1,744	1,716	1,686	1,655	1,622	1,587	1,549

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
24	2,927	2,538	2,327	2,195	2,103	2,035	1,983	1,941	1,906	1,877	1,832	1,783	1,730	1,702	1,672	1,641	1,607	1,571	1,533
25	2,918	2,528	2,317	2,184	2,092	2,024	1,971	1,929	1,895	1,866	1,820	1,771	1,718	1,689	1,659	1,627	1,593	1,557	1,518
26	2,909	2,519	2,307	2,174	2,082	2,014	1,961	1,919	1,884	1,855	1,809	1,760	1,706	1,677	1,647	1,615	1,581	1,544	1,504
27	2,901	2,511	2,299	2,165	2,073	2,005	1,952	1,909	1,874	1,845	1,799	1,749	1,695	1,666	1,636	1,603	1,569	1,531	1,491
28	2,894	2,503	2,291	2,157	2,064	1,996	1,943	1,900	1,865	1,836	1,790	1,740	1,685	1,656	1,625	1,593	1,558	1,520	1,478
29	2,887	2,495	2,283	2,149	2,057	1,988	1,935	1,892	1,857	1,827	1,781	1,731	1,676	1,647	1,616	1,583	1,547	1,509	1,467
30	2,881	2,489	2,276	2,142	2,049	1,980	1,927	1,884	1,849	1,819	1,773	1,722	1,667	1,638	1,606	1,573	1,538	1,499	1,456
40	2,835	2,440	2,226	2,091	1,997	1,927	1,873	1,829	1,793	1,763	1,715	1,662	1,605	1,574	1,541	1,506	1,467	1,425	1,377
60	2,791	2,393	2,177	2,041	1,946	1,875	1,819	1,775	1,738	1,707	1,657	1,603	1,543	1,511	1,476	1,437	1,395	1,348	1,291
120	2,748	2,347	2,130	1,992	1,896	1,824	1,767	1,722	1,684	1,652	1,601	1,545	1,482	1,447	1,409	1,368	1,320	1,265	1,193
1000+	2,706	2,303	2,084	1,945	1,847	1,774	1,717	1,670	1,632	1,599	1,546	1,487	1,421	1,383	1,342	1,295	1,240	1,169	1,000

Tabelle A.5.8

Kritische *F*-Werte, F_{crit95} bezogen auf N-1 und N_{ref}-1 mit einem Konfidenzniveau von 95 %

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
N_{ref}-1																			
1	161,4	199,5	215,7	224,5	230,1	233,9	236,7	238,8	240,5	241,8	243,9	245,9	248,0	249,0	250,1	251,1	252,2	253,2	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,24	19,29	19,33	19,35	19,37	19,38	19,39	19,41	19,42	19,44	19,45	19,46	19,47	19,47	19,48	19,49
3	10,12	9,552	9,277	9,117	9,014	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,745	8,703	8,660	8,639	8,617	8,594	8,572	8,549	8,526
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,912	5,858	5,803	5,774	5,746	5,717	5,688	5,658	5,628
5	6,608	5,786	5,410	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,773	4,735	4,678	4,619	4,558	4,527	4,496	4,464	4,431	4,399	4,365
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,000	3,938	3,874	3,842	3,808	3,774	3,740	3,705	3,669
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,575	3,511	3,445	3,411	3,376	3,340	3,304	3,267	3,230
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,688	3,581	3,501	3,438	3,388	3,347	3,284	3,218	3,150	3,115	3,079	3,043	3,005	2,967	2,928
9	5,117	4,257	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,073	3,006	2,937	2,901	2,864	2,826	2,787	2,748	2,707
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,136	3,072	3,020	2,978	2,913	2,845	2,774	2,737	2,700	2,661	2,621	2,580	2,538

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,788	2,719	2,646	2,609	2,571	2,531	2,490	2,448	2,405
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,753	2,687	2,617	2,544	2,506	2,466	2,426	2,384	2,341	2,296
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,604	2,533	2,459	2,420	2,380	2,339	2,297	2,252	2,206
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,534	2,463	2,388	2,349	2,308	2,266	2,223	2,178	2,131
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,791	2,707	2,641	2,588	2,544	2,475	2,403	2,328	2,288	2,247	2,204	2,160	2,114	2,066
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,425	2,352	2,276	2,235	2,194	2,151	2,106	2,059	2,010
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,381	2,308	2,230	2,190	2,148	2,104	2,058	2,011	1,960
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510	2,456	2,412	2,342	2,269	2,191	2,150	2,107	2,063	2,017	1,968	1,917
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477	2,423	2,378	2,308	2,234	2,156	2,114	2,071	2,026	1,980	1,930	1,878
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348	2,278	2,203	2,124	2,083	2,039	1,994	1,946	1,896	1,843
21	4,325	3,467	3,073	2,840	2,685	2,573	2,488	2,421	2,366	2,321	2,250	2,176	2,096	2,054	2,010	1,965	1,917	1,866	1,812
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397	2,342	2,297	2,226	2,151	2,071	2,028	1,984	1,938	1,889	1,838	1,783
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375	2,320	2,275	2,204	2,128	2,048	2,005	1,961	1,914	1,865	1,813	1,757
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355	2,300	2,255	2,183	2,108	2,027	1,984	1,939	1,892	1,842	1,790	1,733
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337	2,282	2,237	2,165	2,089	2,008	1,964	1,919	1,872	1,822	1,768	1,711
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,266	2,220	2,148	2,072	1,990	1,946	1,901	1,853	1,803	1,749	1,691
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305	2,250	2,204	2,132	2,056	1,974	1,930	1,884	1,836	1,785	1,731	1,672
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291	2,236	2,190	2,118	2,041	1,959	1,915	1,869	1,820	1,769	1,714	1,654
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278	2,223	2,177	2,105	2,028	1,945	1,901	1,854	1,806	1,754	1,698	1,638
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165	2,092	2,015	1,932	1,887	1,841	1,792	1,740	1,684	1,622
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,450	2,336	2,249	2,180	2,124	2,077	2,004	1,925	1,839	1,793	1,744	1,693	1,637	1,577	1,509
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,040	1,993	1,917	1,836	1,748	1,700	1,649	1,594	1,534	1,467	1,389
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087	2,016	1,959	1,911	1,834	1,751	1,659	1,608	1,554	1,495	1,429	1,352	1,254
1000+	3,842	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,752	1,666	1,571	1,517	1,459	1,394	1,318	1,221	1,000

A.3.6. Steigung

Die Steigung der Regressionsgeraden a_{1y} ist nach der Fehlerquadratmethode wie folgt zu berechnen:

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} (y_i - \bar{y}) \cdot (y_{refi} - \bar{y}_{ref})}{\sum_{i=1}^{N} (y_{refi} - \bar{y}_{ref})^2} \quad \text{(A.5-157)}$$

A.3.7. Achsabschnitt

Der Achsabschnitt der Regressionsgeraden a_{0y} ist nach der Fehlerquadratmethode wie folgt zu berechnen:

$$a_{0y} = \bar{y} - \left(a_{1y} \cdot \bar{y}_{ref} \right) \quad \text{(A.5-158)}$$

A.3.8. Standardabweichung vom Schätzwert

Die Standardabweichung vom Schätzwert *SEE* ist wie folgt zu berechnen:

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} \left[y_i - a_{0y} - \left(a_{1y} \cdot y_{refi} \right) \right]^2}{N - 2}} \quad \text{(A.5-159)}$$

A.3.9. Bestimmungskoeffizient

Der Bestimmungskoeffizient r^2 ist wie folgt zu berechnen:

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N} \left[y_i - a_{0y} - \left(a_{1y} \cdot y_{refi} \right) \right]^2}{\sum_{i=1}^{N} \left[y_i - \bar{y} \right]^2} \quad \text{(A.5-160)}$$

ANLAGE 4

INTERNATIONALE SCHWEREFORMEL VON 1980

Die Erdbeschleunigung a_g unterscheidet sich abhängig vom jeweiligen Ort. a_g ist für den entsprechenden Breitengrad wie folgt zu berechnen:

$$a_g = 9{,}7803267715\left[1 + 5{,}2790414\times10^{-3}\sin^2\theta + 2{,}32718\times10^{-5}\sin^4\theta + 1{,}262\times10^{-7}\sin^6\theta + 7\times10^{-10}\sin^8\theta\right] \quad \text{(A.5-161)}$$

Dabei gilt:

ϑ = Grad nördlicher oder südlicher Breite

ANLAGE A.5

ÜBERPRÜFUNG DES KOHLENSTOFFDURCHSATZES

A.5.1. Einleitung

Bis auf einen winzigen Teil stammt der gesamte Kohlenstoff im Abgas aus dem Kraftstoff und bis auf einen minimalen Anteil ist er im Abgas als CO_2 feststellbar. Dies bildet die Grundlage für eine Überprüfung des Systems anhand von CO_2-Messungen.

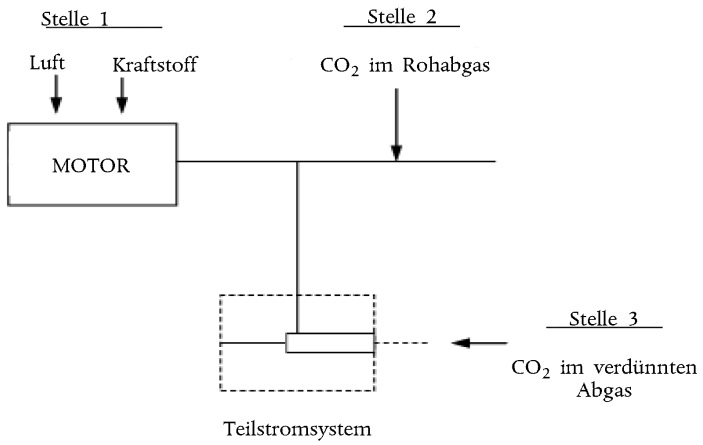
Der Kohlenstoffdurchsatz in die Abgasmesssysteme hinein wird aufgrund des Kraftstoffdurchsatzes ermittelt. An mehreren Probenahmestellen innerhalb der Probenahmesysteme für Emissionen und Partikel wird der Kohlenstoffdurchsatz anhand der CO_2-Konzentrationen und der Gasdurchsätze an diesen Stellen bestimmt.

Demzufolge stellt der Motor eine bekannte Quelle eines Kohlenstoffdurchsatzes dar, und die Beobachtung dieses Kohlenstoffdurchsatzes im Auspuffrohr und am Austritt des Teilstrom-PM-Probenahmesystems ermöglicht die Überprüfung auf Leckdichtigkeit und Genauigkeit der Durchsatzmessung. Diese Prüfung hat den Vorteil, dass die Bestandteile hinsichtlich Temperatur und Durchsatz unter tatsächlichen Motorprüfbedingungen arbeiten.

In der nachstehenden Abbildung A.5-1 sind die Probenahmestellen eingetragen, an denen die Kohlenstoffdurchsätze zu prüfen sind. Die spezifischen Gleichungen für die Kohlenstoffdurchsätze an jeder der Probenahmestellen werden im Folgenden angegeben.

Abbildung A.5-1

Messstellen für die Überprüfung des Kohlenstoffdurchsatzes



A.5.2. Kohlenstoffdurchsatz am Motoreintritt (Stelle 1)

Der Kohlenstoff-Massendurchsatz in den Motor q_{mCf} [kg/s] für einen Kraftstoff CH_aO_ε ist wie folgt zu berechnen:

$$q_{mCf} = \frac{12{,}011}{12{,}011 + \alpha + 15{,}9994 \cdot \varepsilon} \cdot q_{mf} \qquad \text{(A.5-162)}$$

Dabei gilt:

q_{mf} = Massendurchsatz des Kraftstoffs [kg/s]

A.5.3. Kohlenstoffdurchsatz im Rohabgas (Stelle 2)

Der Kohlenstoff-Massendurchsatz im Auspuffrohr des Motors q_{mCe} [kg/s] wird aus der Konzentration des rohen CO_2 und dem Massendurchsatz des Abgases bestimmt:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO2,r} - c_{CO2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \quad \text{(A.5-163)}$$

Dabei gilt:

$c_{CO2,r}$ = Konzentration des feuchten CO_2 im Rohabgas [%]

$c_{CO2,a}$ = Konzentration des feuchten CO_2 in der Umgebungsluft [%]

q_{mew} = Massendurchsatz des Abgases, feucht [kg/s]

M_e = Molmasse des Abgases [g/mol]

Wird die CO_2-Konzentration für den trockenen Bezugszustand gemessen, so ist sie gemäß Absatz A.7.3.2 oder A.8.2.2 in den feuchten Bezugszustand umzurechnen.

A.5.4. Kohlenstoffdurchsatz im Verdünnungssystem (Stelle 3)

Bei einem Teilstrom-Verdünnungssystem ist auch das Teilungsverhältnis zu berücksichtigen. Der Kohlenstoffdurchsatz in einem äquivalenten Verdünnungssystem q_{mCp} [kg/s] (d. h. einem zu einem Vollstromsystem äquivalenten System, in dem der Gesamtdurchsatz verdünnt wird) wird aus der verdünnten CO_2-Konzentration, dem Massendurchsatz des Abgases und dem Probendurchsatz bestimmt; mit Ausnahme des Verdünnungsfaktors q_{mdew}/q_{mp} entspricht die neue Gleichung der Gleichung (A.5-2).

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO2,d} - c_{CO2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12{,}011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \quad \text{(A.5-164)}$$

Dabei gilt:

$c_{CO2,d}$ = Konzentration des feuchten CO_2 im verdünnten Abgas am Austritt des Verdünnungstunnels [%]

$c_{CO2,a}$ = Konzentration des feuchten CO_2 in der Umgebungsluft [%]

q_{mdew} = Durchsatz der verdünnten Probe im Teilstrom-Verdünnungssystem [kg/s]

q_{mew} = Massendurchsatz des Abgases, feucht [kg/s]

q_{mp} = Probendurchsatz des Abgases in das Teilstrom-Verdünnungssystem [kg/s]

M_e = Molmasse des Abgases [g/mol]

Wird die CO_2-Konzentration für den trockenen Bezugszustand gemessen, so ist sie gemäß Absatz A.7.3.2 oder A.8.2.2 in den feuchten Bezugszustand umzurechnen.

A.5.5. Berechnung der Molmasse des Abgases

Die Molmasse des Abgases ist gemäß Gleichung (A.8-15) in Absatz A.8.2.4.2 zu berechnen.

Alternativ kann mit folgenden Molmassen des Abgases gerechnet werden:

M_e (Diesel) = 28,9 g/mol

ANLAGE 6

BERECHNUNG DER PARTIKELZAHL (PN)

A.6.1. Bestimmung der Partikelzahl

A.6.1.1. Zeitabgleich

Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen ist die Verweilzeit im System zur Partikel-Probenahme und -Messung durch einen Zeitabgleich des Signals der Partikelzahl mit dem Prüfzyklus und dem Wert des Massendurchsatzes des Abgases gemäß dem in Anhang 4 Absatz 8.2.1.2 beschriebenen Verfahren nachzuweisen. Die Wandlungszeit des Systems zur Partikel-Probenahme und -Messung ist gemäß Anhang 4 Anlage A.1 Absatz A.1.1.3.7 zu bestimmen.

A.6.1.2. Bestimmung der Partikelzahl für dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasenzyklen (RMC) bei einem Teilstrom-Verdünnungssystem

Wird für die Partikel-Probenahme ein Teilstrom-Verdünnungssystem gemäß den Spezifikationen nach Anhang 4 Absatz 9.2.3 verwendet, so ist die Anzahl der im Prüfzyklus abgegebenen Partikel anhand der Gleichung (A.5-165) zu berechnen:

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \overline{c}_s \cdot \overline{f}_r \cdot 10^6 \qquad \text{(A.5-165)}$$

Dabei ist:

N die Anzahl der im Prüfzyklus abgegebenen Partikel [#/Prüfung]

m_{edf} die nach Gleichung (A.5-45) (Absatz A.1.3.1.1.2.) bestimmte Masse des äquivalenten verdünnten Abgases über den Zyklus [kg/Prüfung]

k der Kalibrierfaktor zur Berichtigung der Messungen des Partikelzählers in Bezug auf die Normalmesseinrichtung, falls dies nicht automatisch im Partikelzähler erfolgt; wird der Kalibrierfaktor automatisch im Partikelzähler angewendet, so ist in Gleichung (A.5-165) für k der Wert 1 zu verwenden

$\overline{c}_s$ die durchschnittliche, in Bezug auf die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte Konzentration der Partikel aus dem verdünnten Abgas, Partikel pro Kubikzentimeter

$\overline{f}_r$ Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration für den Entferner flüchtiger Partikel und die in der Prüfung verwendeten Verdünnungswerte

mit:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \qquad \text{(A.5-166)}$$

Dabei gilt:

$c_{s,i}$ ist eine diskrete und in Bezug auf die Koinzidenz und die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte, durch den Partikelzähler erfolgende Messung der Partikelkonzentration im verdünnten Abgas, Partikel pro Kubikzentimeter

n die Anzahl der über die gesamte Prüfdauer erfolgten Messungen der Partikelkonzentration.

A.6.1.3. Bestimmung der Partikelzahl für dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasenzyklen (RMC) bei einem Vollstrom-Verdünnungssystem

Wird für die Partikel-Probenahme ein Vollstrom-Verdünnungssystem gemäß den Spezifikationen nach Anhang 4 Absatz A.9.2.2 verwendet, so ist die Anzahl der im Prüfzyklus abgegebenen Partikel mithilfe der Gleichung (A.5-167) zu berechnen:

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6 \quad \text{(A.5-167)}$$

Dabei gilt:

N die Anzahl der im Prüfzyklus abgegebenen Partikel [#/Prüfung]

m_{ed} der Gesamtdurchfluss des verdünnten Abgases im Zyklus, berechnet nach einem der in Anhang 5 Absatz A.1.2.4.1 bis A.1.2.4.3 beschriebenen Verfahren, kg/Prüfung

k der Kalibrierfaktor zur Berichtigung der Messungen des Partikelzählers in Bezug auf die Normalmesseinrichtung, falls dies nicht automatisch im Partikelzähler erfolgt. Wird der Kalibrierfaktor automatisch im Partikelzähler angewendet, so ist in Gleichung (A.5-167) für k der Wert 1 zu verwenden

$\bar{c}_s$ die durchschnittliche, in Bezug auf die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte Konzentration der Partikel aus dem verdünnten Abgas, Partikel pro Kubikzentimeter

$\bar{f}_r$ Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration für den Entferner flüchtiger Partikel und die in der Prüfung verwendeten Verdünnungswerte

mit:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-168)}$$

Dabei gilt:

$c_{s,i}$ ist eine diskrete und in Bezug auf die Koinzidenz und die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte, durch den Partikelzähler erfolgende Messung der Partikelkonzentration im verdünnten Abgas, Partikel pro Kubikzentimeter

n die Anzahl der über die gesamte Prüfdauer erfolgten Messungen der Partikelkonzentration.

A.6.1.4. Bestimmung der Partikelzahl für Einzelphasen-NRSC mit einem Teilstrom-Verdünnungssystem

Wird für die Partikel-Probenahme ein Teilstrom-Verdünnungssystem gemäß den Spezifikationen in Anhang 4 Absatz 9.2.3 verwendet, so ist der Partikelemissionsdurchsatz während jeder Einzelphase unter Verwendung der Durchschnittswerte für die Phase anhand der Gleichung (A.5-169) zu berechnen:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1,293} \times k \times \bar{c}_s \times \bar{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad \text{(A.5-169)}$$

Dabei ist

$\dot{N}$ der Partikel-Emissionswert während einer Einzelphase [#/h],

q_{medf} der nach Gleichung (A.5-51) (Absatz A.1.3.2.1) bestimmte äquivalente Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht, während einer Einzelphase, [kg/s]

k der Kalibrierfaktor zur Berichtigung der Messungen des Partikelzählers in Bezug auf die Normalmesseinrichtung, falls dies nicht automatisch im Partikelzähler erfolgt. Wird der Kalibrierfaktor automatisch im Partikelzähler angewendet, so ist in Gleichung (A.5-169) für k der Wert 1 zu verwenden

$\overline{c}_s$ die durchschnittliche, in Bezug auf die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte Konzentration der Partikel aus dem verdünnten Abgas während einer Einzelphase, Partikel/cm³

$\overline{f_r}$ Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration für den Entferner flüchtiger Partikel und die in der Prüfung verwendeten Verdünnungswerte

mit:

$$\overline{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-170)}$$

Dabei gilt:

$c_{s,i}$ ist eine diskrete und in Bezug auf die Koinzidenz und die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte, durch den Partikelzähler erfolgende Messung der Partikelkonzentration im verdünnten Abgas, Partikel pro Kubikzentimeter

n ist die Anzahl der in der während der Probenahme in den Einzelphasen-Prüfungen erfolgten Messungen der Partikelkonzentration

A.6.1.5. Bestimmung der Partikelzahl für Einzelphasen-Prüfzyklen mit einem Vollstrom-Verdünnungssystem

Wird für die Partikel-Probenahme ein Vollstrom-Verdünnungssystem gemäß den Spezifikationen nach Anhang 4 Absatz A.9.2.2 verwendet, so ist der Partikelemissionsdurchsatz während jeder Einzelphase unter Verwendung der Durchschnittswerte für die Phase anhand der Gleichung (A.5-171) zu berechnen:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1{,}293} \times k \times \overline{c}_s \times \overline{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad \text{(A.5-171)}$$

Dabei gilt:

$\dot{N}$ der Partikel-Emissionswert während einer Einzelphase [#/h]

q_{mdew} der momentane Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht, während einer Einzelphase [kg/s]

k der Kalibrierfaktor zur Berichtigung der Messungen des Partikelzählers in Bezug auf die Normalmesseinrichtung, falls dies nicht automatisch im Partikelzähler erfolgt. Wird der Kalibrierfaktor automatisch im Partikelzähler angewendet, so ist in Gleichung (A.5-171) für k der Wert 1 zu verwenden

$\overline{c}_s$ die durchschnittliche, in Bezug auf die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte Konzentration der Partikel aus dem verdünnten Abgas während einer Einzelphase, Partikel/cm³

$\overline{f_r}$ Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration für den Entferner flüchtiger Partikel und die in der Prüfung verwendeten Verdünnungswerte

mit:

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad \text{(A.5-172)}$$

Dabei gilt:

$c_{s,i}$ ist eine diskrete und in Bezug auf die Koinzidenz und die Standardbedingungen (273,15 K und 101,33 kPa) berichtigte, durch den Partikelzähler erfolgende Messung der Partikelkonzentration im verdünnten Abgas, Partikel pro Kubikzentimeter

n ist die Anzahl der in der während der Probenahme in den Einzelphasen-Prüfungen erfolgten Messungen der Partikelkonzentration

A.6.2. Prüfergebnis

A.6.2.1. Berechnung der spezifischen Emissionen für dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen (RMC)

Für jede einschlägige RMC-Prüfung, NRTC-Prüfung mit Warmstart und NRTC-Prüfung mit Kaltstart sind die spezifischen Emissionen als Anzahl der Partikel/kWh anhand der Gleichung (A.5-173) zu berechnen:

$$e = \frac{N}{W_{act}} \quad \text{(A.5-173)}$$

Dabei gilt:

N Anzahl der im jeweiligen RMC, NRTC-Prüflauf mit Warmstart oder NRTC-Prüflauf mit Kaltstart abgegebenen Partikel

W_{act} tatsächliche Zyklusarbeit nach Anhang 4 Absatz 7.8.3.4 [kWh]

Für RMC-Prüfungen sind die spezifischen Emissionen bei einem Motor mit sporadischer (periodischer) Regenerierung des Abgasnachbehandlungssystems (siehe Anhang 4 Absatz 6.6.2) entweder anhand des einschlägigen multiplikativen Anpassungsfaktors oder des einschlägigen additiven Anpassungsfaktors zu korrigieren. Fand während der Prüfung keine sporadische Regenerierung statt, so ist der aufwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{ru,m}$ oder $k_{ru,a}$). Fand während der Prüfung eine sporadische Regenerierung statt, so ist der abwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{rd,m}$ oder $k_{rd,a}$).

Bei RMC ist das Endergebnis außerdem mit dem gemäß Anhang 8 bestimmten einschlägigen multiplikativen oder additiven Verschlechterungsfaktor zu korrigieren.

A.6.2.1.1. Gewichtetes mittleres NRTC-Prüfergebnis

Für den NRTC ist das endgültige Prüfergebnis ein gewichteter Mittelwert aus dem Prüflauf mit Kaltstart und dem Prüflauf mit Warmstart (und gegebenenfalls sporadischer Regenerierung), berechnet anhand der Gleichung (A.5-174) oder (A.5-175):

a) Bei multiplikativer Anpassung der Regenerierung oder bei Motoren mit einem Abgasnachbehandlungssystem ohne periodische Regenerierung

$$e = k_r \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act.hot})} \right) \quad \text{(A.5-174)}$$

b) Bei additiver Anpassung der Regenerierung

$$e = k_r + \left(\frac{(0{,}1 \times N_{cold}) + (0{,}9 \times N_{hot})}{(0{,}1 \times W_{act,cold}) + (0{,}9 \times W_{act,hot})} \right) \quad \text{(A.5-175)}$$

Dabei gilt:

N_{cold} Gesamtzahl der im NRTC-Kaltstartprüfzyklus abgegebenen Partikel

N_{hot} Gesamtzahl der im NRTC-Warmstartprüfzyklus abgegebenen Partike,

$W_{act,cold}$ tatsächliche Zyklusarbeit im NRTC-Kaltstartprüfzyklus nach Anhang 4 Absatz 7.8.3.4 [kWh]

$W_{act,\,hot}$ tatsächliche Zyklusarbeit im NRTC-Warmstartprüfzyklus nach Anhang 4 Absatz 7.8.3.4 [kWh]

k_r Anpassung der Regenerierung gemäß Anhang 4 Absatz 6.6.2 oder bei Motoren mit einem Abgasnachbehandlungssystem ohne sporadische Regenerierung $k_r = 1$

Fand während der Prüfung keine sporadische Regenerierung statt, so ist der aufwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{ru,m}$ oder $k_{ru,a}$). Fand während der Prüfung eine sporadische Regenerierung statt, so ist der abwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{rd,m}$ oder $k_{rd,a}$).

Das Ergebnis ist, gegebenenfalls einschließlich des Anpassungsfaktors für sporadische Regenerierung, außerdem mit dem gemäß den Anforderungen nach Anhang 8 bestimmten einschlägigen multiplikativen oder additiven Verschlechterungsfaktor zu korrigieren.

A.6.2.2. Berechnung der spezifischen Emissionen für Einzelphasen-NRSC-Prüfungen

Die spezifischen Emissionen e [#/kWh] sind anhand der Gleichung (A.5-176) zu berechnen:

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{N}_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad \text{(A.5-176)}$$

Dabei gilt:

P_i = Motorleistung für die Prüfphase i [kW]; diese wird berechnet durch Addition der gemessenen Leistung P_{meas} [kW] und der für den Betrieb von Hilfseinrichtungen erforderlichen Leistung P_{AUX} [kW], die nach der Gleichung (A.4-8) in Anhang 4 berechnet wird. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = Gewichtungsfaktor für die Prüfphase i [-]

$\dot{N}_i$ = der mittlere Partikelzahl-Durchsatz für die Prüfphase i [#/h] gemäß Gleichung (A.5-169) oder (A.5-171), abhängig vom Verdünnungsverfahren

Bei einem Motor mit sporadischer (periodischer) Regenerierung des Abgasnachbehandlungssystems (siehe Anhang 4 Absatz 6.6.2) sind die spezifischen Emissionen entweder anhand des einschlägigen multiplikativen Anpassungsfaktors oder des einschlägigen additiven Anpassungsfaktors zu korrigieren. Fand während der Prüfung keine sporadische Regenerierung statt, so ist der aufwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{ru,m}$ oder $k_{ru,a}$). Fand während der Prüfung eine sporadische Regenerierung statt, so ist der abwärtswirksame Anpassungsfaktor anzuwenden ($k_{rd,m}$ oder $k_{rd,a}$). Wurden für jede Prüfphase Anpassungsfaktoren bestimmt, werden diese bei der Berechnung des gewichteten Emissionsergebnisses nach Gleichung (A.5-176) auf jede Phase angewendet.

Das Ergebnis ist, gegebenenfalls einschließlich des Anpassungsfaktors für sporadische Regenerierung, außerdem mit dem gemäß den Anforderungen nach Anhang 8 bestimmten einschlägigen multiplikativen oder additiven Verschlechterungsfaktor zu korrigieren.

A.6.2.3. Runden von Endergebnissen

Die endgültigen NRTC- und die gewichteten mittleren NRTC-Prüfergebnisse sind in einem Schritt auf drei signifikante Stellen gemäß ASTM E 29–06B zu runden. Zwischenwerte, aus denen die endgültigen bremsspezifischen Emissionen errechnet werden, dürfen nicht gerundet werden.

A.6.2.4. Bestimmung des Hintergrunds der Partikelzahl

A.6.2.4.1. Auf Antrag des Motorenherstellers kann vor oder nach der Prüfung eine Probenahme der Hintergrundkonzentration der Partikelzahl im Verdünnungstunnel an einer Stelle erfolgen, die sich hinter den Partikel- und Kohlenwasserstofffiltern in Richtung der Partikelzahl-Messeinrichtung befindet, um die Hintergrundkonzentration der Partikelzahl im Verdünnungstunnel zu bestimmen.

A.6.2.4.2. Die Subtraktion der Hintergrundkonzentrationen der Partikelzahl im Verdünnungstunnel ist für die Typgenehmigung nicht erlaubt; sie kann aber auf Antrag des Herstellers und nach der vorhergehenden Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde für die Überprüfung der Übereinstimmung der Produktion verwendet werden, wenn nachgewiesen wird, dass der Beitrag des Tunnelhintergrunds signifikant ist. Dieser kann dann von den im verdünnten Abgas gemessenen Werten abgezogen werden.

ANLAGE 7

BERECHNUNG DER AMMONIAK-EMISSIONEN

A.7.1. Berechnung der mittleren Konzentration für dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und gestufte Mehrphasen-Prüfzyklen (RMC)

Die mittlere NH3-Konzentration im Abgas über den Prüfzyklus c_{NH_3} [ppm] ist durch Integrieren der momentanen Werte über den Zyklus zu bestimmen. Es ist Gleichung (A.5-177) zu verwenden:

$$c_{NH_3} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} c_{NH_3,i} \quad \text{(A.5-177)}$$

Dabei gilt:

$c_{NH_3,i}$ die momentane NH_3-Konzentration im Abgas [ppm]

n die Anzahl der Messungen

Für die NRTC-Prüfung ist das endgültige Prüfergebnis anhand der Gleichung (A.5-178) zu berechnen:

$$c_{NH_3} = (0{,}1 \times c_{NH_3,cold}) + (0{,}9 \times c_{NH_3,hot}) \quad \text{(A.5-178)}$$

Dabei gilt:

$c_{NH_3,cold}$ die mittlere NH3-Konzentration bei Kaltstartprüfung [ppm]

$c_{NH_3,hot}$ die mittlere NH3-Konzentration bei Warmstartprüfung [ppm]

A.7.2. Berechnung der mittleren Konzentration für Einzelphasen-NRSC-Prüfungen

Die mittlere NH_3-Konzentration im Abgas über den Prüfzyklus c_{NH_3} [ppm] ist durch Messung der mittleren Konzentration für jede Phase und die Gewichtung des Ergebnisses anhand der für den Prüfzyklus geltenden Gewichtungsfaktoren zu bestimmen. Es ist Gleichung (A.5-179) zu verwenden:

$$c_{NH_3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \overline{c}_{NH_3,i} \cdot WF_i \quad \text{(A.5-179)}$$

Dabei gilt:

$\overline{c}_{NH_3,i}$ die durchschnittliche NH3-Konzentration im Abgas in der Prüfphase i [ppm]

N_{mode} die Anzahl der Phasen im Prüfzyklus

WF_i der Gewichtungsfaktor für die Prüfphase i [-]

ANHANG 6

TECHNISCHE DATEN DER BEZUGSKRAFTSTOFFE FÜR DIE GENEHMIGUNGSPRÜFUNGEN UND ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION

1. Technische Daten der Kraftstoffe für die Prüfung von Kraftfahrzeugen mit Selbstzündungsmotoren

1.1. Typ: Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl)

Parameter	Einheit	Grenzwerte [1]		Prüfmethode
		min.	max.	
Cetanzahl [2]		45	56,0	EN-ISO 5165
Dichte bei 15 °C	kg/m³	833	865	EN-ISO 3675
Siedeverlauf:				
50 %-Punkt	°C	245	—	EN-ISO 3405
95 %-Punkt	°C	345	350	EN-ISO 3405
Siedeende	°C	—	370	EN-ISO 3405
Flammpunkt	°C	55	—	EN 22719
CFPP	°C	—	−5	EN 116
Viskosität bei 40 °C	mm²/s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Masse-%	2,0	6,0	IP 391
Schwefelgehalt [3]	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Kupferkorrosion		—	Klasse 1	EN-ISO 2160
Conradsonzahl (10 % Rückstand)	Masse-%	—	0,2	EN-ISO 10370
Aschegehalt	Masse-%	—	0,01	EN-ISO 6245
Gesamtverunreinigung	mg/kg	—	24	EN 12662

Parameter	Einheit	Grenzwerte (1)		Prüfmethode
		min.	max.	
Wassergehalt	Masse-%	—	0,02	EN-ISO 12937
Säurezahl (starke Säure)	mg KOH/g	—	0,10	ASTM D 974
Oxidationsbeständigkeit (3)	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Schmierfähigkeit (Durchmesser der Verschleißfläche nach HFRR bei 60 °C)	µm	—	400	CEC F-06-A-96
Oxidationsbeständigkeit bei 110 °C (3)	H	20,0	—	EN 15751
Fettsäuremethylester	% v/v	—	7,0	EN 14078

(1) Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind „tatsächliche Werte". Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte wurden die Bestimmungen der Norm ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse — Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren"angewendet, und bei der Festlegung eines Mindestwerts wurde eine Mindestdifferenz von 2R über null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Höchst- und Mindestwertes beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit).
Unbeschadet dieser statistischen Zwecken dienenden Maßnahme sollte der Hersteller des Kraftstoffs dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R festgelegt ist, den Wert Null zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

(2) Der Cetanzahlbereich entspricht nicht dem vorgeschriebenen Mindestbereich von 4R. Bei Streitigkeiten zwischen Kraftstofflieferanten und -verbrauchern dürfen zur Herbeiführung einer Lösung jedoch die Bestimmungen der Norm ISO 4259 angewendet werden, sofern hinreichend vielen Wiederholungsmessungen zur Erzielung der erforderlichen Präzision der Vorzug vor Einzelbestimmungen gegeben wird.

(3) Auch bei überprüfter Oxidationsbeständigkeit ist die Lagerbeständigkeit wahrscheinlich begrenzt. Es wird empfohlen, sich auf Herstellerempfehlungen hinsichtlich Lagerbedingungen und -beständigkeit zu stützen.

1.2. Typ: Ethanol für bestimmte Selbstzündungsmotoren (ED95) (1)

Parameter	Einheit	Grenzwerte (2)		Prüfmethode (3)
		Minimum	Maximum	
Gesamtalkohol (Ethanol einschließlich Gehalt an stärker gesättigten Alkoholen)	Masse-%	92,4		EN 15721
Andere stärker gesättigte Monoalkohole (C_3-C_5)	Masse-%		2,0	EN 15721
Methanol	Masse-%		0,3	EN 15721
Dichte bei 15 °C	kg/m³	793,0	815,0	EN ISO 12185

Parameter	Einheit	Grenzwerte (2)		Prüfmethode (3)
		Minimum	Maximum	
Säure, berechnet als Essigsäure	Masse-%		0,0025	EN 15491
Aussehen		Hell und klar		
Flammpunkt	°C	10		EN 3679
Trockenrückstand	mg/kg		15	EN 15691
Wassergehalt	Masse-%		6,5	EN 15489 (4) EN-ISO 12937 EN 15692
Aldehyde, berechnet als Acetaldehyd	Masse-%		0,0050	ISO 1388-4
Ester, berechnet als Ethylacetat	Masse-%		0,1	ASTM D1617
Schwefelgehalt	mg/kg		10,0	EN 15485 EN 15486
Sulfate	mg/kg		4,0	EN 15492
Partikelverunreinigung	mg/kg		24	EN 12662
Phosphor	mg/l		0,20	EN 15487
Anorganisches Chlor	mg/kg		1,0	EN 15484 oder EN 15492
Kupfer	mg/kg		0,100	EN 15488
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		2,50	DIN 51627-4 oder prEN 15938

(1) Dem Ethanolkraftstoff können entsprechend den Herstellerinformationen Additive wie beispielsweise Zündverbesserer beigemischt werden, sofern keine negativen Begleiterscheinungen bekannt sind. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, ist die höchstzulässige Menge 10 Massenprozent.

(2) Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind „tatsächliche Werte". Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte wurden die Bestimmungen der Norm ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse — Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren"angewendet, und bei der Festlegung eines Mindestwerts wurde eine Mindestdifferenz von 2R über null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Höchst- und Mindestwertes beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit). Unbeschadet dieser statistischen Zwecken dienenden Maßnahme sollte der Hersteller des Kraftstoffs dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R festgelegt ist, den Wert Null zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

(3) Gleichwertige EN/ISO-Verfahren werden übernommen, sobald sie für die oben angegebenen Eigenschaften veröffentlicht sind.

(4) Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von EN 15489.

2. Technische Daten der Kraftstoffe für die Prüfung von Fremdzündungsmotoren

2.1. Typ: Benzin (E10)

Parameter	Einheit	Grenzwerte (1)		Prüfmethode (2)
		Minimum	Maximum	
Research-Oktanzahl, ROZ		91,0	98,0	EN ISO 5164:2005 (3)
Motoroktanzahl, MOZ		83,0	89,0	EN ISO 5163:2005 (3)
Dichte bei 15 °C	kg/m³	743	756	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Dampfdruck	kPa	45,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Wassergehalt			max. 0,05 Volumenprozent Aussehen bei –7 °C: klar und leuchtend	EN 12937
Siedeverlauf:				
— bei 70 °C verdunstet	Volumenprozent	18,0	46,0	EN-ISO 3405
— bei 100 °C verdunstet	Volumenprozent	46,0	62,0	EN-ISO 3405
— bei 150 °C verdunstet	Volumenprozent	75,0	94,0	EN-ISO 3405
— Siedeende	°C	170	210	EN-ISO 3405
Rückstand	Volumenprozent	—	2,0	EN-ISO 3405
Kohlenwasserstoffanalyse:				
— Olefine	Volumenprozent	3,0	18,0	EN 14517 EN 15553
— Aromaten	Volumenprozent	19,5	35,0	EN 14517 EN 15553
— Benzol	Volumenprozent	—	1,0	EN 12177 EN 238, EN 14517
— Alkane	Volumenprozent	angeben		EN 14517 EN 15553
Verhältnis Kohlenstoff/Wasserstoff		angeben		
Verhältnis Kohlenstoff/Sauerstoff		angeben		
Induktionszeit (4)	Minuten	480		EN-ISO 7536
Sauerstoffgehalt (5)	Masse-%	3,3 (8)	3,7	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Abdampfrückstand	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246

Parameter	Einheit	Grenzwerte ([1])		Prüfmethode ([2])
		Minimum	Maximum	
Schwefelgehalt ([6])	mg/kg	—	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Kupferkorrosion (3 Stunden bei 50 °C)	Einstufung	—	Klasse 1	EN-ISO 2160
Bleigehalt	mg/l	—	5	EN 237
Phosphorgehalt ([8])	mg/l	—	1,3	ASTM D 3231
Ethanol ([4])	Volumenprozent	9,0 ([8])	10,2 ([8])	EN 22854

([1]) Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind „tatsächliche Werte". Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte wurden die Bestimmungen der Norm ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse — Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren"angewendet, und bei der Festlegung eines Mindestwerts wurde eine Mindestdifferenz von 2R über null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Höchst- und Mindestwertes beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit). Unbeschadet dieser statistischen Zwecken dienenden Maßnahme sollte der Hersteller des Kraftstoffs dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R festgelegt ist, den Wert Null zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

([2]) Gleichwertige EN/ISO-Verfahren werden übernommen, sobald sie für die oben angegebenen Eigenschaften veröffentlicht sind.

([3]) Für die Berechnung des Endergebnisses gemäß EN 228:2008 ist ein Korrekturfaktor von 0,2 bei der MOZ und der ROZ abzuziehen.

([4]) Der Kraftstoff kann Oxidationsinhibitoren und Metalldeaktivatoren enthalten, die normalerweise zur Stabilisierung von Raffineriebenzinströmen Verwendung finden; es dürfen jedoch keine Detergenzien/Dispersionszusätze und Lösungsöle zugesetzt sein.

([5]) Die einzige sauerstoffhaltige Kraftstoffkomponente, die dem Bezugskraftstoff absichtlich zugesetzt werden darf, ist Ethanol, das den technischen Daten der Norm EN 15376 entspricht.

([6]) Der tatsächliche Schwefelgehalt des für die Prüfung Typ 1 verwendeten Kraftstoffs muss mitgeteilt werden.

([7]) Phosphor, Eisen, Mangan oder Blei enthaltende Verbindungen dürfen diesem Bezugskraftstoff nicht absichtlich zugesetzt werden.

([8]) Bei Motoren der Klasse SMB können der Ethanolgehalt und der entsprechende Sauerstoffgehalt nach Wahl des Herstellers null betragen. In diesem Fall sind sämtliche Prüfungen der Motorenfamilie bzw. — in Abwesenheit einer Familie — des Motortyps unter Verwendung von Benzin ohne Ethanolgehalt durchzuführen.

2.2. Typ: Ethanol (E85)

Parameter	Einheit	Grenzwerte ([1])		Prüfmethode
		Minimum	Maximum	
Research-Oktanzahl, ROZ		95,0	—	EN ISO 5164
Motoroktanzahl, MOZ		85,0	—	EN ISO 5163
Dichte bei 15 °C	kg/m³	angeben		ISO 3675
Dampfdruck	kPa	40,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Schwefelgehalt ([2])	mg/kg	—	10	EN 15485 oder EN 15486
Oxidationsbeständigkeit	Minuten	360		EN ISO 7536

Parameter	Einheit	Grenzwerte (1)		Prüfmethode
		Minimum	Maximum	
Gehalt an Abdampfrückstand (mit Lösungsmittel ausgewaschen)	mg/100 ml	—	5	EN-ISO 6246
Aussehen Dieses ist bei Umgebungstemperatur bzw. bei 15 °C zu bestimmen, je nachdem, was höher ist		Hell und klar, sichtlich frei von gelösten oder ausgefällten Verunreinigungen		Sichtprüfung
Ethanol und höhere Alkohole (3)	Volumenprozent	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517 E DIN 51627-3
Höhere Alkohole (C_3-C_8)	Volumenprozent	—	2,0	E DIN 51627-3
Methanol	Volumenprozent		1,00	E DIN 51627-3
Benzin (4)	Volumenprozent	Rest		EN 228
Phosphor	mg/l	0,20 (5)		EN 15487
Wassergehalt	Volumenprozent		0,300	EN 15489 oder EN 15692
Gehalt anorganischen Chlors	mg/l		1	EN 15492
pHe		6,5	9,0	EN 15490
Kupferstreifenkorrosion (3 Stunden bei 50 °C)	Einstufung	Klasse 1		EN ISO 2160
Gesamtsäuregehalt (angegeben als Essigsäure — CH_3COOH)	Masse-% (mg/l)	—	0,0050 (40)	EN 15491
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	1,5		DIN 51627-4 oder prEN 15938
Verhältnis Kohlenstoff/Wasserstoff		angeben		
Verhältnis Kohlenstoff/Sauerstoff		angeben		

(1) Die in der Spezifikation angegebenen Werte sind „tatsächliche Werte". Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte wurden die Bestimmungen der Norm ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse — Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren"angewendet, und bei der Festlegung eines Mindestwerts wurde eine Mindestdifferenz von 2R über null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Höchst- und Mindestwertes beträgt die Mindestdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit). Unbeschadet dieser statistischen Zwecken dienenden Maßnahme sollte der Hersteller des Kraftstoffs dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R festgelegt ist, den Wert Null zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel daran bestehen, ob ein Kraftstoff die Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

(2) Der tatsächliche Schwefelgehalt des für die Emissionsprüfung verwendeten Kraftstoffs muss mitgeteilt werden.

(3) Die einzige sauerstoffhaltige Kraftstoffkomponente, die dem Bezugskraftstoff absichtlich zugesetzt werden darf, ist Ethanol, das den technischen Daten der Norm EN 15376 entspricht.

(4) Der Gehalt an bleifreiem Benzin lässt sich folgendermaßen ermitteln: 100 minus der Summe des prozentualen Gehalts an Wasser, Alkoholen, MTBE und ETBE.

(5) Phosphor, Eisen, Mangan oder Blei enthaltende Verbindungen dürfen diesem Bezugskraftstoff nicht absichtlich zugesetzt werden.

3. Technische Daten der gasförmigen Kraftstoffe für Ein- und Zweistoffmotoren

3.1. Typ: LPG

Parameter	Einheit	Kraftstoff A	Kraftstoff B	Prüfmethode
Zusammensetzung:				EN 27941
C_3-Gehalt	Volumenprozent	30 ± 2	85 ± 2	
C_4-Gehalt	Volumenprozent	Rest ([1])	Rest ([1])	
$< C_3$, $> C_4$	Volumenprozent	max. 2	max. 2	
Olefine	Volumenprozent	max. 12	max. 15	
Abdampfrückstand	mg/kg	max. 50	max. 50	EN 15470
Wassergehalt bei 0 °C		frei	frei	EN 15469
Gesamtschwefelgehalt einschließlich Geruchsstoff	mg/kg	max. 10	max. 10	EN 24260, ASTM D 3246, ASTM 6667
Schwefelwasserstoff		keine	keine	EN ISO 8819
Kupferstreifenkorrosion (1 h bei 40 °C)	Einstufung	Klasse 1	Klasse 1	ISO 6251 ([2])

Parameter	Einheit	Kraftstoff A	Kraftstoff B	Prüfmethode
Geruch		charakteristisch	charakteristisch	
Motor-Oktanzahl (3)		min. 89,0	min. 89,0	EN 589 Anhang B

(1) Der Rest lautet wie folgt: Rest = 100 - C_3 - <C_3 - >C_4.
(2) Mit diesem Verfahren lassen sich korrosive Stoffe möglicherweise nicht zuverlässig nachweisen, wenn die Probe Korrosionshemmer oder andere Stoffe enthält, die die korrodierende Wirkung der Probe auf den Kupferstreifen verringern. Deshalb ist der Zusatz solcher Mittel verboten, wenn damit nur der Zweck verfolgt wird, die Prüfmethode zu beeinflussen.
(3) Auf Antrag des Motorherstellers kann eine höhere MOZ für die Typgenehmigungsprüfung verwendet werden.

3.2. Typ: Erdgas/Biomethan

3.2.1. Spezifikation für Bezugskraftstoffe mit festen Eigenschaften (z. B. aus einem verschlossenen Behälter)

Alternativ zu den hier genannten Bezugskraftstoffen können die gleichwertigen Kraftstoffe nach Absatz 3.2.2 dieses Anhangs verwendet werden

Parameter	Einheiten	Grundlage	Grenzwerte		Prüfmethode
			min.	max.	
Bezugskraftstoff G_R					
Zusammensetzung:					
Methan		87	84	89	
Ethan		13	11	15	
Rest (1)	Mol.-%	—	—	1	ISO 6974
Schwefelgehalt	mg/m³ (2)	—		10	ISO 6326-5

(1) Inertgase + C_{2+}
(2) Im Normalzustand bei 293,2 K (20 °C) und 101,3 kPa zu bestimmen.

Bezugskraftstoff G_{23}					
Zusammensetzung:					
Methan		92,5	91,5	93,5	
Rest (1)	Mol.-%	—	—	1	ISO 6974
N_2	Mol.-%	7,5	6,5	8,5	
Schwefelgehalt	mg/m³ (2)	—	—	10	ISO 6326-5

(1) Inerts + C_{2+}
(2) Zu bestimmen bei 293,2 K (20 °C) und 101,3 kPa.

Parameter	Einheiten	Grundlage	Grenzwerte		Prüfmethode
			min.	max.	
Bezugskraftstoff G_{25}					
Zusammensetzung:					
Methan	Mol.-%	86	84	88	
Rest (1)	Mol.-%	—	—	1	ISO 6974
N_2	Mol.-%	14	12	16	
Schwefelgehalt	mg/m³ (2)	—	—	10	ISO 6326-5

(1) Inertgase (andere als N_2) + C_2 + C_{2+}
(2) Zu bestimmen bei 293,2 K (20 °C) und 101,3 kPa.

Bezugskraftstoff G_{20}					
Zusammensetzung:					
Methan	Mol.-%	100	99	100	ISO 6974
Rest (1)	Mol.-%	—	—	1	ISO 6974
N_2	Mol.-%				ISO 6974
Schwefelgehalt	mg/m³ (2)	—	—	10	ISO 6326-5
Wobbe-Index (netto)	MJ/m³ (3)	48,2	47,2	49,2	

(1) Inertgase (andere als N_2) + C_2 + C_2+.
(2) Zu bestimmen bei 293,2 K (20 °C) und 101,3 kPa.
(3) Zu bestimmen bei 273,2 K (0 °C) und 101,3 kPa.

3.2.2. Spezifikation für Bezugskraftstoff aus einer Leitung mit Beimischung anderer Gase, deren Eigenschaften durch Messungen vor Ort bestimmt werden

Alternativ zu den hier genannten Bezugskraftstoffen können die gleichwertigen Kraftstoffe nach Absatz 3.2.1 dieses Anhangs verwendet werden.

3.2.2.1. Grundlage jedes aus einer Leitung stammenden Bezugskraftstoffs (G_R, G_{20} usw.) ist Gas aus einem öffentlichen Versorgungsnetz, dem — soweit zum Erreichen der entsprechenden Spezifikation der Lambda-Verschiebung (S_λ) nach Tabelle A.6-1 erforderlich — ein Gemisch der folgenden handelsüblichen Gase beigemengt wird (zu diesem Zweck wird die Verwendung von Kalibriergas nicht verlangt):

a) Kohlendioxid

b) Ethan

c) Methan

d) Stickstoff

e) Propan

3.2.2.2. Der Wert von S_λ des resultierenden Gemischs von Leitungsgas und Beimischungsgas muss innerhalb der nach Tabelle A.6-1 für den betreffenden Bezugskraftstoff zulässigen Bandbreite liegen.

Tabelle A.6-1

Vorgeschriebene S_λ-Bandbreite für jeden Bezugskraftstoff

Bezugskraftstoff	Minimum S_λ	Maximum S_λ
G_R [1]	0,87	0,95
G_{20}	0,97	1,03
G_{23}	1,05	1,10
G_{25}	1,12	1,20

[1] Der Motor darf nicht mit einem Gasgemisch mit einer Methanzahl (MZ) von weniger als 70 geprüft werden. Führt die vorgeschriebene S_λ-Bandbreite für G_R zu einer Methanzahl unter 70, so kann der Wert von S_λ für G_R wie erforderlich angepasst werden, bis eine Methanzahl von mindestens 70 erreicht ist.

3.2.2.3. Der Prüfbericht für jeden Prüflauf muss folgende Angaben enthalten:

a) Aus der Liste in Absatz 3.2.2.1 ausgewählte Beimischungsgase

b) S_λ-Wert des resultierenden Kraftstoffgemischs

c) Methanzahl (MZ) des resultierenden Kraftstoffgemischs

3.2.2.4. Die Anforderungen der Anlagen A.1 und A.2 sind in Bezug auf die Bestimmung der Eigenschaften der Leitungs- und Beimischungsgase, die Bestimmung von S_λ und MZ der resultierenden Gasgemische sowie die Überprüfung der Mischungskonstanz während der Prüfung zu erfüllen.

3.2.2.5. Enthält einer oder mehrere der Gasströme (Leitungsgas und Beimischungsgase) mehr als einen vernachlässigbaren CO_2-Anteil, so ist die Berechnung der spezifischen CO_2-Emissionen in Anhang 5 gemäß Anlage A.3 zu korrigieren.

ANLAGE A.1

ZUSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN AN EMISSIONSPRÜFUNGEN UNTER VERWENDUNG GASFÖRMIGER BEZUGSKRAFTSTOFFE, DARUNTER LEITUNGSGAS MIT BEIMISCHUNG ANDERER GASE

A.1.1. Gasanalyse und Messung des Gasdurchsatzes — Methodik

A.1.1.1. Für die Zwecke dieser Anlage ist die Zusammensetzung des Gases soweit erforderlich durch Analyse mittels Gaschromatographie nach EN ISO 6974 oder durch eine andere Technik, die ein mindestens vergleichbares Maß an Genauigkeit und Wiederholbarkeit erzielt, zu bestimmen.

A.1.1.2. Für die Zwecke dieser Anlage erfolgt die Messung des Gasdurchsatzes soweit erforderlich unter Verwendung eines massespezifischen Durchflussmessgeräts.

A.1.2. Analyse und Durchflussrate des Versorgungsgases

A.1.2.1. Die Zusammensetzung des zugeführten Versorgungsgases ist vor dem Beimischungssystem zu analysieren.

A.1.2.2. Die Durchflussrate des in das Beimischungssystem eingeleiteten Versorgungsgases ist zu messen.

A.1.3. Analyse der Durchflussrate der Gasbeimischung

A.1.3.1. Liegt für eine Gasbeimischung eine entsprechende Analysebescheinigung (z. B. des Gasversorgers) vor, so kann diese als Quelle der Zusammensetzung der Beimischung verwendet werden. In diesem Fall ist die Vor-Ort-Analyse der Zusammensetzung der Gasbeimischung zulässig, aber nicht vorgeschrieben.

A.1.3.2. Liegt für eine Gasbeimischung keine entsprechende Analysebescheinigung vor, so ist deren Zusammensetzung zu analysieren.

A.1.3.3. Die Durchflussrate jeder in das Beimischungssystem eingeleiteten Gasbeimischung ist zu messen.

A.1.4. Analyse des Gasgemischs

A.1.4.1. Die Analyse der Zusammensetzung des Gases, das dem Motor nach Verlassen des Beimischungssystems zugeleitet wird, zusätzlich oder als Alternative zu der Analyse gemäß den Absätzen A.1.2.1 und A.1.3.1 ist zulässig, aber nicht vorgeschrieben.

A.1.5. Berechnung von S_λ und MZ des Gasgemischs

A.1.5.1. Die Berechnung von MZ nach EN 16726:2015 erfolgt anhand der Ergebnisse der Gasanalyse gemäß den Absätzen A.1.2.1, A.1.3.1 oder A.1.3.2 und gegebenenfalls A.1.4.1 in Kombination mit dem nach den Absätzen A.1.2.2 und A.1.3.3 gemessenen Gasmassendurchsatz. Der gleiche Datensatz ist zur Berechnung von S_λ nach dem in Anlage A.2 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren zu verwenden.

A.1.6. Regelung und Kontrolle des Gasgemischs während der Prüfung

A.1.6.1. Regelung und Kontrolle des Gasgemischs während der Prüfung erfolgen entweder in einem offenen oder einem geschlossenen Regelkreissystem.

A.1.6.2. Gemischregelung im offenen Regelkreissystem

A.1.6.2.1. In diesem Fall sind die Gasanalyse, die Durchsatzmessungen und die Berechnungen gemäß den Absätzen A.1.1, A.1.2, A.1.3 und A.1.4 vor der Emissionsprüfung durchzuführen.

A.1.6.2.2. Das Verhältnis von Versorgungsgas und Beimischungen muss so gewählt werden, dass S_λ innerhalb der nach Tabelle A.6-1 für den betreffenden Bezugskraftstoff zulässigen Bandbreite liegt.

A.1.6.2.3. Nach Einstellung der relativen Anteile müssen diese während der Emissionsprüfung beibehalten werden. Anpassungen einzelner Durchsätze zur Aufrechterhaltung der relativen Anteile sind zulässig.

A.1.6.2.4. Nach Durchführung der Emissionsprüfung sind die Analyse der Gaszusammensetzung, die Durchsatzmessungen und die Berechnungen gemäß den Absätzen A.1.2, A.1.3, A.1.4 und A.1.5 zu wiederholen. Damit eine Prüfung als gültig gewertet werden kann, muss der Wert von S_λ innerhalb der nach Tabelle A.6-1 für den betreffenden Bezugskraftstoff zulässigen Bandbreite liegen.

A.1.6.3. Gemischregelung im geschlossenen Regelkreissystem

A.1.6.3.1. In diesem Fall sind die Analyse der Gaszusammensetzung, die Durchsatzmessungen und die Berechnungen gemäß den Absätzen A.1.2, A.1.3, A.1.4 und A.1.5 in Abständen während der Emissionsprüfung durchzuführen. Bei der Wahl der Abstände ist zu berücksichtigen, welche Untersuchungshäufigkeit die Kapazität des Gaschromatographen und des zugehörigen Rechensystems erlaubt.

A.1.6.3.2. Anhand der Ergebnisse der periodischen Messungen und Berechnungen werden die relativen Anteile von Versorgungs- und Beimischungsgas so angepasst, dass der Wert von S_λ stets innerhalb der nach Tabelle A.6-1 für den betreffenden Bezugskraftstoff zulässigen Bandbreite liegt. Anpassungen erfolgen nicht häufiger als Messungen.

A.1.6.3.3. Damit eine Prüfung als gültig gewertet werden kann, muss der Wert von S_λ bei mindestens 90 % der Messpunkte innerhalb der nach Tabelle A.6-1 für den betreffenden Bezugskraftstoff zulässigen Bandbreite liegen.

ANLAGE A.2

BERECHNUNG DES λ-VERSCHIEBUNGSFAKTORS (S_λ)

A.2.1. Berechnung

Der λ-Verschiebungsfaktor (S_λ) [1] wird anhand der Gleichung (A.6-1) berechnet:

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{inert\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \quad \text{(A.6-1)}$$

Dabei gilt:

S_λ = λ-Verschiebungsfaktor;

inert% = Volumenprozent der Inertgase im Kraftstoff (d. h. N_2, CO_2, He usw.);

O_2^* = Volumenprozent des ursprünglichen Sauerstoffs im Kraftstoff;

n und m = beziehen sich auf durchschnittliche C_nH_m-Werte, die den Kohlenwasserstoffgehalt des Kraftstoffs repräsentieren, d. h.:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - diluent\%}{100}} \quad \text{(A.6-2)}$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + \cdots 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - diluent\%}{100}} \quad \text{(A.6-3)}$$

Dabei gilt:

CH_4% = Volumenprozent Methan im Kraftstoff;

C_2% = Volumenprozent aller C_2-Kohlenwasserstoffe (z. B.: C_2H_6, C_2H_4 usw.) im Kraftstoff;

C_3% = Volumenprozent aller C_3-Kohlenwasserstoffe (z. B.: C_3H_8, C_3H_6 usw.) im Kraftstoff;

C_4% = Volumenprozent aller C_4-Kohlenwasserstoffe (z. B.: C_4H_{10}, C_4H_8 usw.) im Kraftstoff;

C_5% = Volumenprozent aller C_5-Kohlenwasserstoffe (z. B.: C_5H_{12}, C_5H_{10} usw.) im Kraftstoff;

diluent% = Volumenprozent der Verdünnungsgase im Kraftstoff (d. h.: O_2*, N_2, CO_2, He usw.).

[1] Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels — SAE J1829, Juni 1987. John B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, 1988, Kapitel 3.4 "Combustion stoichiometry"(S. 68-72).

A.2.2. Beispiele für die Berechnung des λ-Verschiebungsfaktors S_λ:

Beispiel 1: G_{25}: CH_4 = 86 Volumenprozent, N_2 = 14 Volumenprozent

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\,\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0{,}86}{0{,}86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\,\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}86}{0{,}86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1{,}16$$

Beispiel 2: G_R: CH_4 = 87 Volumenprozent, C_2H_6 = 13 Volumenprozent

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\,\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1 \times 0{,}87 + 2 \times 0{,}13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1{,}13}{} = 1{,}13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\,\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}87 + 6 \times 0{,}13}{1} = 4{,}26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1{,}13 + \frac{4{,}26}{4}\right)} = 0{,}911$$

Beispiel 3: CH_4 = 89 Volumenprozent, C_2H_6 = 4,5 Volumenprozent, C_3H_8 = 2,3 Volumenprozent, C_6H_{14} = 0,2 Volumenprozent, O_2 = 0,6 Volumenprozent, N_2 = 4 Volumenprozent

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\,\%}{100}\right] + \cdots}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{1\,x\,0{,}89 + 2 \times 0{,}045 + 3 \times 0{,}023 + 4 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}64 + 4}{100}} = 1{,}11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\,\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\,\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\,\%}{100}\right] + \cdots + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\,\%}{100}\right]}{\frac{1 - \text{diluent}\,\%}{100}} = \frac{4 \times 0{,}89 + 4 \times 0{,}045 + 8 \times 0{,}023 + 14 \times 0{,}002}{1 - \frac{0{,}6 + 4}{100}}$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right)\left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1{,}11 + \frac{4{,}24}{4}\right) - \frac{0{,}6}{100}} = 0{,}96$$

Als Alternative zur obigen Gleichung kann S_λ wie nachfolgend angegeben aus dem Verhältnis des stöchiometrischen Luftbedarfs von reinem Methan und des stöchiometrischen Luftbedarfs des dem Motor zugeführten Kraftstoffgemischs berechnet werden.

Der λ-Verschiebungsfaktor (S_λ) drückt den Sauerstoffbedarf eines Kraftstoffgemischs im Vergleich zum Sauerstoffbedarf von reinem Methan aus. Der Sauerstoffbedarf ist dabei die Sauerstoffmenge, die notwendig ist, um Methan bei einer stöchiometrischen Zusammensetzung der Reaktionspartner in Produkte einer vollständigen Verbrennung (d. h. Kohlendioxid und Wasser) zu oxidieren.

Bei der Verbrennung von reinem Methan ist die Reaktion nach Gleichung (A.6-4):

$$1 \times CH_4 + 2 \times O_2 \rightarrow 1 \times CO_2 + 2 \times H_2O \qquad \text{(A.6-4)}$$

In diesem Fall ist das Verhältnis der Moleküle bei stöchiometrischer Zusammensetzung der Reaktionspartner genau 2:

$$\frac{n_{O2}}{n_{CH4}} = 2$$

Dabei gilt:

n_{O2} = Anzahl der Sauerstoffmoleküle

n_{CH4} = Anzahl der Methanmoleküle

Der Sauerstoffbedarf von reinem Methan beträgt daher:

$n_{O2} = 2 \cdot n_{CH4}$ mit einem Referenzwert von [n_{CH4}] =1 kmol

Der Wert von S_λ kann nach Gleichung (A.6-5) als Quotient aus dem Verhältnis der stöchiometrischen Zusammensetzung von Sauerstoff und Methan und dem Verhältnis der stöchiometrischen Zusammensetzung von Sauerstoff und dem Kraftstoffgemisch, das dem Motor zugeführt wird, berechnet werden:

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)} = \frac{2}{(n_{O2})_{blend}} \quad \text{(A.6-5)}$$

Dabei gilt:

n_{blend} = Anzahl der Moleküle des Kraftstoffgemischs

$(n_{O2})_{blend}$ = Molekülverhältnis in der stöchiometrischen Zusammensetzung von Sauerstoff und dem Kraftstoffgemisch, das dem Motor zugeführt wird

Da Luft 21 % Sauerstoff enthält, wird der stöchiometrische Luftbedarf L_{st} eines beliebigen Kraftstoffs anhand der Gleichung (A.6-6) berechnet:

$$L_{st,\,fuel} = \frac{n_{O2,\ fuel}}{0.21} \quad \text{(A.6-6)}$$

Dabei gilt:

$L_{st,\,fuel}$ = stöchiometrischer Luftbedarf des Kraftstoffs

$n_{O2,\ fuel}$ = stöchiometrischer Sauerstoffbedarf des Kraftstoffs

Folglich kann der Wert von S_λ auch nach Gleichung (A.6-7) als Quotient aus dem Verhältnis der stöchiometrischen Zusammensetzung von Luft und Methan und dem Verhältnis der stöchiometrischen Zusammensetzung von Luft und dem Kraftstoffgemisch, das dem Motor zugeführt wird, berechnet werden, d. h. als Quotient aus dem stöchiometrischen Luftbedarf von Methan und dem stöchiometrischen Luftbedarf des dem Motor zugeführten Kraftstoffgemischs:

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{n_{CH4}}\right)/0,21}{\left(\frac{n_{O2}}{n_{blend}}\right)/0,21} = \frac{\left(\frac{n_{O2}}{0,21}\right)_{CH4}}{\left(\frac{n_{O2}}{0,21}\right)_{blend}} = \frac{L_{st,CH4}}{L_{st,blend}} \quad \text{(A.6-7)}$$

Daher ist jede Berechnung, die den stöchiometrischen Luftbedarf angibt, zum Ausdrücken des λ-Verschiebungsfaktors zulässig.

ANLAGE A.3

BERICHTIGUNG DES CO_2-ANTEILS IM ABGAS AUFGRUND DES CO_2-GEHALTS DES GASFÖRMIGEN KRAFTSTOFFS

A.3.1. Momentaner CO_2-Massendurchsatz im Gaskraftstoffstrom

A.3.1.1. Die Gaszusammensetzung und der Gasdurchsatz sind gemäß den Anforderungen von Anlage A.1 Absatz A.1.1 bis A.1.4 dieses Anhangs zu bestimmen.

A.3.1.2. Der momentane CO_2-Massendurchsatz in einem dem Motor zugeleiteten Gasstrom ist anhand der Gleichung (A.6-8) zu berechnen.

$$\dot{m}_{CO2i} = \frac{M_{CO2}}{M_{stream}} \cdot x_{CO2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad \text{(A.6-8)}$$

Dabei gilt:

$\dot{m}_{CO2i}$ = Momentaner CO_2-Massendurchsatz aus dem Gasstrom [g/s]

$\dot{m}_{streami,}$ = Momentaner Massendurchsatz des Gasstroms [g/s]

x_{CO2i} = Molfraktion von CO_2 im Gasstrom [-]

M_{CO2} = Molmasse von CO_2 [g/mol]

M_{stream} = Molmasse des Gasstroms [g/mol]

M_{stream} ist aus allen gemessenen Bestandteilen (1, 2, …, n) anhand der Gleichung (A.6-9) zu berechnen.

$$M_{\text{stream}} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \ldots + x_n \cdot M_n \quad \text{(A.6-9)}$$

Dabei gilt:

$X_{1, 2, \ldots n}$ = Molfraktion jedes gemessenen Bestandteils im Gasstrom (CH_4, CO_2, …) [-]

$M_{1, 2, \ldots n}$ = Molmasse jedes gemessenen Bestandteils im Gasstrom [g/mol]

A.3.1.3. Zur Ermittlung der Gesamtmassendurchsatzes von CO_2 im dem Motor zugeleiteten gasförmigen Kraftstoff wird entweder die Berechnung nach Gleichung (A.6-8) für jeden einzelnen CO_2 enthaltenden und dem Mischungssystem zugeleiteten Gasstrom vorgenommen und die Ergebnisse für die einzelnen Gasströme werden addiert, oder die Berechnung wird für das aus dem Mischungssystem austretende und dem Motor zugeleitete Gasgemisch anhand der Gleichung (A.6-10) vorgenommen:

$$\dot{m}_{CO2i,fuel} = \dot{m}_{CO2i,\text{a}} + \dot{m}_{CO2i,\text{b}} + \cdots + \dot{m}_{CO2i,\text{n}} \quad \text{(A.6-10)}$$

Dabei gilt:

$\dot{m}_{CO2i, fuel}$ = momentaner kombinierter CO_2-Massendurchsatz aufgrund des CO_2-Gehalts des dem Motor zugeleiteten gasförmigen Kraftstoffs [g/s]

$\dot{m}_{CO2i, a, b, \ldots, n}$ = momentaner CO_2-Massendurchsatz aufgrund des CO_2-Gehalts jedes einzelnen Gasstroms a, b, …, n [g/s]

A.3.2. Berechnung der spezifischen CO_2-Emissionen für dynamische Zyklen und gestufte Mehrphasenzyklen

A.3.2.1. Die Gesamtmasse je Prüfung der CO_2-Emission aus dem CO_2 im Kraftstoff $m_{CO2,\ fuel}$ [g/Prüfung] ist durch Summierung der momentanen CO_2-Massendurchsätze im dem Motor zugeleiteten gasförmigen Kraftstoff $\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ [g/s] während des Prüfzyklus anhand der Gleichung (A.6-11) zu berechnen:

$$m_{CO2,\ fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2i,\ fuel} \quad \text{(A.6-11)}$$

Dabei gilt:

f = Datenerfassungsfrequenz [Hz]

N = Anzahl der Messungen [-]

A.3.2.2. Die in den Gleichungen (A.5-61), (A.5-63), (A.5-128) oder (A.5-130) von Anhang 5 zur Berechnung des spezifischen Emissionsergebnisses e_{CO2} [g/kWh] verwendete Gesamtmasse der CO_2-Emission m_{CO2} [g/Prüfung] wird in jenen Gleichungen durch den anhand der Gleichung (A.6-12) errechneten korrigierten Wert $m_{CO2,\ corr}$ [g/Prüfung] ersetzt.

$$m_{CO2,\ corr} = m_{CO2} - m_{CO2,\ fuel} \quad \text{(A.6-12)}$$

A.3.3. Berechnung der spezifischen CO_2-Emissionen für Einzelphasen-Prüfzyklen

A.3.3.1. Der mittlere Massendurchsatz der CO_2-Emission aus dem CO_2 im Kraftstoff pro Stunde $q_{mCO2,\ fuel}$ oder $\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$ [g/h] wird für jede einzelne Prüfphase aus den während der Probenentnahme der betreffenden Prüfphase vorgenommenen Messungen der momentanen $co_2\dot{m}_{CO2i,\ fuel}$-Massendurchsätze [g/s] nach Gleichung (A.6-10) anhand der Gleichung (A.6-13) berechnet.

$$q_{mCO2,fuel} = \dot{m}_{CO2,\ fuel} = \frac{1}{3600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \dot{m}_{CO2i,\ fuel} \quad \text{(A.6-13)}$$

Dabei gilt:

N = Anzahl der Messungen während der Prüfphase [-]

A.3.3.2. Der in den Gleichungen (A.5-64) oder (A.5-131) $\dot{m}_{CO2i,fuel}$ von Anhang 5 zur Berechnung des spezifischen Emissionsergebnisses e_{CO2} [g/kWh] verwendete mittlere Massendurchsatz der CO_2-Emission q_{mCO2} [g/h] für jede einzelne Prüfphase wird in jenen Gleichungen durch den anhand der Gleichungen (A.6-14) oder (A.6-15) errechneten korrigierten Wert $q_{mCO2,\,corr}$ oder $\dot{m}_{CO2,\,corr}$ [g/h] ersetzt.

$$q_{mCO2,corr}=q_{mCO2,fuel} \quad \text{(A.6-14)}$$

$$\dot{m}_{CO2,corr} = \dot{m}_{CO2} - \dot{m}_{CO2,fuel} \quad \text{(A.6-15)}$$

ANHANG 7

TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN ZWEISTOFFMOTOREN

1. ANWENDUNGSBEREICH

Die Bestimmungen dieses Anhangs gelten für Zweistoffmotoren im Sinne von Absatz 2 dieser Regelung im Zweistoffbetrieb, d. h. wenn diese gleichzeitig mit einem flüssigen und einem gasförmigen Kraftstoff betrieben werden.

Dieser Anhang gilt nicht für die Prüfung von Motoren, einschließlich Zweistoffmotoren, wenn diese ausschließlich mit flüssigen oder ausschließlich mit gasförmigen Kraftstoffen betrieben werden, (d. h., wenn das Gas-Energie-Verhältnis GER je nach Art des Kraftstoffs entweder 1 oder 0 ist). In diesem Fall gelten die gleichen Anforderungen wie für Einstoffmotoren.

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND ABKÜRZUNGEN

Für die Zwecke dieses Anhangs gelten folgende Begriffsbestimmungen (siehe auch Anlage A.3 zu diesem Anhang für weitere Klärungen):

2.1. „GER“(Gas Energy Ratio — Gas-Energie-Verhältnis) hat die in Absatz 2 dieser Regelung festgelegte Bedeutung, und zwar auf der Grundlage des unteren Heizwerts;

2.2. „GER_{cycle}“bedeutet das durchschnittliche GER, wenn der Motor im anzuwendenden Motorprüfzyklus betrieben wird;

2.3. „Zweistoffmotor des Typs 1A“bezeichnet entweder

a) einen Zweistoffmotor einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der im NRTC-Prüfzyklus mit Warmstart mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRTC,\,hot} \geq 0{,}9$) betrieben wird, im Leerlauf nicht ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben wird und der über keine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt, oder

b) einen Zweistoffmotor einer beliebigen (Unter-)Klasse außer einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der über den NRSC mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$) betrieben wird, im Leerlauf nicht ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben wird und über keine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt;

2.4. „Zweistoffmotor des Typs 1 B“bezeichnet entweder

a) einen Zweistoffmotor einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der im NRTC-Prüfzyklus mit Warmstart mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRTC,\,hot} \geq 0{,}9$) betrieben wird, im Zweistoffbetrieb im Leerlauf nicht ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben wird und über eine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt, oder

b) einen Zweistoffmotor einer beliebigen (Unter-)Klasse außer einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der über den NRSC mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0{,}9$) betrieben wird, im Zweistoffbetrieb im Leerlauf nicht ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben wird und über eine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt;

2.5. „Zweistoffmotor des Typs 2A“bezeichnet entweder

a) einen Zweistoffmotor einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der im NRTC-Prüfzyklus mit Warmstart mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis zwischen 10 % und 90 % ($0{,}1 < GER_{NRTC,\,hot} < 0{,}9$) betrieben wird und über keine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt oder der im NRTC-Prüfzyklus mit Warmstart mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRTC,\,hot} \geq 0{,}9$), im Leerlauf aber ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben wird und über keine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt, oder

b) einen Zweistoffmotor einer beliebigen (Unter-)Klasse außer einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der über den NRSC mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis zwischen 10 % und 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$) betrieben wird und über keine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt oder der über den NRSC mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$), im Leerlauf aber ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben wird und über keine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt;

2.6. „Zweistoffmotor des Typs 2 B“bezeichnet entweder

a) einen Zweistoffmotor einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der im NRTC-Prüfzyklus mit Warmstart mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis zwischen 10 % und 90 % ($0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$) betrieben wird und über eine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt oder der im NRTC-Prüfzyklus mit Warmstart mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$) betrieben wird, über eine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt, aber im Zweistoffbetrieb im Leerlauf ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben werden kann, oder

b) einen Zweistoffmotor einer beliebigen (Unter-)Klasse außer einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der über den NRSC mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis zwischen 10 % und 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$) betrieben wird und über keine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt oder der über den NRSC mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$) betrieben wird, über eine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt, aber im Zweistoffbetrieb im Leerlauf ausschließlich mit Flüssigkraftstoff betrieben werden kann;

2.7. „Zweistoffmotor des Typs 3B“bezeichnet entweder

a) einen Zweistoffmotor einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der im NRTC mit Warmstart mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von höchstens 10 % ($GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$) betrieben wird und über eine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt, oder

b) einen Zweistoffmotor einer beliebigen (Unter-)Klasse außer einer Unterklasse von NRE 19 ≤ kW ≤ 560, der über den NRSC mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von höchstens 10 % ($GER_{NRSC} \leq 0,1$) betrieben wird und über eine Betriebsart für Flüssigkraftstoff verfügt.

3. ZWEISTOFFSPEZIFISCHE ZUSÄTZLICHE GENEHMIGUNGSANFORDERUNGEN

3.1. Motoren mit regulierbarem GER_{cycle}.

Kann bei bestimmten Motortypen der Wert von GER_{cycle} durch eine vom Bedienpersonal regulierbare Steuerung vom Höchstwert herabgesetzt werden, so darf der Mindestwert von GER_{cycle} nicht begrenzt sein, sondern der Motor muss die Emissionsgrenzwerte bei jedem vom Hersteller zugelassenen Wert von GER_{cycle} einhalten können.

4. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

4.1. Betriebsarten von Zweistoffmotoren

4.1.1. Bedingungen für den Flüssigkraftstoffbetrieb von Zweistoffmotoren

Der Flüssigkraftstoffbetrieb eines Zweistoffmotors ist nur zulässig, wenn dieser hierfür im Hinblick auf sämtliche Anforderungen dieser Regelung in Bezug auf den ausschließlichen Betrieb mit dem angegebenen Flüssigkraftstoff zertifiziert ist.

Im Falle eines Zweistoffmotors, der eine Weiterentwicklung eines bereits genehmigten Flüssigkraftstoffmotors darstellt, wird ein neuer Typgenehmigungsbogen für den Flüssigkraftstoffbetrieb erforderlich.

4.1.2. Bedingungen für den ausschließlichen Flüssigkraftstoffbetrieb eines Zweistoffmotors im Leerlauf

4.1.2.1. Bei Zweistoffmotoren des Typs 1A ist ein ausschließlicher Flüssigkraftstoffbetrieb im Leerlauf nur unter den in Absatz 4.1.3 dieses Anhangs genannten Bedingungen für das Warmlaufen und den Start zulässig.

4.1.2.2. Bei Zweistoffmotoren des Typs 1B ist ein ausschließlicher Flüssigkraftstoffbetrieb im Leerlauf nicht zulässig.

4.1.2.3. Bei Zweistoffmotoren der Typen 2A, 2B und 3B ist ein ausschließlicher Flüssigkraftstoffbetrieb im Leerlauf zulässig.

4.1.3. Bedingungen für den ausschließlichen Flüssigkraftstoffbetrieb eines Zweistoffmotors während des Warmlaufens und beim Start

4.1.3.1. Bei Zweistoffmotoren der Typen 1B, 2B oder 3B ist ein ausschließlicher Flüssigkraftstoffbetrieb während des Warmlaufens und beim Start zulässig. Ist die Emissionsminderungsstrategie für das Warmlaufen oder den Start im Zweistoffbetrieb mit der entsprechenden Emissionsminderungsstrategie im Flüssigkraftstoffbetrieb identisch, so ist der Zweistoffbetrieb während des Warmlaufens und beim Start zulässig. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so darf der Motor nur im Flüssigkraftstoffbetrieb ausschließlich mit Flüssigkraftstoff warmlaufen oder gestartet werden.

4.1.3.2. Bei Zweistoffmotoren der Typen 1A oder 2A ist ein ausschließlicher Flüssigkraftstoffbetrieb während des Warmlaufens und beim Start zulässig. In diesem Fall ist jedoch AECS als Strategie zu wählen, und die folgenden zusätzlichen Anforderungen müssen erfüllt sein:

4.1.3.2.1. Die Strategie wird deaktiviert, wenn die Kühlmitteltemperatur einen Wert von 343 K (70 °C) erreicht hat, oder innerhalb von 15 Minuten nach ihrer Aktivierung, je nachdem, was zuerst eintritt, und

4.1.3.2.2. der Wartungsbetrieb muss aktiviert sein, während die Strategie aktiv ist.

4.2. Wartungsbetrieb

4.2.1. Bedingungen für den Wartungsbetrieb von Zweistoffmotoren

Befindet sich ein Zweistoffmotor im Wartungsbetrieb, so unterliegt er einer Betriebsbeschränkung und ist vorübergehend von den in dieser Regelung beschriebenen Anforderungen in Bezug auf Abgasemissionen und die Begrenzung der NO_X-Emissionen ausgenommen.

4.2.2. Betriebsbeschränkung im Wartungsbetrieb

4.2.2.1. Anforderung

Die Betriebsbeschränkung im Wartungsbetrieb für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte mit Zweistoffmotoren ist jene, die durch die „starke Aufforderung“nach Anhang 9 Absatz A.1.5.4 aktiviert wird.

Um Sicherheitsaspekten Rechnung zu tragen und eine Selbstreparaturdiagnose zu ermöglichen, ist die Verwendung einer Funktion zur Übersteuerung des Aufforderungssystems, mit der die volle Motorleistung erreicht werden kann, gemäß Anhang 9 Absatz A.1.5.5 zulässig.

Die Betriebsbeschränkung darf weder durch die Aktivierung noch durch die Deaktivierung der in Absatz 5 dieser Regelung genannten Warn- und Aufforderungssysteme deaktiviert werden.

Die Aktivierung und die Deaktivierung des Wartungsbetriebs darf die in Anhang 9 genannten Warn- und Aufforderungssysteme weder aktivieren noch deaktivieren.

4.2.2.2. Reserviert

4.2.2.3. Aktivierung der Betriebsbeschränkung

Die Betriebsbeschränkung muss sich automatisch aktivieren, wenn der Wartungsbetrieb aktiviert ist.

Ist der Wartungsbetrieb gemäß Absatz 4.2.3 dieses Anhangs wegen einer Fehlfunktion in der Gasversorgung aktiviert, so muss sich die Betriebsbeschränkung innerhalb von 30 Betriebsminuten nach Aktivierung des Wartungsbetriebs aktivieren.

Ist der Wartungsbetrieb wegen eines leeren Gastanks aktiviert, muss sich die Betriebsbeschränkung aktivieren, sobald der Wartungsbetrieb aktiviert ist.

4.2.2.4. Deaktivierung der Betriebsbeschränkung

Die Betriebsbeschränkung muss sich deaktivieren, sobald der Motor nicht mehr im Wartungsbetrieb ist.

4.2.3. Nichtverfügbarkeit von gasförmigem Kraftstoff bei Zweistoffbetrieb

Damit nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte nach der Erkennung eines leeren Gastanks oder einer Fehlfunktion in der Gasversorgung eine sichere Position einnehmen können, muss

a) bei Zweistoffmotoren von Typ 1A und 2A der Wartungsbetrieb aktiviert werden;

b) bei Zweistoffmotoren der Typen 1B, 2B und 3B der Flüssigkraftstoffbetrieb aktiviert werden.

4.2.3.1. Nichtverfügbarkeit von gasförmigem Kraftstoff — leerer Gastank

Bei einem leeren Gastank muss sich der Wartungsbetrieb oder gegebenenfalls gemäß obenstehendem Absatz 4.2.3 der Flüssigkraftstoffbetrieb aktivieren, sobald das Motorsystem einen leeren Tank erkannt hat.

Wenn die Verfügbarkeit von Gas im Tank das Niveau erreicht, durch das die Aktivierung des in Absatz 4.3.2 beschriebenen Füllstandwarnsystems für leeren Tank ausgelöst wurde, kann der Wartungsbetrieb deaktiviert oder gegebenenfalls der Zweistoffbetrieb wieder aktiviert werden.

4.2.3.2. Nichtverfügbarkeit von gasförmigem Kraftstoff — Fehlfunktion in der Gasversorgung

Bei Nichtverfügbarkeit von gasförmigem Kraftstoff infolge einer Fehlfunktion in der Gasversorgung muss sich der Wartungsbetrieb oder gegebenenfalls gemäß Absatz 4.2.3 der Flüssigkraftstoffbetrieb aktivieren.

Sobald die Gaszufuhr funktioniert, kann der Wartungsbetrieb deaktiviert oder gegebenenfalls der Zweistoffbetrieb wieder aktiviert werden.

4.3. Kraftstoffanzeiger für den Zweistoffbetrieb

4.3.1. Zweistoffbetriebsanzeiger

Nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte müssen über eine Anzeige verfügen, durch die das Betriebspersonal die jeweils aktuelle Betriebsart des Motors (Zweistoff-, Flüssigkraftstoff- oder Wartungsbetrieb) erkennt.

Die Merkmale und die Einbauposition dieser Anzeige sind in das Ermessen des Originalgeräteherstellers zu stellen, wobei die Integration in ein bereits bestehendes Anzeigesystems möglich ist.

Diese Anzeige kann durch eine Vorrichtung zur Anzeige von Hinweisen ergänzt werden. Das System für die Anzeige dieser Warnhinweise kann dasselbe sein wie das Diagnosesystem für NO_X-Emissionen oder für andere Instandhaltungszwecke.

Das Sichtelement des Zweistoffbetriebsanzeigers darf nicht dasselbe sein wie jenes für das Diagnosesystem für NO_X-Emissionen oder für andere Motorinstandhaltungszwecke.

Sicherheitswarnungen müssen gegenüber Hinweisen zur Betriebsart stets vorrangig angezeigt werden.

4.3.1.1. Der Zweistoffbetriebsanzeiger muss auf Wartungsbetrieb schalten, sobald der Wartungsbetrieb aktiviert ist (d. h., noch bevor dieser tatsächlich aktiv wird), und die Anzeige muss während der gesamten Dauer des aktiven Wartungsbetriebs sichtbar bleiben.

4.3.1.2. Sobald die Motorbetriebsart von Flüssigkraftstoffbetrieb auf Zweistoffbetrieb — oder umgekehrt — geändert wird, muss der Zweistoffbetriebsanzeiger für mindestens eine Minute auf Zweistoffbetrieb bzw. auf Flüssigkraftstoffbetrieb schalten. Diese Anzeige muss auch beim Einschalten der Zündung oder auf Antrag des Herstellers beim Anlassen des Motors für mindestens eine Minute erscheinen. Die Anzeige muss außerdem auf Anforderung durch das Bedienpersonal sichtbar werden.

4.3.2. Füllstandwarnsystem für leeren Gastank (Zweistoff-Warnsystem)

Nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte mit einem Zweistoffmotor müssen zum Hinweisen des Bedienpersonals auf einen nahezu leeren Gastank mit einem Zweistoff-Warnsystem ausgerüstet sein.

Das Zweistoff-Warnsystem muss aktiviert bleiben, bis der Füllstand des Tanks ein Niveau erreicht, oberhalb dessen das Warnsystem aktiviert wird.

Das Zweistoff-Warnsystem darf durch andere Warnsignale vorübergehend unterbrochen werden, sofern diese wichtige sicherheitsbezogene Hinweise anzeigen.

Das Zweistoff-Warnsystem darf sich erst dann mittels eines Lesegerätes abschalten lassen, wenn die Ursache für die Aktivierung des Warnsignals behoben wurde.

4.3.2.1. Merkmale des Zweistoff-Warnsystems

Das Zweistoff-Warnsystem besteht aus einem visuellen Warnsystem (Bildsymbol, Piktogramm usw.), dessen Ausgestaltung dem Hersteller überlassen bleibt.

Es kann nach Wahl des Herstellers eine akustische Komponente enthalten. Ist eine solche Komponente vorhanden, so ist die Möglichkeit ihrer Abschaltung durch das Bedienpersonal gestattet.

Das Sichtelement des Zweistoff-Warnsystems darf nicht dasselbe sein wie jenes für das Diagnosesystem für NO_X-Emissionen oder für andere Motorinstandhaltungszwecke.

Das Zweistoff-Warnsystem kann außerdem kurze Hinweise anzeigen, darunter Hinweise, die deutlich die Entfernung, die noch gefahren werden kann oder die verbleibende Zeit bis zur Aktivierung der Betriebsbeschränkung angeben.

Das System für die Anzeige dieser Warnungen und Hinweise kann dasselbe sein wie das System für die Anzeige von Warnungen und Hinweisen in Bezug auf das Diagnosesystem für NO_X-Emissionen oder für andere Instandhaltungszwecke.

Eine Einrichtung, die dem Bedienpersonal ermöglicht, die optischen Signale des Warnsystems zu dimmen, kann in nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten zur Verfügung gestellt werden, die von Rettungskräften genutzt werden oder die für den Einsatz durch die Streitkräfte, den Katastrophenschutz, die Feuerwehr und die für die Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung zuständigen Kräfte ausgelegt und gebaut sind.

4.4. Mitgeteiltes Drehmoment

4.4.1. Mitgeteiltes Drehmoment bei einem Zweistoffmotor im Zweistoffbetrieb

Bei einem Zweistoffmotor im Zweistoffbetrieb gilt:

a) Die abrufbare Bezugsdrehmomentkurve ist die bei der Prüfung des Motors im Zweistoffbetrieb auf einem Motorprüfstand erhaltene Kurve.

b) Die aufgezeichneten tatsächlichen Werte für das Drehmoment (angezeigtes Drehmoment und Reibungsdrehmoment) dürfen nicht aus dem ausschließlichen Flüssigkraftstoffbetrieb stammen, sondern müssen das Ergebnis der Verbrennung im Zweistoffbetrieb sein.

4.4.2. Mitgeteiltes Drehmoment bei einem Zweistoffmotor im Flüssigkraftstoffbetrieb

Beim Flüssigkraftstoffbetrieb eines Zweistoffmotors muss die abrufbare Bezugsdrehmomentkurve die bei der Prüfung des Motors im Flüssigkraftstoffbetrieb auf einem Motorprüfstand erhaltene Kurve sein.

4.5. Zusätzliche Anforderungen

4.5.1. Bei Zweistoffmotoren müssen Anpassungsstrategien zusätzlich zu den Anforderungen von Anhang 9 folgende Anforderungen erfüllen:

a) Der Motor bleibt stets innerhalb des für die Typgenehmigung angegebenen Zweistoff-Motortyps (d. h. Typ 1A, 2B usw.), und

b) bei einem Motor des Typs 2 übersteigt der Unterschied zwischen dem höchsten und dem niedrigsten GER_{cycle} innerhalb der Familie zu keinem Zeitpunkt den Bereich gemäß Anhang 10 Absatz 2.4.15 dieser Regelung, außer bei Motoren mit einer gemäß Absatz 3.1 dieses Anhangs zulässigen, vom Bedienpersonal regulierbaren Steuerung von GER_{cycle}.

4.6. Die Typgenehmigung erfolgt unter dem Vorbehalt, dass dem Originalgerätehersteller und Endnutzer gemäß Anlage 6 dieser Regelung Anweisungen für die Installation und den Betrieb des Zweistoffmotors erteilt werden, die sich auch auf den Wartungsbetrieb nach Absatz 4.2 und das Betriebsanzeigesystem nach Absatz 4.3 erstrecken.

5. LEISTUNGSANFORDERUNGEN

5.1. Die für Zweistoffmotoren geltenden Leistungsanforderungen einschließlich der Emissionsgrenzwerte und die Anforderungen für die Typgenehmigung sind identisch mit denen für jeden anderen Motor der betreffenden Motorenklasse gemäß dieser Regelung, sofern in diesem Absatz 5 nicht anders festgelegt.

5.2. Der Kohlenwasserstoffgrenzwert (HC-Grenzwert) für den Zweistoffbetrieb wird anhand des durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnisses (GER) über den angegebenen Prüfzyklus gemäß Anhang 4 Anlage A.6 bestimmt.

5.3. Die technischen Anforderungen in Bezug auf Emissionsminderungsstrategien, darunter die zu deren Nachweis erforderlichen Unterlagen, die technischen Vorschriften zur Verhinderung von Manipulationen und das Verbot von Abschalteinrichtungen sind identisch mit denen für jeden anderen Motor der betreffenden Motorenklasse gemäß Anhang 9.

5.4. Die detaillierten Anforderungen für den dem jeweiligen NRSC-Zyklus zugeordneten Bereich, innerhalb dessen die Menge, um die die Emissionen die Grenzwerte in Anlage 2 dieser Regelung übersteigen dürfen, geregelt wird, sind identisch mit denen für jeden anderen Motor der betreffenden Motorenklasse gemäß Anhang 7.

6. ANFORDERUNGEN AN DEN NACHWEIS

6.1. Die für Zweistoffmotoren geltenden Nachweisanforderungen sind identisch mit denen für jeden anderen Motor der betreffenden Motorenklasse gemäß dieser Regelung, sofern in Absatz 6 dieses Anhangs nicht anders festgelegt.

6.2. Die Einhaltung der geltenden Grenzwerte ist im Zweistoffbetrieb nachzuweisen.

6.3. Bei Zweistoffmotortypen mit einer Betriebsart für Flüssigkraftstoff (d. h. den Typen 1B, 2B, 3B) ist die Einhaltung der geltenden Grenzwerte außerdem im Flüssigkraftstoffbetrieb nachzuweisen.

6.4. Zusätzliche Nachweisanforderungen für Motoren des Typs 2

6.4.1. Der Hersteller legt der Typgenehmigungsbehörde Nachweise vor, die belegen, dass die Spanne von GER_{cycle} aller zur Zweistoffmotorenfamilie gehörenden Modelle in dem in Anhang 10 Absatz 2.4.15 festgelegten Bereich liegt, bzw. bei Motoren mit regulierbarem GER_{cycle} den Anforderungen von Absatz 6.5 genügt (zum Beispiel durch Algorithmen, Funktionsanalysen, Berechnungen, Simulationen, Ergebnisse von vorherigen Prüfungen usw.).

6.5. Zusätzliche Nachweisanforderungen für Motoren mit regulierbarem GER_{cycle}

6.5.1. Die Einhaltung der geltenden Grenzwerte ist bei dem vom Hersteller zugelassenen Mindest- und Höchstwert von GER_{cycle} nachzuweisen.

6.6. Nachweisanforderungen für die Dauerhaltbarkeit eines Zweistoffmotors

6.6.1. Es gelten die Vorschriften von Anhang 8.

6.7. Nachweis für Zweistoffbetriebsanzeiger, Warnsystem und Betriebsbeschränkung

6.7.1. Ein Hersteller, der einen Antrag auf Typgenehmigung nach dieser Regelung stellt, muss die Funktion der Zweistoffbetriebsanzeiger, des Warnsystems und der Betriebsbeschränkung gemäß Anlage A.1 dieses Anhangs nachweisen.

6.8. Dokumentation des Nachweises

Der Nachweis gemäß Absatz 6 dieses Anhangs ist durch einen Nachweisbericht zu dokumentieren. Dieser Bericht

a) beschreibt den durchgeführten Nachweis einschließlich des anzuwendenden Prüfzyklus;

b) wird in die in Anhang 1 dieser Regelung genannte Beschreibungsmappe aufgenommen.

7. ANFORDERUNGEN ZUR GEWÄHRLEISTUNG DES ORDNUNGSGEMÄSSEN BETRIEBS VON EINRICHTUNGEN ZUR BEGRENZUNG DER NO_X-EMISSIONEN

7.1. Anhang 9 (über technische Anforderungen an Einrichtungen zur Begrenzung der NO_X-Emissionen) gilt für Zweistoffmotoren im Zweistoff- wie im Flüssigkraftstoffbetrieb.

7.2. Zusätzliche Anforderungen an Einrichtungen zur Begrenzung der NO_X-Emissionen für Zweistoffmotoren der Typen 1B, 2B und 3B

7.2.1. Das für die starke Aufforderung gemäß Anhang 9 Absatz A.1.5.4 als anwendbar geltende Drehmoment ist das niedrigste der im Flüssigkraftstoffbetrieb und im Zweistoffbetrieb erzielten Drehmomente.

7.2.2. Ein möglicher Einfluss der Betriebsart auf die Erkennung von Fehlfunktionen darf nicht dazu verwendet werden, die Zeit zu verlängern, bis eine Aufforderung aktiv wird.

7.2.3. Bei Fehlfunktionen, deren Erkennung nicht von der Betriebsart des Motors abhängt, dürfen die in Anhang 9 genannten Mechanismen, die dem Status des Diagnose-Fehlercodes zugeordnet werden, nicht von der Betriebsart des Motors abhängen (z. B.: Wenn ein Diagnose-Fehlercode bei Zweistoffbetrieb den Status „potenziell“erhält, muss er bei der nächsten Erkennung der Fehlfunktion selbst im Flüssigkraftstoffbetrieb den Status „bestätigt und aktiv“erhalten).

7.2.4. Bei Fehlfunktionen, deren Erkennung von der Betriebsart des Motors abhängt, dürfen die Diagnose-Fehlercodes einen ursprünglichen Status „aktiv“nicht in einer anderen Betriebsart erhalten als in jener, in der sie den Status „bestätigt und aktiv“erhalten haben.

7.2.5. Ein Wechsel der Betriebsart (von Zweistoffbetrieb zu Flüssigkraftstoffbetrieb oder umgekehrt) darf die Mechanismen, die zur Einhaltung der Bestimmungen von Anhang 9 eingesetzt werden, weder unterbrechen noch zurücksetzen (Zähler usw.). Hängt jedoch einer dieser Mechanismen (z. B. ein Diagnosesystem) von der tatsächlichen Betriebsart ab, darf der diesem Mechanismus zugeordnete Zähler auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde:

a) anhalten und gegebenenfalls den aktuellen Wert beibehalten, wenn sich die Betriebsart ändert;

b) wieder mit der Zählung beginnen bzw. diese bei dem Zählerstand fortsetzen, bei dem er angehalten wurde, wenn der Motor wieder von der einen Betriebsart in die andere Betriebsart wechselt.

ANLAGE A.1

ZWEISTOFFBETRIEBSANZEIGER, WARNSYSTEM UND BETRIEBSBESCHRÄNKUNG — NACHWEISANFORDERUNGEN

A.1.1. Kraftstoffanzeiger für den Zweistoffbetrieb

A.1.1.1. Zweistoffbetriebsanzeiger

Bei der Typgenehmigung ist nachzuweisen, dass der Motor in der Lage ist, beim Zweistoffbetrieb den Zweistoffbetriebsanzeiger zu aktivieren.

A.1.1.2. Flüssigkraftstoffbetriebsanzeiger

Bei der Typgenehmigung eines Zweistoffmotors des Typs 1B, 2B oder 3B ist nachzuweisen, dass der Motor in der Lage ist, beim Flüssigkraftstoffbetrieb den Flüssigkraftstoffbetriebsanzeiger zu aktivieren.

A.1.1.3. Wartungsbetriebsanzeiger

Bei der Typgenehmigung ist nachzuweisen, dass der Motor in der Lage ist, beim Wartungsbetrieb den Wartungsbetriebsanzeiger zu aktivieren.

A.1.1.3.1. Bei einer derartigen Ausrüstung reicht es aus, den Nachweis hinsichtlich des Wartungsbetriebsanzeigers dadurch zu erbringen, dass ein Schalter für die Aktivierung des Wartungsbetriebs betätigt wird, und gegenüber der Typgenehmigungsbehörde zu belegen, dass die Aktivierung erfolgt, wenn der Wartungsbetrieb vom Motorsystem selbst angefordert wird (z. B. durch Algorithmen, Simulationen, Ergebnisse eigener Prüfungen usw.).

A.1.2. Warnsystem

Bei der Typgenehmigung ist nachzuweisen, dass der Motor in der Lage ist, das Warnsystem zu aktivieren, wenn die im Gastank enthaltene Menge an gasförmigem Kraftstoff unter den Warnpegel sinkt. Zu diesem Zweck kann die tatsächliche Menge an gasförmigem Kraftstoff simuliert werden.

A.1.3. Betriebsbeschränkung

Bei der Typgenehmigung eines Zweistoffmotors des Typs 1A oder 2A ist nachzuweisen, dass der Motor in der Lage ist, bei Entdeckung eines leeren Gastanks und einer Fehlfunktion in der Gasversorgung die Betriebsbeschränkung zu aktivieren. Zu diesem Zweck können der leere Gastank und die Fehlfunktion in der Gasversorgung simuliert werden.

A.1.3.1. Es reicht aus, den Nachweis für einen typischen, im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde ausgewählten Anwendungsfall zu erbringen und gegenüber der Behörde zu belegen, dass die Betriebsbeschränkung auch in den anderen möglichen Anwendungsfällen eintritt (z. B. durch Algorithmen, Simulationen, Ergebnisse eigener Prüfungen usw.).

ANLAGE A.2

ANFORDERUNGEN AN DIE EMISSIONSPRÜFUNGEN VON ZWEISTOFFMOTOREN

A.2.1. Allgemeines

Nachfolgend werden die zusätzlichen Anforderungen und Ausnahmen gemäß diesem Anhang beschrieben, die erforderlich sind, um die Emissionsprüfung von Zweistoffmotoren unabhängig davon zu ermöglichen, ob es sich nur um Abgasemissionen handelt oder auch um Kurbelgehäuseemissionen, die den Abgasemissionen gemäß Anhang 4 Absatz 6.10 hinzugefügt sind. Soweit keine zusätzlichen Anforderungen oder Ausnahmen aufgeführt sind, gelten die Anforderungen dieser Regelung für Zweistoffmotoren in gleicher Weise wie für alle anderen genehmigten Motortypen oder Motorenfamilien.

Die Emissionsprüfung eines Zweistoffmotors wird durch den Umstand kompliziert, dass der vom Motor verbrannte Kraftstoff zwischen reinem Flüssigkraftstoff und einem Gemisch aus überwiegend gasförmigem Kraftstoff mit einer kleinen Menge an Flüssigkraftstoff als Zündquelle variieren kann. Das Verhältnis der von einem Zweistoffmotor verbrannten Kraftstoffe kann sich je nach Betriebsbedingung des Motors auch dynamisch ändern. Infolgedessen gelten für die Emissionsprüfung solcher Motoren besondere Vorkehrungen und Einschränkungen.

A.2.2. Prüfbedingungen

Es gilt Anhang 4 Absatz 6.

A.2.3. Prüfverfahren

Es gilt Anhang 4 Absatz 7.

A.2.4. Messverfahren

Soweit in dieser Anlage nicht anders festgelegt, gilt Anhang 4 Absatz 8.

In Anhang 4 Abbildung A.4-5 ist ein Vollstromverdünnungs-Messverfahren für Zweistoffmotoren (CVS-System) dargestellt.

Bei diesem Messverfahren ist gewährleistet, dass die sich während der Prüfung ändernde Kraftstoffzusammensetzung vorwiegend auf die Messung der Kohlenwasserstoffe auswirkt. Dies ist durch eines der in Absatz A.2.7 dieser Anlage beschriebenen Verfahren zu kompensieren.

Rohabgas-/Teilstrom-Messverfahren nach Anhang 4 Abbildung A.4-6 können angewandt werden, wenn entsprechende Vorkehrungen bei der Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes und den Berechnungsverfahren getroffen werden.

A.2.5. Messeinrichtungen

Es gilt Anhang 4 Absatz 9.

A.2.6. Messung der emittierten Partikelzahl

Es gilt Anhang 4 Anlage A.1.

A.2.7. Berechnung der Emissionen

Soweit in diesem Abschnitt nicht anders festgelegt, erfolgt die Berechnung der Emissionen gemäß Anhang 5. Die zusätzlichen Anforderungen gemäß Absatz A.2.7.1 gelten für massenbasierte Berechnungen, und die zusätzlichen Anforderungen gemäß Absatz A.2.7.2 gelten für molbasierte Berechnungen.

Zur Berechnung der Emissionen muss die Zusammensetzung der eingesetzten Kraftstoffe bekannt sein. Bei gasförmigen Kraftstoffen, deren Eigenschaften bescheinigt sind (z. B. Flaschengas), ist es zulässig, die vom Lieferanten angegebene Zusammensetzung zu verwenden. Wenn die Zusammensetzung nicht verfügbar ist (z. B. Kraftstoff aus Leitung), so muss die Kraftstoffzusammensetzung zumindest vor und nach der Emissionsprüfung analysiert werden. Häufigere Analysen sind zulässig; die Ergebnisse werden bei der Berechnung verwendet.

Bei Verwendung des Gas-Energie-Verhältnisses (GER) muss dieses mit der Definition in Absatz 2 dieser Regelung und den einschlägigen Bestimmungen über die Grenzwerte für Kohlenwasserstoffe (HC) insgesamt für ausschließlich und teilweise mit Gas betriebene Motoren in Anlage 2 dieser Regelung in Einklang stehen. Der Durchschnittswert von GER über den gesamten Zyklus wird nach einer der folgenden Methoden berechnet:

Bei dynamischen Prüfzyklen mit Warmstart und RMC-NRSC durch Division der Summe der GER-Werte an jedem Messpunkt durch die Anzahl der Messpunkte;

bei Einzelphasen-NRSC durch Multiplikation des durchschnittlichen GER-Werts für jede Prüfphase mit dem entsprechenden Gewichtungsfaktor für diese Phase und Berechnung der Summe für alle Phasen. Die Gewichtungsfaktoren werden Anhang 4 Anlage A.6 für den anwendbaren Zyklus entnommen.

A.2.7.1. Massenbasierte Emissionsberechnung

Soweit in diesem Absatz nicht anders festgelegt, gilt Anhang 5 Anlage A.1.

A.2.7.1.1. Trocken-Feucht-Umrechnung

A.2.7.1.1.1. Rohabgas

Die Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand erfolgt mit den Gleichungen (A.5-3) und (A.5-4) von Anhang 5 Anlage A.1.

Die kraftstoffspezifischen Parameter werden gemäß Absatz A.2.7.1.5 bestimmt.

A.2.7.1.1.2. Verdünntes Abgas

Die Umrechnung vom feuchten in den trockenen Bezugszustand erfolgt mit Gleichung (A.5-3) in Verbindung mit Gleichung (A.5-25) oder (A.5-26) von Anhang 5.

Für die Umrechnung vom feuchten in den trockenen Bezugszustand ist das Molverhältnis für Wasserstoff α der Kombination der beiden Kraftstoffe zugrundezulegen. Dieses Molverhältnis ist ausgehend von den Messwerten für den Kraftstoffverbrauch der beiden Kraftstoffe gemäß Absatz A.2.7.1.5 zu berechnen.

A.2.7.1.2. Feuchtigkeitskorrektur der NO_X-Konzentration

Die Feuchtigkeitskorrektur der NO_X-Konzentration für Selbstzündungsmotoren erfolgt gemäß Gleichung (A.5-9) von Anhang 5.

A.2.7.1.3. Teilstromverdünnung und Messung im Rohabgas

A.2.7.1.3.1. Berechnung des Rohabgas-Massendurchsatzes

Der Abgasmassendurchsatz wird mithilfe eines Rohabgas-Durchsatzmessers gemäß Anhang 5 Absatz 9.4.5.3 bestimmt.

Alternativ kann das Verfahren für die Messung des Luftdurchsatzes und des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gemäß den Gleichungen (A.5-17) bis (A.5-19) von Anhang 5 nur angewandt werden, wenn die Werte α, γ, δ und ε gemäß Absatz A.2.7.1.5.3 bestimmt werden. Die Verwendung einer Zirkonsonde zur Bestimmung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses ist nicht zulässig.

Bei der Prüfung von Motoren, die stationären Prüfzyklen unterzogen werden, darf nur der Abgasmassendurchsatz mit dem Verfahren zur Luft- und Kraftstoffmessung gemäß Gleichung (A.5-15) von Anhang 5 bestimmt werden.

A.2.7.1.3.2. Bestimmung der gasförmigen Bestandteile

Soweit in diesem Absatz nicht anders festgelegt, gilt Anhang 5 Anlage A.1 Absatz A.1.1.

Die möglichen Variationen der Kraftstoffzusammensetzung beeinflussen sämtliche in den Emissionsberechnungen verwendeten u_{gas}-Faktoren und Molverhältnisse. Die Bestimmung der u_{gas}-Faktoren und Molverhältnisse erfolgt nach Wahl des Herstellers mit einem der folgenden Ansätze.

a) Zur Berechnung momentaner Werte von u_{gas} unter Verwendung der momentanen Verhältnisse von flüssigem und gasförmigem Kraftstoff (bestimmt anhand von Messungen oder Berechnungen des momentanen Kraftstoffverbrauchs) und der gemäß Absatz 7.1.5 bestimmten momentanen Molverhältnisse werden die exakten Gleichungen von Anhang 5 Anlage A.1 Absätze A.1.1.5.2 oder A.1.2.3 verwendet. oder

b) Wird im besonderen Fall eines mit Dieselkraftstoff und Gas betriebenen Zweistoffmotors die massenbasierte Berechnung nach Anhang 5 Anlage A.1 verwendet, so können für die Molverhältnisse und die Werte von u_{gas} Tabellenwerte genutzt werden. Diese Tabellenwerte sind wie folgt anzuwenden:

   i) Bei im anzuwendenden Motorprüfzyklus betriebenen Motoren mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von mindestens 90 % (GER ≥ 0,9) sind die den Tabellen A.5-1 oder A.5-2 von Anhang 5 zu entnehmenden Werte für gasförmigen Kraftstoff die benötigten Werte.

   ii) Bei im anzuwendenden Motorprüfzyklus betriebenen Motoren mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis zwischen 10 % und 90 % (0,1 < GER < 0,9) gelten die den Tabellen A.7-1 und A.7-2 zu entnehmenden Werte für ein Gemisch aus 50 % gasförmigem Kraftstoff und 50 % Dieselkraftstoff als repräsentativ für die benötigten Werte.

   iii) Bei im anzuwendenden Motorprüfzyklus betriebenen Motoren mit einem durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis von höchstens 10 % (GER ≤ 0,1) sind die den Tabellen A.5-1 oder A.5-2 von Anhang 5 zu entnehmenden Werte für Dieselkraftstoff die benötigten Werte.

   iv) Zur Berechnung der HC-Emissionen wird in allen Fällen unabhängig vom durchschnittlichen Gas-Energie-Verhältnis (GER) der u_{gas}-Wert des gasförmigen Kraftstoffs verwendet.

Tabelle A.7-1

Molverhältnisse bei einem Gemisch aus 50 % gasförmigem Kraftstoff und 50 % Dieselkraftstoff (Massenanteil)

Gasförmiger Kraftstoff	α	γ	δ	ε
CH_4	2,8681	0	0	0,0040
G_R	2,7676	0	0	0,0040
G_{23}	2,7986	0	0,0703	0,0043
G_{25}	2,7377	0	0,1319	0,0045
Propan	2,2633	0	0	0,0039
Butan	2,1837	0	0	0,0038
LPG	2,1957	0	0	0,0038
LPG Kraftstoff A	2,1740	0	0	0,0038
LPG Kraftstoff B	2,2402	0	0	0,0039

A.2.7.1.3.2.1. Masse der gasförmigen Emissionen je Prüfung

Werden zur Berechnung momentaner Werte von u_{gas} gemäß Absatz A.2.7.1.3.2 Buchstabe a die exakten Gleichungen verwendet, so ist zur Berechnung der Masse der gasförmigen Emissionen je Prüfung bei dynamischen Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC) und RMC u_{gas} in die Summierung in Gleichung (A.5-2) von Anhang 5 Anlage A.1 Absatz A.1.1.2 mittels der Gleichung (A.7-1) einzubeziehen:

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i} \right) \qquad \text{(A.7-1)}$$

Dabei gilt:

$u_{gas,i}$ der momentane Wert von u_{gas}

Die übrigen Terme der Gleichung sind wie in Anhang 5 Anlage A.1 Absatz A.1.1.2 angegeben.

Tabelle A.7-2

u_{gas}-Werte für das Rohabgas und Dichte der Abgasbestandteile bei einem Gemisch aus 50 % gasförmigem Kraftstoff und 50 % Dieselkraftstoff (Massenprozent)

Gasförmiger Kraftstoff	Erdgas						
	ρ_e	NO_X	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		ρ_{gas} [kg/m^3]					
		2,053	1,250	(a)	1,9636	1,4277	0,716
		u_{gas}(b)					
CNG/LNG (c)	1,2786	0,001606	0,000978	0,000528(d)	0,001536	0,001117	0,000560
Propan	1,2869	0,001596	0,000972	0,000510	0,001527	0,001110	0,000556
Butan	1,2883	0,001594	0,000971	0,000503	0,001525	0,001109	0,000556
LPG(e)	1,2881	0,001594	0,000971	0,000506	0,001525	0,001109	0,000556

(a) kraftstoffabhängig
(b) bei l = 2, trockener Luft, 273 K und 101,3 kPa
(c) Genauigkeit der u-Werte ± 0,2 % für folgende Massenverteilung: C = 58-76 %; H = 19-25 %; N = 0-14 % (CH_4, G_{20}, G_{23}, und G_{25})
(d) NMHC auf der Basis von $CH_{2,93}$ (für Gesamt-HC ist der u_{gas}-Faktor für CH_4 zu verwenden)
(e) Genauigkeit der u-Werte ± 0,2 % für folgende Massenverteilung: C_3 = 27-90 %; C_4 = 10-73 % (LPG Kraftstoffe A und B)

A.2.7.1.3.3. Partikelbestimmung

Zur Bestimmung der Partikelemissionen durch das Messverfahren mit Teilstromverdünnung ist die Berechnung gemäß den Gleichungen in Anhang 5 Anlage A.1 Absatz A.1.3 durchzuführen.

Für die Kontrolle des Verdünnungsverhältnisses gelten die Anforderungen von Anhang 5 Absatz 8.2.1.2. Insbesondere ist eine auf einem zuvor aufgezeichneten Prüflauf basierende vorausschauende Steuerung (Look-ahead-Steuerung) zu verwenden, falls die kombinierte Wandlungszeit des Abgasdurchsatzmesssystems und des Teilstromsystems über 0,3 s liegt. In diesem Fall muss die kombinierte Anstiegzeit ≤ 1 s und die kombinierte Ansprechverzögerung ≤ 10 s sein. Sofern der Abgasmassendurchsatz nicht direkt gemessen wird, sind bei dessen Bestimmung die nach Absatz A.2.7.1.5.3 bestimmten Werte von α, δ, γ und ε zu verwenden.

Bei jeder Messung ist die Qualitätsprüfung gemäß Anhang 4 Absatz A.8.2.1.2 durchzuführen.

A.2.7.1.3.4. Zusätzliche Anforderungen an den Abgasmassendurchsatzmesser

Der in Anhang 4 Absatz 9.4.1.5.3 und 9.4.1.5.4 genannte Durchsatzmesser muss gegen Änderungen der Zusammensetzung und Dichte des Abgases unempfindlich sein. Kleine Fehler, z. B. bei Messung am Pitotrohr oder einer Öffnung (entsprechend der Quadratwurzel der Abgasdichte), können vernachlässigt werden.

A.2.7.1.4. Vollstrom-Verdünnungssystem (CVS)

Soweit in diesem Absatz nicht anders festgelegt, gilt Anhang 5 Anlage A.1 Absatz A.1.2.

Die mögliche Schwankung in der Kraftstoffzusammensetzung wird sich vorwiegend auf den HC-u_{gas}-Tabellenwert auswirken. Zur Berechnung der Kohlenwasserstoffemission sind die exakten Gleichungen anzuwenden, wobei das Molverhältnis der Bestandteile angelegt wird, das sich bei den Messungen des Verbrauchs beider Kraftstoffe gemäß Absatz A.2.7.1.5 ergibt.

A.2.7.1.4.1. Bestimmung der hintergrundkorrigierten Konzentrationen

Zur Bestimmung des stöchiometrischen Faktors wird das Molverhältnis des Kraftstoffs für Wasserstoff α als durchschnittliches Molverhältnis des Kraftstoffgemisches für Wasserstoff während der Prüfung gemäß Absatz A.2.7.1.5.3 berechnet.

Alternativ dazu kann der F_s-Wert des gasförmigen Kraftstoffs in Gleichung (A.5-28) von Anhang 5 verwendet werden.

A.2.7.1.5. Bestimmung der Molverhältnisse

A.2.7.1.5.1. Allgemeines

Dieser Absatz wird zur Bestimmung der Molverhältnisse verwendet, wenn das Kraftstoffgemisch bekannt ist (exakte Methode).

A.2.7.1.5.2. Berechnung der Bestandteile des Kraftstoffgemischs

Die Berechnung der Elementzusammensetzung des Kraftstoffgemischs erfolgt anhand der Gleichungen (A.7-2) bis (A.7-7):

$$q_{mf} = q_{mf1} + q_{mf2} \quad \text{(A.7-2)}$$

$$W_{\mathrm{H}} = \frac{W_{H1} \times q_{mf1} + W_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-3)}$$

$$W_{\mathrm{C}} = \frac{W_{C1} \times q_{mf1} + W_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-4)}$$

$$W_{\mathrm{S}} = \frac{W_{S1} \times q_{mf1} + W_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-5)}$$

$$W_{\mathrm{N}} = \frac{W_{N1} \times q_{mf1} + W_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-6)}$$

$$W_{\mathrm{O}} = \frac{W_{O1} \times q_{mf1} + W_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad \text{(A.7-7)}$$

Dabei gilt:

q_{mf1} der Massendurchsatz des Kraftstoffs 1 [kg/s]

q_{mf2} der Massendurchsatz des Kraftstoffs 2 [kg/s]

w_{H} der Wasserstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

w_{H} der Kohlenstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

w_{S} der Schwefelgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

w_{N} der Stickstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

w_{O} der Sauerstoffgehalt des Kraftstoffs [Massenprozent]

A.2.7.1.5.3. Berechnung der Molverhältnisse von H, C, S, N und O im Verhältnis zu C für das Kraftstoffgemisch

Die Berechnung der Atomverhältnisse (insbesondere des H/C-Verhältnisses α) ist in Anhang 5 durch die Gleichungen (A.7-8) bis (A.7-11) vorgegeben:

$$\alpha = 11{,}9164 \cdot \frac{w_{\mathrm{H}}}{w_{\mathrm{C}}} \quad \text{(A.7-8)}$$

$$\gamma = 0{,}37464 \cdot \frac{w_{\mathrm{S}}}{w_{\mathrm{C}}} \quad \text{(A.7-9)}$$

$$\delta = 0,85752 \cdot \frac{w_N}{w_C} \quad \text{(A.7-10)}$$

$$\varepsilon = 0,75072 \cdot \frac{w_O}{w_C} \quad \text{(A.7-11)}$$

Dabei gilt:

w_H der Wasserstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenanteil [g/g] oder [Massenprozent]

w_C der Kohlenstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenanteil [g/g] oder [Massenprozent]

w_S der Schwefelgehalt des Kraftstoffs, Massenanteil [g/g] oder [Massenprozent]

w_N der Stickstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenanteil [g/g] oder [Massenprozent]

w_O der Sauerstoffgehalt des Kraftstoffs, Massenanteil [g/g] oder [Massenprozent]

α das Molverhältnis für Wasserstoff (H/C)

γ das Molverhältnis für Schwefel (S/C)

δ das Molverhältnis für Stickstoff (N/C)

ε das Molverhältnis für Sauerstoff (O/C)

bezogen auf einen Kraftstoff $CH\alpha O\varepsilon N\delta S\gamma$

A.2.7.2. Molbasierte Emissionsberechnung

Soweit in diesem Absatz nicht anders festgelegt, gilt Anhang 5 Anlage A.2.

A.2.7.2.1. Feuchtigkeitskorrektur der NO_X-Konzentration

Die Berechnung erfolgt anhand der Gleichung (A.5-102) von Anhang 5 Anlage A.2 (Korrektur für Selbstzündungsmotoren).

A.2.7.2.2. Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes ohne Verwendung eines Rohabgas-Durchsatzmessers

Die Berechnung erfolgt anhand der Gleichung (A.5-112) von Anhang 5 Anlage A.2 (Berechnung des Moldurchsatzes auf Grundlage der Ansaugluft). Lediglich bei Durchführung einer NRSC-Prüfung kann alternativ die Gleichung (A.5-113) von Anhang 5 Anlage A.2 (Berechnung des Moldurchsatzes auf Grundlage des Kraftstoffmassendurchsatzes) verwendet werden.

A.2.7.2.3. Molverhältnisse zur Bestimmung der gasförmigen Bestandteile

Die Ermittlung der Molverhältnisse unter Verwendung der momentanen Verhältnisse von flüssigem und gasförmigem Kraftstoff (bestimmt anhand von Messungen oder Berechnungen des momentanen Kraftstoffverbrauchs) erfolgt nach der exakten Vorgehensweise. Die momentanen Molverhältnisse gehen in die Gleichungen (A.5-88), (A.5-90) und (A.5-91) von Anhang 5 Anlage A.2 für das kontinuierliche chemische Gleichgewicht ein.

Die Bestimmung der Verhältnisse erfolgt entweder gemäß Absatz A.2.7.2.3.1 oder gemäß Absatz A.2.7.1.5.3.

Gemischte oder mit einer Leitung zugeführte gasförmige Kraftstoffe können erhebliche Mengen an inerten Bestandteilen wie CO_2 und N_2 enthalten. Diese Bestandteile werden vom Hersteller entweder in die Berechnung der Atomverhältnisse gemäß Absatz A.2.7.2.3.1 oder A.2.7.1.5.3 einbezogen oder von den Atomverhältnissen ausgeschlossen und in zweckmäßiger Weise den Ansaugluftparametern für das chemische Gleichgewicht x_{O2int}, x_{CO2int} und x_{H2Oint} in Anhang 5 Anlage A.2 Absatz A.2.4.3 zugeschlagen.

A.2.7.2.3.1. Bestimmung der Molverhältnisse

Die momentanen Molverhältnisse der Zahl der Wasserstoff-, Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffatome gegenüber Kohlenstoffatomen im Kraftstoffgemisch für Zweistoffmotoren können anhand der Gleichungen (A.7-12) bis (A.7-15) berechnet werden:

$$\alpha(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}}{M_H} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas}\right)}{M_H \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-12)}$$

$$\beta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}}{M_O} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas}\right)}{M_O \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-13)}$$

$$\gamma(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}}{M_S} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas}\right)}{M_S \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-14)}$$

$$\delta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}}{M_N} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas}\right)}{M_N \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}\right)\right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}\right)} \quad \text{(A.7-15)}$$

Dabei gilt:

$w_{i,fuel}$ = Massenanteil des fraglichen Elements — C, H, O, S, oder N, am flüssigen oder gasförmigen Kraftstoff;

$\dot{m}_{liquid}(t)$ = momentaner Massendurchsatz an Flüssigkraftstoff zum Zeitpunkt t [kg/h];

$\dot{m}_{gas}(t)$ = momentaner Massendurchsatz an gasförmigem Kraftstoff zum Zeitpunkt t [kg/h];

In den Fällen, in denen der Absatzmassendurchsatz auf Grundlage des Kraftstoffgemischs berechnet wird, ist w_C in Gleichung (A.5-113) von Anhang 5 Anlage A.2 anhand der Gleichung (A.7-16) zu berechnen:

$$w_C = \frac{\dot{m}_{liquid} \times w_{C,liquid} + \dot{m}_{gas} \times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid} + \dot{m}_{gas}} \quad \text{(A.7-16)}$$

Dabei gilt:

w_C = Massenanteil des Kohlenstoffs im Dieselkraftstoff oder gasförmigen Kraftstoff;

$\dot{m}_{liquid}$ = Massendurchsatz an Flüssigkraftstoff [kg/h];

$\dot{m}_{gas}$ = Massendurchsatz an gasförmigem Kraftstoff [kg/h].

A.2.7.3. Bestimmung der CO_2-Emissionen

Soweit die Prüfung des Motors nicht in dynamischen Zyklen oder gestuften Mehrphasenzyklen (RMC) unter Rohabgasprobenentnahme erfolgt, gilt Anhang 5.

A.2.7.3.1. Bestimmung der CO_2-Emissionen bei der Prüfung in dynamischen Zyklen (NRTC und LSI-NRTC) oder RMC unter Rohabgasprobenentnahme

Die Berechnung der CO_2-Emissionen aus dem im Abgas gemessenen CO_2 gemäß Anhang 5 kommt nicht zur Anwendung. Stattdessen gelten die folgenden Vorschriften:

Der gemessene und prüfungsgemittelte Kraftstoffverbrauch wird anhand der Summe der momentanen Werte über den gesamten Zyklus bestimmt und als Grundlage für die Berechnung der prüfungsgemittelten CO_2-Emissionen herangezogen.

Die Masse jeder der verbrauchten Kraftstoffarten wird verwendet, um gemäß Absatz A.2.7.1.5 das Molverhältnis für Wasserstoff und die Massenanteile des Kraftstoffgemischs zu bestimmen.

Die korrigierte Gesamtkraftstoffmasse beider Kraftstoffarten $m_{fuel,corr}$ [g/Prüfung] und die Masse der CO_2-Emissionen aus dem Kraftstoff $m_{CO2,\ fuel}$ [g/Prüfung] wird anhand der Gleichungen (A.7-17) und (A.7-18) ermittelt.

$$m_{fuel,corr} = m_{fuel} - \left(m_{THC} + \frac{A_C + a * A_H}{M_{CO}} \times m_{CO} + \frac{W_{GAM} + W_{DEL} + W_{EPS}}{100} \times m_{fuel} \right) \quad \text{(A.7-17)}$$

$$m_{CO_2,fuel} = \frac{M_{CO_2}}{A_C + a * A_H} \times m_{fuel,corr} \quad \text{(A.7-18)}$$

Dabei gilt:

m_{fuel} = Gesamtkraftstoffmasse beider Kraftstoffarten [g/Prüfung]

m_{THC} = Masse der Emissionen der Gesamtkohlenwasserstoffe im Abgas [g/Prüfung]

m_{CO} = Masse der Emissionen von Kohlenmonoxid im Abgas [g/Prüfung]

w_{GAM} = Schwefelgehalt der Kraftstoffarten [Massenprozent]

w_{DEL} = Stickstoffgehalt der Kraftstoffarten [Massenprozent]

w_{EPS} = Sauerstoffgehalt der Kraftstoffe [Massenprozent]

a = Molverhältnis der Kraftstoffe für Wasserstoff (H/C) [-]

A_C = Atommasse von Kohlenstoff: 12,011 [g/mol]

A_H = Atommasse von Wasserstoff: 1,0079 [g/mol]

M_{CO} = Molekülmasse von Kohlenmonoxid: 28,011 [g/mol]

M_{CO2} = Molekülmasse von Kohlendioxid: 44,01 [g/mol]

Die auf Harnstoff zurückzuführende CO_2-Emission $m_{CO2,urea}$ [g/Prüfung] wird anhand der Gleichung (A.7-19) berechnet:

$$m_{CO2,urea} = \frac{c_{urea}}{100} \times \frac{M_{CO2}}{M_{CO(NH2)2}} \times m_{urea} \quad \text{(A.7-19)}$$

Dabei gilt:

c_{urea} = Harnstoff-Konzentration [%]

m_{urea} = Gesamtverbrauch an Harnstoffmasse [g/Prüfung]

$M_{CO(NH2)2}$ = Molekülmasse von Harnstoff: 60,056 [g/mol]

Daraufhin wird die Masse der CO_2-Gesamtemission m_{CO2} [g/Prüfung] anhand der Gleichung (A.7-20) berechnet:

$$m_{CO2} = m_{CO2,fuel} + m_{CO2,urea} \quad \text{(A.7-20)}$$

Die anhand der Gleichung A.7-20 berechneten CO_2-Gesamtemissionen werden zur Berechnung der bremsspezifischen CO_2-Emissionen e_{CO2} [g/kWh] in Anhang 5 Anlage A.1 Absatz A.1.4.1.1 oder Anlage A.2 Absatz A.2.8.1.1 verwendet. Gegebenenfalls wird die Berichtigung des CO_2-Anteils im Abgas aufgrund des CO_2-Gehalts des gasförmigen Kraftstoffs gemäß Anhang 6 Anlage A.3 vorgenommen.

ANLAGE A.3

MIT ERDGAS/BIOMETHAN ODER FLÜSSIGGAS UND EINEM FLÜSSIGKRAFTSTOFF BETRIEBENE ZWEISTOFFMOTORTYPEN — DARSTELLUNG DER BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND GRUNDLEGENDE ANFORDERUNGEN

Zweistoff-motortyp	GER_{cycle}	Leerlauf mit Flüssigkraftstoff	Warmlauf mit Flüssigkraftstoff	Betrieb nur mit Flüssigkraftstoff	Betrieb bei Fehlen von Gas	Bemerkungen
1 A	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oder $GER_{NRSC} \geq 0,9$	NICHT zulässig	Nur im Wartungsbetrieb zulässig	Nur im Wartungsbetrieb zulässig	Wartungsbetrieb	
1 B	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oder $GER_{NRSC} \geq 0,9$	Nur im Flüssigkraftstoffbetrieb zulässig	Nur im Flüssigkraftstoffbetrieb zulässig	Nur im Flüssigkraftstoff- und Wartungsbetrieb zulässig	Flüssigkraftstoffbetrieb	
2A	$0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ oder $0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$	Zulässig	Nur im Wartungsbetrieb zulässig	Nur im Wartungsbetrieb zulässig	Wartungsbetrieb	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oder $GER_{NRSC} \geq 0,9$ zulässig
2 B	$0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ oder $0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$	Zulässig	Zulässig	Zulässig	Flüssigkraftstoffbetrieb	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oder $GER_{NRSC} \geq 0,9$ zulässig
3 A	Weder definiert noch zulässig					
3B	$GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$ oder $GER_{NRSC} \leq 0,1$	Zulässig	Zulässig	Zulässig	Flüssigkraftstoffbetrieb	

ANHANG 8

METHODE ZUR ANPASSUNG DER ERGEBNISSE DER EMISSIONSPRÜFUNGEN IM LABOR ZUR EINBEZIEHUNG VON VERSCHLECHTERUNGSFAKTOREN

1. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Im Sinne dieses Anhangs bezeichnet der Ausdruck:

1.1. „Alterungszyklus“den Betrieb von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen oder Geräten (Drehzahl, Last, Leistung), der während des Betriebsakkumulationszeitraums realisiert werden soll;

1.2. „kritische emissionsrelevante Bauteile“die Abgasnachbehandlungsanlage, die elektronische Motorsteuereinheit mit den zugehörigen Sensoren und Aktoren sowie die AGR-Anlage einschließlich aller mit ihr zusammenhängenden Filter, Kühler, Steuerventile und Rohrleitungen;

1.3. „kritische emissionsrelevante Wartung“die Wartung, die bei kritischen emissionsrelevanten Bauteilen des Motors durchzuführen ist;

1.4. „emissionsrelevante Wartung“die Wartung, die sich wesentlich auf Emissionen auswirkt oder sich wahrscheinlich auf die Verschlechterung der Emissionsleistung der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräte oder des Motors im normalen Fahrbetrieb auswirken wird;

1.5. „Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie“eine vom Hersteller gebildete Untermenge von Motoren einer Motorenfamilie, die jedoch in eine weitere Unterfamilie von Motorenfamilien mit ähnlichen Abgasnachbehandlungssystemen unterteilt sind;

1.6. „nicht emissionsrelevante Wartung“die Wartung, die die Emissionen nicht erheblich beeinflusst und die Verschlechterung der Emissionsleistung der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräte oder des Motors während des normalen Betriebs nicht dauerhaft beeinflusst, nachdem die Wartung durchgeführt worden ist;

1.7. „Betriebsakkumulationsprogramm“den Alterungszyklus und den Betriebsakkumulationszeitraum zur Festlegung von Verschlechterungsfaktoren für die Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie.

2. ALLGEMEINES

2.1. In diesem Anhang werden die Verfahren für die Auswahl jener Motoren beschrieben, die in einem Betriebsakkumulationsprogramm zur Ermittlung der Verschlechterungsfaktoren im Rahmen des Typgenehmigungsverfahrens und der Bewertung der Übereinstimmung der Produktion bei Motortypen geprüft werden. Die Verschlechterungsfaktoren werden auf die gemäß Anhang 4 gemessenen Emissionen angewandt und gemäß Anhang 5 berechnet entsprechend dem Verfahren nach Absatz 3.2.7 bzw. Absatz 4.3 dieses Anhangs.

2.2. Bei den zur Bestimmung der Verschlechterung durchgeführten Betriebsakkumulations- oder Emissionsprüfungen muss kein Vertreter der Typgenehmigungsbehörde zugegen sein.

2.3. In diesem Anhang sind außerdem die emissionsrelevanten und nicht emissionsrelevanten Wartungsarbeiten aufgeführt, die an Motoren, die einem Betriebsakkumulationsprogramm unterzogen werden, vorgenommen werden sollten oder dürfen. Diese Wartung muss der Wartung entsprechen, die an in Betrieb befindlichen Motoren vorgenommen und den Endnutzern von neuen Motoren mitgeteilt wird.

3. MOTORENKLASSEN NRE, NRG, ATS UND UNTERKLASSEN NRS-v-2b UND NRS-v-3

3.1. Auswahl der Motoren für die Festlegung von Verschlechterungsfaktoren für die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode

3.1.1. Aus der nach Anhang 10 Absatz 2 festgelegten Motorenfamilie werden Motoren für die Emissionsprüfung zur Bestimmung der Verschlechterungsfaktoren für die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode entnommen.

3.1.2. Motoren aus verschiedenen Motorenfamilien können nach der Art ihres Abgasnachbehandlungssystems oder, wenn kein Nachbehandlungssystem verwendet wird, auf der Grundlage der Ähnlichkeit der technischen Merkmale der Emissionsminderungssystem zu weiteren Motorenfamilien zusammengefasst werden. Motoren mit unterschiedlicher Bohrung und unterschiedlichem Hub, unterschiedlicher Konfiguration, unterschiedlichen Luftaufbereitungssystemen oder unterschiedlichen Kraftstoffsystemen können in Bezug auf die Emissionsverschlechterungsmerkmale als äquivalent eingestuft werden, sofern der Hersteller der Typgenehmigungsbehörde Daten vorlegt, aus denen hervorgeht, dass es hierfür eine hinreichende technische Grundlage gibt. Wenn der Hersteller Motorenfamilien, die sich hinsichtlich technischer Merkmale und Installation des Abgasnachbehandlungssystems ähneln, in einer Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie zusammenfassen möchte, muss er der Typgenehmigungsbehörde Daten vorlegen, aus denen hervorgeht, dass die Leistung der Emissionsreduzierung dieser Motoren ähnlich ist.

3.1.3. Der Prüfmotor muss die Emissionsverschlechterungsmerkmale der Motorenfamilien repräsentieren, die als resultierende Verschlechterungsfaktoren bei der Typgenehmigung angewendet werden. Der Motorenhersteller wählt einen Motor aus, der für die Motorenfamilie, die Gruppe von Motorenfamilien oder die Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie gemäß Absatz 3.1.2 dieses Anhangs repräsentativ ist. Dieser Motor wird über das in Absatz 3.2.2 dieses Anhangs genannte Betriebsakkumulationsprogramm geprüft. Vor Beginn der Prüfungen ist die Typgenehmigungsbehörde über den gewählten Motor zu informieren.

3.1.4. Falls die Typgenehmigungsbehörde zu dem Schluss kommt, dass es günstiger ist, den schlechtesten Emissionswert der Motorenfamilie, der Gruppe der Motorenfamilie oder der Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie anhand eines anderen Prüfmotors zu bestimmen, so ist der zu verwendende Prüfmotor von der Typgenehmigungsbehörde und dem Motorhersteller gemeinsam auszuwählen.

3.2. Bestimmung von Verschlechterungsfaktoren für die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode

3.2.1. Allgemeines

Die für eine Motorenfamilie, eine Gruppe von Motorenfamilien oder eine Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie geltenden Verschlechterungsfaktoren sind von den ausgewählten Motoren auf Grundlage eines Betriebsakkumulationsprogramms abzuleiten, das die regelmäßige Prüfung auf gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel während der einzelnen Prüfzyklen gemäß Anlage 3 dieser Regelung umfasst. Bei der NRTC-Prüfung sind nur die Ergebnisse des Warmstartlaufs zu verwenden.

3.2.1.1. Auf Antrag des Herstellers kann die Typgenehmigungsbehörde die Verwendung von Verschlechterungsfaktoren, die mit anderen Verfahren als mit den in den Absätzen 3.2.2 bis 3.2.5 dieses Anhangs beschriebenen ermittelt wurden, erlauben. In diesem Fall muss der Hersteller zur Zufriedenheit der Typgenehmigungsbehörde nachweisen, dass diese alternativen Verfahren mindestens so streng sind, wie die in Absatz 3.2.2 bis 3.2.5 dieses Anhangs beschriebenen Verfahren.

3.2.2. Betriebsakkumulationsprogramm

Betriebsakkumulationsprogramme kann der Hersteller entweder anhand einer/eines im Betrieb befindlichen nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts mit dem gewählten Motor oder anhand des Betriebs des gewählten Motors auf dem Prüfstand durchführen. Die Verwendung von Bezugskraftstoff für Emissionsmessungen zwischen den Prüfpunkten des Betriebsakkumulationsprogramms wird nicht vorgeschrieben.

3.2.2.1. Betriebsakkumulation im Betrieb und auf dem Prüfstand

3.2.2.1.1. Der Hersteller bestimmt nach bestem fachlichen Ermessen die Art und die Dauer des Betriebsakkumulationsprogramms und des Alterungszyklus für die Motoren.

3.2.2.1.2. Der Hersteller legt fest, wann während der entsprechenden Zyklen gasförmige und Partikelemissionen gemessen werden.

3.2.2.1.2.1. Läuft ein Betriebsakkumulationsprogramm kürzer als die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode nach Absatz 3.2.2.1.7 dieses Anhangs, so muss es mindestens drei Prüfpunkte geben, einen zu Beginn, einen etwa in der Mitte und einen am Ende des Betriebsakkumulationsprogramms.

3.2.2.1.2.2. Wird die Betriebsakkumulationsprüfung bis zum Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode fertiggestellt, so muss es mindestens zwei Prüfpunkte geben, einen zu Beginn und einen am Ende des Betriebsakkumulationsprogramms.

3.2.2.1.2.3. Der Hersteller kann zusätzlich an gleichmäßig verteilten Zwischenprüfpunkten prüfen.

3.2.2.1.3. Die Emissionswerte am Anfang und am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode, die gemäß Absatz 3.2.5.1 dieses Anhangs errechnet oder gemäß Absatz 3.2.2.1.2.2 dieses Anhangs direkt gemessen werden, müssen den für die Motorenfamilie geltenden Grenzwerten entsprechen. Einzelne Emissionsergebnisse der Prüfpunkte dürfen diese Grenzwerte jedoch überschreiten.

3.2.2.1.4. Bei Motorenklassen oder Unterklassen, für die ein dynamischer Zyklus gilt, kann der Herstellers die Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde dazu beantragen, dass an jedem Prüfpunkt nur ein Prüfzyklus (entweder NRTC-Zyklus mit Warmstart oder LSI-NRTC-Zyklus oder NRSC-Zyklus) durchgeführt wird und der andere Prüfzyklus lediglich am Anfang und am Ende des Betriebsakkumulationsprogramms durchgeführt wird.

3.2.2.1.5. Bei Motorenklassen oder Unterklassen, für die in Anhang 4 Anlage A.6 keine anzuwendende dynamische Prüfung für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte festgelegt ist, wird an jedem Prüfpunkt nur der NRSC-Zyklus durchgeführt.

3.2.2.1.6. Die Betriebsakkumulationsprogramme können bei Motoren verschiedener Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilien unterschiedlich sein.

3.2.2.1.7. Die Betriebsakkumulationsprogramme können kürzer als die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode sein, aber sie dürfen nicht kürzer als mindestens ein Viertel der entsprechenden, in Anlage 3 dieser Regelung angegebenen Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode sein.

3.2.2.1.8. Eine beschleunigte Alterung, bei der das Betriebsakkumulationsprogramm auf Grundlage des Kraftstoffverbrauchs eingestellt wird, ist zulässig. Die Einstellung muss auf dem Verhältnis zwischen dem typischen Kraftstoffverbrauch im Betrieb und dem Kraftstoffverbrauch im Alterungszyklus basieren, aber der Kraftstoffverbrauch im Alterungszyklus darf den typischen Kraftstoffverbrauch im Betrieb nicht um mehr als 30 Prozent übersteigen.

3.2.2.1.9. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde können andere Methoden zur beschleunigten Alterung verwendet werden.

3.2.2.1.10. Das Betriebsakkumulationsprogramm ist im Antrag auf Typgenehmigung ausführlich zu beschreiben und vor Aufnahme der Prüfungen der Typgenehmigungsbehörde mitzuteilen.

3.2.2.2. Falls die Typgenehmigungsbehörde zu dem Schluss kommt, dass zusätzliche Messungen zwischen den vom Hersteller bestimmten Prüfpunkten erforderlich sind, teilt sie dies dem Hersteller mit. Der Hersteller muss dann die Betriebsakkumulationsprogramme überarbeiten und von der Typgenehmigungsbehörde billigen lassen.

3.2.3. Motorprüfung

3.2.3.1. Stabilisierung des Motors

3.2.3.1.1. Für jede Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie ermittelt der Hersteller, nach wie vielen Betriebsstunden der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Motors sich das Betriebsverhalten des Abgasnachbehandlungssystems stabilisiert hat. Auf Verlangen der Typgenehmigungsbehörde muss der Hersteller ihr die diesem Wert zugrunde liegenden Daten und Analysen vorlegen. Wahlweise kann der Hersteller den Motor oder die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät zwischen 60 und 125 Stunden lang oder über die entsprechende Zeit im Alterungszyklus betreiben, um das Abgasnachbehandlungssystem zu stabilisieren.

3.2.3.1.2. Das Ende der Stabilisierungsphase gemäß Absatz 3.2.3.1.1 dieses Anhangs gilt als Beginn des Betriebsakkumulationsprogramms.

3.2.3.2. Betriebsakkumulationsprüfung

3.2.3.2.1. Nach der Stabilisierung wird der Motor gemäß dem vom Hersteller gewählten und in Absatz 3.2.2 dieses Anhangs beschriebenen Betriebsakkumulationsprogramm betrieben. Der Motor wird regelmäßig zu den vom Hersteller und gegebenenfalls von der Typgenehmigungsbehörde gemäß Absatz 3.2.2.2 dieses Anhangs im Betriebsakkumulationsprogramm festgelegten Zeitpunkten den für die Motorenklasse geltenden NRTC- und NRSC-Prüfzyklen mit Warmstart oder den LSI-NRTC- und NRSC-Prüfzyklen auf gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel gemäß Anlage 3 dieser Regelung unterzogen.

Der Hersteller kann die Schadstoffemissionen vor Anbringung eines Abgasnachbehandlungssystems getrennt von den Schadstoffemissionen nach Anbringung eines Abgasnachbehandlungssystems messen.

Wurde nach Absatz 3.2.2.1.4 dieses Anhangs vereinbart, dass an jedem Prüfpunkt nur ein Prüfzyklus (NRTC mit Warmstart, LSI-NRTC oder NRSC) durchgeführt wird, muss der jeweils andere Prüfzyklus (NRTC mit Warmstart, LSI-NRTC oder NRSC) am Anfang und am Ende des Betriebsakkumulationsprogramms durchgeführt werden.

Gemäß Absatz 3.2.2.1.5 dieses Anhangs wird bei Motorenklassen oder -unterklassen, für die in Anhang 6 Anlage 4 dieser Regelung keine anzuwendende dynamische Prüfung für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte festgelegt ist, an jedem Prüfpunkt nur der NRSC-Zyklus durchgeführt.

3.2.3.2.2. Während des Betriebsakkumulationsprogramms sind gemäß Absatz 3.4 dieses Anhangs Wartungsarbeiten am Motor durchzuführen.

3.2.3.2.3. Während des Betriebsakkumulationsprogramms können außerplanmäßige Wartungsarbeiten am Motor oder an der/dem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät vorgenommen werden, wenn beispielsweise das normale Diagnosesystem des Herstellers eine Störung erkannt hat, die dem Bediener der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts einen Fehler angezeigt hätte.

3.2.4. Berichterstattung

3.2.4.1. Die Ergebnisse sämtlicher während des Betriebsakkumulationsprogramms durchgeführten Emissionsprüfungen (NRTC mit Warmstart, LSI-NRTC und NRSC) sind der Typgenehmigungsbehörde zur Verfügung zu stellen. Wird eine Emissionsprüfung für ungültig erklärt, so muss der Hersteller begründen, warum die Prüfung für ungültig erklärt wurde. In einem solchen Fall ist innerhalb der nächsten 100 Stunden Betriebsakkumulation eine weitere Reihe von Emissionsprüfungen durchzuführen.

3.2.4.2. Der Hersteller hat alle Informationen über sämtliche während des Betriebsakkumulationsprogramms am Motor durchgeführten Emissionsprüfungen und Wartungsarbeiten aufzuzeichnen. Diese Informationen sind der Typgenehmigungsbehörde zusammen mit den Ergebnissen der im Rahmen des Betriebsakkumulationsprogramms durchgeführten Emissionsprüfungen zu übergeben.

3.2.5. Ermittlung der Verschlechterungsfaktoren

3.2.5.1. Wird ein Betriebsakkumulationsprogramm gemäß Absatz 3.2.2.1.2.1 oder Absatz 3.2.2.1.2.3 durchgeführt, so ist für jeden im NRTC-Zyklus mit Warmstart, LSI-NRTC-Zyklus und NRSC-Zyklus gemessenen Schadstoff und für jeden Prüfpunkt des Betriebsakkumulationsprogramms auf der Grundlage der Prüfergebnisse eine lineare „Best-fit"-Regressionsanalyse vorzunehmen. Für jeden Schadstoff sind die Ergebnisse auf so viele Dezimalstellen anzugeben wie der Schadstoffgrenzwert, der für die entsprechende Motorenfamilie gilt, sowie zusätzlich auf eine Dezimalstelle mehr.

Wurde gemäß Absatz 3.2.2.1.4 oder Absatz 3.2.2.1.5 für jeden Prüfpunkt nur ein Prüfzyklus (NRTC mit Warmstart oder NRSC) durchgeführt, so ist die Regressionsanalyse nur anhand der Ergebnisse des an allen Prüfpunkten durchgeführten Prüfzyklus vorzunehmen.

Der Hersteller kann die vorherige Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde zu einer nichtlinearen Regression beantragen.

3.2.5.2. Die Emissionswerte für jeden Schadstoff zu Beginn des Betriebsakkumulationsprogramms und am Ende der für den zu prüfenden Motor geltenden Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode sind zu berechnen:

a) entweder durch Extrapolation der Regressionsgleichung gemäß Absatz 3.2.5.1 dieses Anhangs, wenn eine Betriebsakkumulationsprogramm nach Absatz 3.2.2.1.2.1 oder Absatz 3.2.2.1.2.3 dieses Anhangs durchgeführt wird, oder

b) durch direkte Messung, wenn ein Betriebsakkumulationsprogramm nach Absatz 3.2.2.1.2.2 durchgeführt wird.

„Werden Emissionswerte für Motorenfamilien verwendet, die zur selben Gruppe von Motorenfamilien oder Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie gehören, jedoch unterschiedliche Emissions-Dauerhaltbarkeitsperioden aufweisen, dann sind für jede Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode die Emissionswerte am Endpunkt der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode durch Extrapolation oder Interpolation der Regressionsgleichung gemäß Absatz 3.2.5.1 neu zu berechnen."

3.2.5.3. Der Verschlechterungsfaktor für jeden Schadstoff wird definiert als das Verhältnis der geltenden Emissionswerte am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode und am Anfang des Betriebsakkumulationsprogramms (multiplikativer Verschlechterungsfaktor).

Der Hersteller kann die vorherige Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde zu einem additiven Verschlechterungsfaktor für jeden Schadstoff beantragen. Der additive Verschlechterungsfaktor ist die Differenz zwischen den berechneten Emissionswerten am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode und am Anfang des Betriebsakkumulationsprogramms.

Ein Beispiel zur Bestimmung von Verschlechterungsfaktoren unter Verwendung der linearen Regression ist in Abbildung 8-1 für NO_X-Emissionen angegeben.

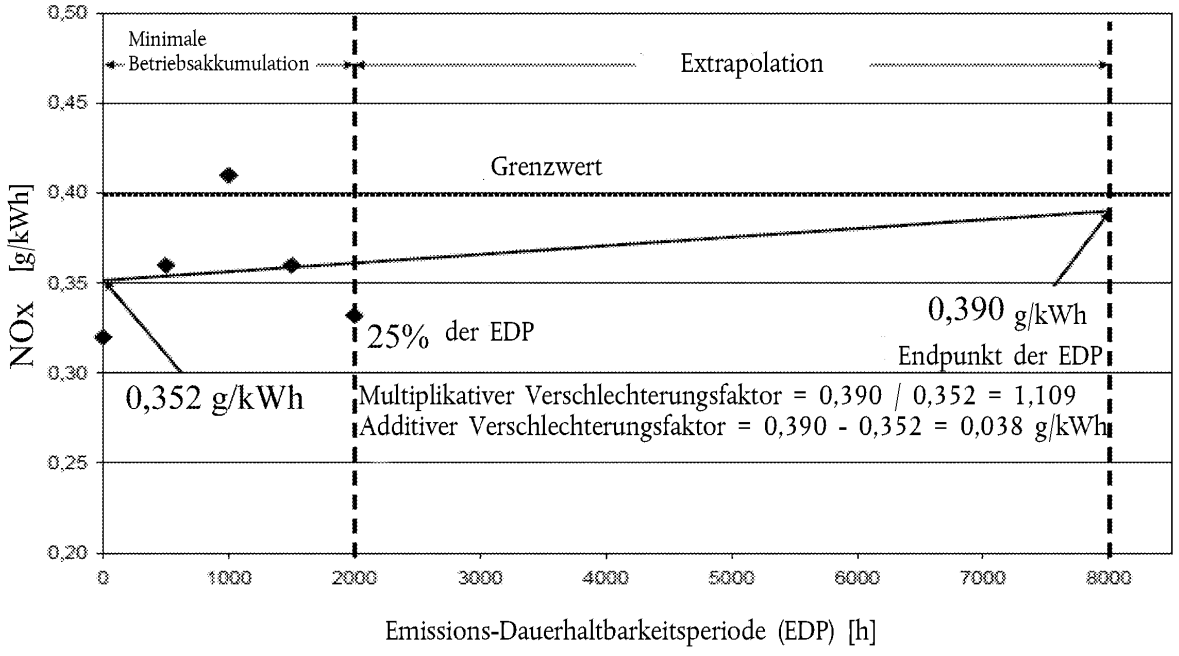
Die Vermischung von multiplikativen und additiven Verschlechterungsfaktoren innerhalb eines Schadstoffsatzes ist nicht zulässig.

Ergibt die Berechnung einen Wert unter 1,00 für einen multiplikativen Verschlechterungsfaktor oder unter 0,00 für einen additiven Verschlechterungsfaktor, so gilt der Verschlechterungsfaktor 1,0 bzw. 0,00.

Wurde nach Absatz 3.2.2.1.4 dieses Anhangs vereinbart, dass an jedem Prüfpunkt nur ein Prüfzyklus (NRTC mit Warmstart, LSI-NRTC oder NRSC) durchgeführt werden soll und der jeweils andere Prüfzyklus (NRTC mit Warmstart, LSI-NRTC oder NRSC) lediglich am Anfang und am Ende des Betriebsakkumulationsprogramms durchgeführt wird, so ist der Verschlechterungsfaktor, der für den an jedem Prüfpunkt durchgeführten Prüfzyklus errechnet wurde, auch bei dem anderen Prüfzyklus anzuwenden.

Abbildung A.8-1

Beispiel für die Bestimmung der Verschlechterungsfaktoren



3.2.6. Vorgegebene Verschlechterungsfaktoren

3.2.6.1. Als Alternative zur Ermittlung der Verschlechterungsfaktoren mittels eines Betriebsakkumulationsprogramms können Motorenhersteller vorgegebene multiplikative Verschlechterungsfaktoren gemäß Tabelle A.8-1 heranziehen.

Tabelle A.8-1

Vorgegebene Verschlechterungsfaktoren

Prüfzyklus	CO	HC	NO_X	PM	PN
NRTC und LSI-NRTC	1,3	1,3	1,15	1,05	1,0
NRSC	1,3	1,3	1,15	1,05	1,0

Vorgegebene additive Verschlechterungsfaktoren sind nicht anzugeben. Die vorgegebenen multiplikativen Verschlechterungsfaktoren sind nicht in additive Verschlechterungsfaktoren umzuwandeln.

3.2.6.1.1. Unbeschadet Absatz 3.2.6.1 dieses Anhangs kann für PN entweder ein additiver Verschlechterungsfaktor von 0,0 oder ein multiplikativer Verschlechterungsfaktor von 1,0 in Verbindung mit den Ergebnissen der vorherigen Prüfung der Verschlechterungsfaktoren, bei der kein Wert für PN ermittelt werden konnte, verwendet werden, falls die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind:

a) die vorherige Prüfung der Verschlechterungsfaktoren wurde an der Motorentechnologie vorgenommen, die für die Einbeziehung in dieselbe Abgasnachbehandlungs-Motorenfamilie gemäß Absatz 3.1.2 dieses Anhangs geeignet gewesen wäre wie die Motorenfamilie, auf die die Verschlechterungsfaktoren angewandt werden sollen; und

b) die Prüfergebnisse wurden in einer früheren Typgenehmigung verwendet, die vor dem Inkrafttreten der Änderungsserie 05 erteilt wurde.

3.2.6.2. Werden vorgegebene Verschlechterungsfaktoren verwendet, muss der Hersteller der Typgenehmigungsbehörde einen eindeutigen Nachweis darüber vorlegen, dass bei den emissionsmindernden Bauteilen davon ausgegangen werden kann, dass die Emissions-Dauerhaltbarkeit den vorgegebenen Faktoren entspricht. Dieser Nachweis kann auf einer Bauartanalyse, Prüfungen oder einer Kombination aus beidem beruhen.

3.2.7. Anwendung der Verschlechterungsfaktoren

3.2.7.1. Die Motoren müssen nach Anwendung der Verschlechterungsfaktoren auf die Prüfergebnisse, die gemäß Anhang 4 (gewichtete Ergebnisse des Prüfzyklus für die spezifischen Emissionen von Partikeln und jedes einzelnen Gases) gemessen wurden, den jeweiligen Emissionsgrenzwerten für jeden Schadstoff entsprechen, die für die Motorenfamilie gelten. Abhängig von der Art des Verschlechterungsfaktors gelten die folgenden Bestimmungen:

a) Multiplikativ: (gewichtete Ergebnisse des Prüfzyklus für die spezifische Emission) * DF ≤ Emissionsgrenzwert

b) Additiv: (gewichtete Ergebnisse des Prüfzyklus für die spezifische Emission) + DF ≤ Emissionsgrenzwert

Die gewichteten Ergebnisse des Prüfzyklus können gegebenenfalls die Anpassung hinsichtlich einer sporadischen Regenerierung einschließen.

3.2.7.2. Bei einem multiplikativen NO_X + HC-Verschlechterungsfaktor sind bei der Berechnung der verschlechterten Emissionswerte anhand des Ergebnisses einer Emissionsprüfung gesonderte Verschlechterungsfaktoren für NO_X und HC festzulegen und anzuwenden, bevor die resultierenden verschlechterten NO_X- und HC-Werte im Hinblick auf den Nachweis der Einhaltung des Emissionsgrenzwerts kombiniert werden.

3.2.7.3. Der Hersteller kann die für eine Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie ermittelten Verschlechterungsfaktoren auf einen Motor übertragen, der nicht zu derselben Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie gehört. In diesem Fall muss er gegenüber der Typgenehmigungsbehörde nachweisen, dass für den Motor, für den die Abgasnachbehandlungssystem-Motorenfamilie ursprünglich geprüft wurde und den Motor, auf den die Verschlechterungsfaktoren übertragen werden, ähnliche technische Merkmale und Vorschriften für den Einbau in die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät gelten und dass die Emissionen dieses Motors ähnlich sind.

Werden Verschlechterungsfaktoren auf einen Motor mit einer unterschiedlichen Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode übertragen, dann sind die Verschlechterungsfaktoren für die geltende Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode durch Extrapolation oder Interpolation der Regressionsgleichung gemäß Absatz 3.2.5.1 dieses Anhangs neu zu berechnen.

3.2.7.4. Für jeden Prüfzyklus werden die Verschlechterungsfaktoren für jeden Schadstoff in dem in Anhang 2 Anlage A.1 enthaltenen Bericht für Prüfergebnisse eingetragen.

3.3. Überprüfung der Übereinstimmung der Produktion

3.3.1. Die Übereinstimmung der Produktion hinsichtlich der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte wird nach den Bestimmungen des Absatzes 7 dieser Regelung überprüft.

3.3.2. Anlässlich der Typgenehmigungsprüfung kann der Hersteller zugleich auch die Schadstoffemissionen vor Anbringung eines Abgasnachbehandlungssystems messen. Zu diesem Zweck kann der Hersteller für den Motor ohne Abgasnachbehandlungssystem und für das Abgasnachbehandlungssystem separate informelle Verschlechterungsfaktoren ausarbeiten, die er als Hilfe für die Prüfung am Ende der Fertigungsstraße verwenden kann.

3.3.3. Für die Zwecke der Typgenehmigung werden nur die Verschlechterungsfaktoren in dem in Anhang 2 Anlage A.1 enthaltenen Bericht für Prüfergebnisse eingetragen, die nach den Absätzen 3.2.5 oder 3.2.6 dieses Anhangs ermittelt wurden.

3.4. Wartung

Für die Zwecke des Betriebsakkumulationsprogramms sind die Wartungsarbeiten gemäß der Anleitung des Herstellers für Service und Wartung durchzuführen.

3.4.1. Planmäßige emissionsrelevante Wartung

3.4.1.1. Planmäßige emissionsrelevante Wartungsarbeiten bei Motorbetrieb für die Zwecke der Durchführung eines Betriebsakkumulationsprogramms müssen in gleichwertigen Intervallen stattfinden wie jene, die in den Wartungsanweisungen des Herstellers für die Endnutzer der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Motors angegeben sind. Das Wartungsprogramm kann erforderlichenfalls während des gesamten Betriebsakkumulationsprogramms aktualisiert werden, sofern kein Wartungsvorgang aus dem Wartungsprogramm gestrichen wird, nachdem er am Prüfmotor durchgeführt wurde.

3.4.1.2. Jede während der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode in regelmäßigen Abständen erfolgende Einstellung, Demontage, Reinigung oder Auswechslung kritischer emissionsrelevanter Bauteile 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 zu gewährleisten. Die Notwendigkeit des planmäßigen Austauschs — im Rahmen des Betriebsakkumulationsprogramms und nach einer gewissen Laufzeit des Motors — von kritischen emissionsrelevanten Bauteilen außer routinemäßig ausgetauschten Teilen, ist zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sind Verbrauchsteile, die zum Zwecke des regelmäßigen Austauschs einer Wartung unterzogen werden oder Bauteile, die nach einer gewissen Motorlaufzeit gereinigt werden müssen, als routinemäßig ausgetauschte Bauteile einzuordnen.

3.4.1.3. Alle Anforderungen an eine planmäßige Wartung sind vor Erteilung einer Typgenehmigung von der Typgenehmigungsbehörde zu genehmigen und sind in die Betriebsanleitung aufzunehmen. Die Typgenehmigungsbehörde darf die Genehmigung von Anforderungen an Wartungsarbeiten, die angemessen und technisch gerechtfertigt sind, u. a. die in Nummer 3.4.1.4 dieses Anhangs genannten, nicht versagen.

3.4.1.4. Der Motorenhersteller muss für die Betriebsakkumulationsprogramme Angaben zur Einstellung, Reinigung und (gegebenenfalls) Wartung sowie zum planmäßigen Austausch folgender Bestandteile machen:

a) Filter und Kühler im Abgasrückführsystem,

b) gegebenenfalls Kurbelgehäuse-Entlüftungsventil,

c) Einspritzdüsenspitzen (nur die Reinigung ist zulässig),

d) Einspritzdüsen,

e) Turbolader,

f) elektronisches Steuergerät des Motors mit Sensoren und Aktuatoren,

g) Partikelnachbehandlungssystem (einschließlich dazugehöriger Bauteile),

h) NO_X-Nachbehandlungssystem (einschließlich dazugehöriger Bauteile),

i) Abgasrückführsystem einschließlich aller dazugehörigen Regelventile und Röhren,

j) alle anderen Abgasnachbehandlungssysteme.

3.4.1.5. Die planmäßigen kritischen emissionsrelevanten Wartungsarbeiten sind nur durchzuführen, wenn sie während des Betriebs durchgeführt werden müssen und diese Anforderung dem Endnutzer des Motors oder der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts mitgeteilt wird.

3.4.2. Änderungen an der planmäßigen Wartung

Der Hersteller muss alle neuen planmäßigen Wartungsarbeiten, die er während des Betriebsakkumulationsprogramms durchführen und danach auch den Endnutzern von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen/Geräten oder Motoren empfehlen möchte, von der Typgenehmigungsbehörde genehmigen lassen. Dem Antrag müssen Daten beiliegen, die die neuen planmäßigen Wartungsarbeiten und die Wartungsabstände begründen.

3.4.3. Planmäßige nicht emissionsrelevante Wartungsarbeiten

Nicht emissionsrelevante planmäßige Wartungsarbeiten, die angemessen und technisch gerechtfertigt sind (z. B. Ölwechsel, Ölfilterwechsel, Kraftstofffilterwechsel, Luftfilterwechsel, Wartung des Kühlsystems, Leerlaufdrehzahleinstellung, Regler, Anzugsmoment der Schrauben, Ventilspiel, Einspritzdüsenspiel, Ventileinstellung, Einstellung der Spannung von Antriebsriemen usw.) können mit der geringsten dem Endnutzer vom Hersteller empfohlenen Wartungshäufigkeit an Motoren oder nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen/Geräten im Rahmen des Betriebsakkumulationsprogramms durchgeführt werden (z. B. nicht in den Abständen, die für Betrieb unter erschwerten Bedingungen empfohlen werden).

3.5. Reparatur

3.5.1. Bauteile eines Motorsystems, das für die Prüfung im Rahmen eines Betriebsakkumulationsprogramms ausgewählt wurde, dürfen nur repariert werden, wenn eine Fehlfunktion der Bauteile oder des Motorsystems vorliegt. Reparaturen am Motor, am Emissionsminderungssystem oder an der Kraftstoffanlage sind nur in dem Umfang zulässig, der in Absatz 3.5.2 festgelegt ist.

3.5.2. Wenn der Motor selbst, das Emissionsminderungssystem oder das Kraftstoffsystem während des Betriebsakkumulationsprogramms eine Fehlfunktion aufweisen, so gilt die Betriebsakkumulation als ungültig und es muss eine neue Betriebsakkumulation mit einem neuen Motorsystem eingeleitet werden.

Der vorstehende Absatz gilt nicht, wenn die fehlerhaften Bauteile durch gleichwertige Bauteile mit einer ähnlichen Zahl von Betriebsstunden ersetzt werden.

4. MOTORENKLASSEN UND UNTERKLASSEN NRSh UND NRS, AUßER NRS-v-2b UND NRS-v-3

4.1. Die geltende EDP-Klasse und der entsprechende Verschlechterungsfaktor (DF) sind im Einklang mit dem vorliegenden Absatz 4 zu bestimmen.

4.2. Für alle Motoren gilt Folgendes: Liegen die jeweiligen Emissionswerte aller eine Motorenfamilie repräsentierenden Prüfmotoren — bei ordnungsgemäßer Prüfung gemäß dieser Regelung und nach Korrektur des Wertes durch Multiplikation mit dem in diesem Anhang vorgesehenen DF — unter dem jeweiligen Emissionsgrenzwert für eine bestimmte Motoren-Unterklasse oder in gleicher Höhe — so wird davon ausgegangen, dass diese Motorenfamilie die Emissionsgrenzwerte dieser Motorenklasse einhält. Liegt ein einzelner Emissionswert eines beliebigen eine Motorenfamilie repräsentierenden Prüfmotors — nach Korrektur des Wertes durch Multiplikation mit dem in diesem Absatz vorgesehenen Verschlechterungsfaktor — über dem jeweiligen Emissionsgrenzwert für eine bestimmte Motoren-Unterklasse, so wird davon ausgegangen, dass diese Motorenfamilie die Emissionsgrenzwerte dieser Motoren-Unterklasse nicht einhält.

4.3. Die Verschlechterungsfaktoren werden wie folgt ermittelt:

4.3.1. An mindestens einem ausgewählten Prüfmotor, der die Konfiguration repräsentiert, die voraussichtlich die HC + NO_X-Emissionsgrenzwerte übersteigt, und dessen Bauweise der laufenden Produktion entspricht, ist nach der Anzahl von Stunden, die den stabilisierten Emissionen entspricht, das (vollständige) in Anhang 5 beschriebene Emissionsprüfmethode durchzuführen.

4.3.2. Wird mehr als ein Motor geprüft, sind die Ergebnisse als der Mittelwert der Ergebnisse aller geprüften Motoren zu berechnen, gerundet auf dieselbe Anzahl Dezimalstellen wie beim geltenden Grenzwert, gerundet auf eine zusätzliche Dezimalstelle.

4.3.3. Nach der Alterung des Motors wird diese Emissionsprüfung erneut durchgeführt. Das Alterungsverfahren sollte so gestaltet sein, dass der Hersteller die während der EDP des Motors zu erwartende Verschlechterung der Emissionen des in Betrieb befindlichen Motors vorhersagen kann; dabei sind die Art des Verschleißes und sonstige unter typischer Nutzung durch den Verbraucher zu erwartende Verschlechterungsfaktoren, die das Emissionsverhalten beeinträchtigen könnten, zu berücksichtigen. Wird mehr als ein Motor geprüft, sind die Ergebnisse als der Mittelwert der Ergebnisse aller geprüften Motoren zu berechnen, gerundet auf dieselbe Anzahl Dezimalstellen wie beim geltenden Grenzwert, gerundet auf eine zusätzliche Dezimalstelle.

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

4.3.5. Der Hersteller kann zusätzliche Emissionsprüfpunkte zwischen dem Prüfpunkt der stabilisierten Emission und dem Ende der EDP einplanen. Sind Zwischenprüfungen geplant, müssen die Prüfpunkte gleichmäßig über die EDP (± 2 Stunden) verteilt sein, und einer dieser Prüfpunkte muss in der Mitte der vollen EDP (± 2 Stunden) liegen.

4.3.6. Für jeden Schadstoff HC + NO_X und CO ist zwischen den Datenpunkten eine gerade Linie zu ziehen, wobei die erste Prüfung zum Zeitpunkt Null eingezeichnet und die Methode der kleinsten Fehlerquadrate angewendet wird. Der Verschlechterungsfaktor ergibt sich aus den berechneten Emissionen am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode, geteilt durch die berechneten Emissionen zum Zeitpunkt Null.

Für jeden Schadstoff werden die Verschlechterungsfaktoren für den entsprechenden Prüfzyklus in dem in Anhang 2 Anlage A.1 enthaltenen Bericht für Prüfergebnisse eingetragen.

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

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

a) Herkömmliche Zweitaktmotoren ohne Abgasnachbehandlung,

b) Herkömmliche Zweitaktmotoren mit einem Katalysator mit dem gleichen aktiven Material und Füllstoff und der gleichen Anzahl von Zellen je cm^2,

c) Zweitaktmotoren mit einem in Schichten angeordneten Spülsystem,

d) Zweitaktmotoren mit einem in Schichten angeordneten Spülsystem mit einem Katalysator mit dem gleichen aktiven Material und Füllstoff und der gleichen Anzahl von Zellen je cm^2,

e) Viertaktmotoren mit Katalysator mit der gleichen Ventiltechnik und einem identischen Schmiersystem,

f) Viertaktmotoren ohne Katalysator mit der gleichen Ventiltechnik und einem identischen Schmiersystem.

4.4. EDP-Klassen

4.4.1. Bei den in Anlage 3 Tabelle 21 oder 22 dieser Regelung aufgeführten Motorenklassen, für die es alternative EDP-Werte gibt, müssen die Hersteller zum Zeitpunkt der Typgenehmigung für jede Motorenfamilie die geltende EDP-Klasse angeben. Diese Klasse ist die Klasse in Tabelle A.8-2, die der voraussichtlichen Nutzlebensdauer des Geräts, für das die Motoren nach Angabe des Motorenherstellers bestimmt sind, am nächsten kommt. Die Hersteller müssen für jede Motorenfamilie die Daten, durch die sich ihre Wahl der EDP-Klasse untermauern lässt, aufbewahren. Diese Daten sind der Typgenehmigungsbehörde auf Anfrage vorzulegen.

Tabelle A.8-2
EDP-Klassen

EDP-Klasse	Beschreibung des Motors
Klasse 1	Verbraucherprodukte
Klasse 2	Halbgewerbliche Produkte
Klasse 3	Gewerbliche Produkte

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

a) Übersichten über die Lebensdauer der Geräte, in die die betreffenden Motoren eingebaut sind;

b) technische Gutachten zu im Betrieb gealterten Motoren, um festzustellen, wann sich die Leistung des Motors so weit verschlechtert, dass die eingeschränkte Gebrauchstauglichkeit und/oder Zuverlässigkeit eine Überholung oder den Austausch des Motors erfordert;

c) Garantieerklärungen und Garantiefristen;

d) Marketing-Unterlagen betreffend die Lebensdauer des Motors;

e) von Nutzern gemeldete Störfälle;

f) technische Gutachten zur Dauerhaltbarkeit (in Stunden) bestimmter Motortechnologien, -werkstoffe und -konstruktionen.

ANHANG 9

ANFORDERUNGEN IN BEZUG AUF EMISSIONSMINDERUNGSSTRATEGIEN, MASSNAHMEN ZUR MINDERUNG DER NO_X-EMISSIONEN UND MASSNAHMEN ZUR MINDERUNG DER PARTIKELEMISSIONEN

1. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN, ABKÜRZUNGEN UND ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

1.1. Für die Zwecke dieses Anhangs bezeichnet der Begriff bzw. die Abkürzung:

a) „Diagnose-Fehlercode“ oder „DTC“ die numerische oder alphanumerische Kennung zur Kennzeichnung oder Etikettierung einer NCM und/oder PCM;

b) „bestätigter und aktiver DTC“einen Diagnose-Fehlercode, der gespeichert wird, während das NCD- und/oder PCD-System feststellt, dass eine Funktionsstörung vorliegt;

c) „NCD-Motorenfamilie“ eine herstellereigene Einteilung von Motoren, die dieselben Methoden zur Überwachung/Erkennung von NCM verwenden;

d) „Diagnosesystem für NO_X-Emissionen“ oder „NCD“ ein Motorsystem mit der Fähigkeit,

i) eine Funktionsstörung des NO_X-Emissionsminderungssystems zu entdecken;

ii) zur Bestimmung der wahrscheinlichen Ursache von Funktionsstörungen des NO_X-Emissionsminderungssystems anhand von im Bordrechner gespeicherten Daten und/oder durch Auslesen dieser Daten in ein Gerät außerhalb des Fahrzeugs;

e) „Funktionsstörung des NO_X-Emissionsminderungssystems“ oder „NCM“ einen Versuch eines unbefugten Eingriffs in das NO_X-Begrenzungssystem eines Motors oder eine dieses System beeinträchtigende und möglicherweise durch eine Manipulation verursachte Funktionsstörung, die im Sinne dieser Regelung nach ihrer Entdeckung die Ausgabe einer Warnung oder die Einschaltung eines Aufforderungssystems erfordert;

f) „Diagnosesystem des Partikelminderungssystems“ oder „PCD“ ein Motorsystem, das zu Folgendem dient:

i) eine Funktionsstörung des Partikelminderungssystems zu erkennen;

ii) die wahrscheinliche Ursache von Funktionsstörungen des Partikelminderungssystems anhand von im Bordrechner gespeicherten Daten und/oder durch Auslesen dieser Daten in ein Gerät außerhalb des Fahrzeugs zu bestimmen;

g) „Funktionsstörung des Partikelminderungssystems“ oder „PCM“ einen Versuch eines unbefugten Eingriffs in das Partikelnachbehandlungssystem eines Motors oder eine das Partikelnachbehandlungssystem beeinträchtigende und möglicherweise durch eine Manipulation verursachte Funktionsstörung, die im Sinne dieser Regelung nach ihrer Entdeckung die Ausgabe einer Warnung erfordert;

h) „PCD-Motorenfamilie“eine herstellereigene Einteilung von Motoren, die dieselben Methoden zur Überwachung/Erkennung von PCM verwenden;

i) „Lesegerät“ein externes Prüfgerät zur Kommunikation von außen mit dem NCD- und/oder PCD-System.

1.2. Umgebungstemperatur

Sofern auf die Umgebungstemperatur in Verbindung mit anderen Umgebungen als der Laborumgebung Bezug genommen wird, gelten folgende Bestimmungen:

1.2.1. Bei einem an einem Prüfstand angebrachten Motor muss die Umgebungstemperatur die Temperatur der dem Motor zugeleiteten Verbrennungsluft sein, vor jedem Teil des zu prüfenden Motors.

1.2.2. Bei einem in eine/ein nicht für den Straßenverkehr bestimmte/s mobile/s Maschine/Gerät eingebauten Motor muss die Umgebungstemperatur die Lufttemperatur unmittelbar außerhalb des Bereichs der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine sein.

2. TECHNISCHE ANFORDERUNGEN IN BEZUG AUF EMISSIONSMINDERUNGSSTRATEGIEN

2.1. Dieser Absatz 2 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_X dient, mit einer elektronischen Steuerung einschalten, ausschalten oder modulieren.

2.2. Anforderungen an die Standard-Emissionsminderungsstrategie

2.2.1. Die Standard-Emissionsminderungsstrategie muss so gestaltet sein, dass der Motor im Normalbetrieb die Anforderungen dieser Regelung erfüllt. Der Normalbetrieb beschränkt sich nicht auf die in Absatz 2.4 aufgeführten Bedingungen.

2.2.2. Standard-Emissionsminderungsstrategien sind u. a. Kennfelder oder Algorithmen zur Steuerung

a) des Zeitpunkts der Kraftstoffeinspritzung oder der Zündung (Zündzeitpunkt);

b) der Abgasrückführung (AGR);

c) der Dosierung für das Reagens des SCR-Katalysators.

2.2.3. Eine Standard-Emissionsminderungsstrategie, die beim Motorbetrieb zwischen einem genormten Prüfzyklus für die Typgenehmigung und anderen Betriebsbedingungen unterscheiden kann und die zu einer geringeren Emissionsminderungsleistung führt, wenn sie nicht unter den im Typgenehmigungsverfahren vorgesehenen Bedingungen arbeitet, ist unzulässig.

2.2.3.1. Bei Motoren, die zu (Unter-)Klassen gehören, für die für die EU-Typgenehmigung keine dynamischen Prüfzyklen für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte vorgeschrieben sind, kann die Standard-Emissionsminderungsstrategie unbeschadet Absatz 2.2.3 dieses Anhangs feststellen, ob dynamische Betriebsbedingungen auftreten und die entsprechende Emissionsminderungsstrategie anwenden. In diesem Fall ist der dynamische Betrieb in die Übersicht über die Standard-Emissionsminderungsstrategien gemäß Anhang 1 Absatz 1.4 und in die „Vertraulichen Angaben zur Emissionsminderungsstrategie“in Anhang 1 Anlage 2 aufzunehmen.

2.2.4. Der Hersteller muss dem technischen Dienst bei der Typgenehmigungsprüfung nachweisen, dass der Betrieb der Standard-Emissionsminderungsstrategie den Anforderungen dieses Abschnitts entspricht. Dieser Nachweis besteht in einer Auswertung der in Absatz 2.6 dieses Anhangs genannten Dokumentation.

2.3. Anforderungen an die zusätzliche Emissionsminderungsstrategie

2.3.1. Eine zusätzliche Emissionsminderungsstrategie kann von einem Motor oder einer/einem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät aktiviert werden, vorausgesetzt, dass die zusätzliche Emissionsminderungsstrategie:

2.3.1.1. die Wirkung des Emissionsminderungssystems nicht dauerhaft verringert;

2.3.1.2. nur außerhalb der in den Absätzen 2.4.1., 2.4.2 oder 2.4.3 dieses Anhangs festgelegten Bedingungen, für die in Absatz 2.3.5 dieses Anhangs festgelegten Zwecke und nur so lange, wie für diese Zwecke erforderlich, betrieben wird, außer in den nach den Absätzen 2.3.1.3, 2.3.2 und 2.3.4 dieses Anhangs zulässigen Fällen;

2.3.1.3. unter den in den Absätzen 2.4.1, 2.4.2 bzw. 2.4.3 dieses Anhangs beschriebenen Bedingungen nur in Ausnahmefällen aktiviert wird, wenn nachgewiesen wird, dass dies für die in Absatz 2.3.5 dieses Anhangs festgelegten Zwecke erforderlich ist und von der Typgenehmigungsbehörde genehmigt wurde, und sie nur so lange wie für diese Zwecke nötig aktiviert bleibt;

2.3.1.4. ein Leistungsniveau des Emissionsminderungssystems gewährleistet, das möglichst nahe an dem Niveau der Standard-Emissionsminderungsstrategie liegt.

2.3.2. Wird die zusätzliche Emissionsminderungsstrategie während der Typgenehmigungsprüfung aktiviert, so wird die Aktivierung nicht auf die außerhalb der in Absatz 2.4 dieses Anhangs aufgeführten Bedingungen beschränkt, und der Zweck ist nicht auf die in Absatz 2.3.5 dieses Anhangs aufgeführten Kriterien begrenzt.

2.3.3. Wird die zusätzliche Emissionsminderungsstrategie während der Typgenehmigungsprüfung nicht aktiviert, so muss nachgewiesen werden, dass sie nur so lange aktiv ist, wie dies für die in Absatz 2.3.5 dieses Anhangs genannten Zwecke erforderlich ist.

2.3.4. Betrieb bei niedriger Temperatur

Eine zusätzliche Emissionsminderungsstrategie kann ungeachtet der Bedingungen in Absatz 2.4 dieses Anhangs bei einem Motor aktiviert werden, der mit Abgasrückführung (AGR) ausgestattet ist, wenn die Umgebungstemperatur weniger als 275 K (2 °C) beträgt und eines der beiden folgenden Kriterien erfüllt ist:

a) Temperatur im Ansaugkrümmer höchstens gleich der durch folgende Gleichung festgelegten Temperatur: $IMT_c = P_{IM} / 15{,}75 + 304{,}4$; dabei gilt: IMT_c ist die berechnete Temperatur des Ansaugkrümmers in K und P_{IM} ist der absolute Druck im Ansaugkrümmer in kPa;

b) die Motorkühlmitteltemperatur ist kleiner oder gleich der mit folgender Gleichung bestimmten Temperatur: $ECT_c = P_{IM} / 14{,}004 + 325{,}8$, wobei ECT_c die berechnete Motorkühlmitteltemperatur in K und P_{IM} der absolute Druck im Ansaugkrümmer in kPa ist.

2.3.5. Außer in den nach Absatz 2.3.2 zulässigen Fällen darf eine zusätzliche Emissionsminderungsstrategie nur zu folgenden Zwecken aktiviert werden:

a) durch fahrzeuginterne Signale zum Schutz des Motors (einschließlich der Einrichtungen zur Steuerung des Luftstroms) oder der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts, in die/das der Motor eingebaut ist, vor Schaden;

b) aus Gründen der Betriebssicherheit;

c) zur Vermeidung übermäßiger Emissionen beim Kaltstart, beim Warmlaufen oder beim Abschalten;

d) um unter bestimmten Umgebungs- oder Betriebsbedingungen erhöhte Emissionen eines regulierten Schadstoffes zuzulassen, damit die Emissionen aller anderen regulierten Schadstoffe innerhalb der für den jeweiligen Motor geltenden Grenzen bleiben. Damit sollen natürliche Erscheinungen so kompensiert werden, dass die Emissionen aller Schadstoffe innerhalb annehmbarer Grenzen bleiben.

2.3.6. Der Hersteller muss dem technischen Dienst bei der Typgenehmigungsprüfung nachweisen, dass der Betrieb aller etwaigen zusätzlichen Emissionsminderungsstrategien den Anforderungen dieses Absatzes entspricht. Dieser Nachweis besteht in einer Auswertung der in Absatz 2.6 dieses Anhangs genannten Dokumentation.

2.3.7. Der Betrieb von zusätzlichen Emissionsminderungsstrategien, die nicht Absatz 2.3.1 bis 2.3.5 dieses Anhangs entsprechen, ist untersagt.

2.4. Kontrollbedingungen

In den Kontrollbedingungen wird ein Bereich für Höhe, Umgebungstemperatur und Motorkühlmittel festgelegt, anhand dessen bestimmt wird, ob zusätzliche Emissionsminderungsstrategien generell oder nur ausnahmsweise gemäß Absatz 2.3 dieses Anhangs aktiviert werden dürfen.

Zu den Kontrollbedingungen gehört der Luftdruck, der als absoluter atmosphärischer statischer Druck (nass oder trocken) gemessen wird („Luftdruck“)

2.4.1. Reserviert

2.4.2. Reserviert

2.4.3. Kontrollbedingungen für Motoren der Klassen NRE und NRG:

a) Luftdruck mindestens 82,5 kPa;

b) Umgebungstemperatur im folgenden Bereich:

i) mindestens 266 K (– 7 °C);

ii) höchstens gleich der Temperatur, die beim angegebenen Luftdruck mit folgender Gleichung bestimmt wird: $T_c = -0{,}4514 \times (101{,}3 - P_b) + 311$, dabei ist T_c die berechnete Umgebungslufttemperatur in K und P_b der Luftdruck in kPa;

c) Motorkühlmitteltemperatur über 343 K (70 °C).

2.5. Wenn der Sensor der Ansauglufttemperatur benutzt wird, um die Umgebungslufttemperatur zu schätzen, muss die nominale Abweichung zwischen den beiden Messpunkten für einen Motortyp oder eine Motorenfamilie bewertet werden. Die gemessene Ansauglufttemperatur muss zur Schätzung der Umgebungstemperatur für einen Einbau, bei dem der angegebene Motortyp oder die angegebene Motorenfamilie verwendet wird, um einen Betrag angepasst werden, der der nominalen Abweichung entspricht.

Die Bewertung der Abweichung erfolgt nach bestem fachlichem Ermessen auf der Grundlage von technischen Elementen (Berechnungen, Simulationen, Versuchsergebnisse, Daten usw.), darunter:

a) die typischen Arten von nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschinen und Geräten, in die der Motortyp oder die Motorenfamilie eingebaut werden soll; und

b) die Einbauanweisungen des Herstellers an den Originalgerätehersteller.

Auf Verlangen der Typgenehmigungsbehörde muss dieser eine Kopie des Bewertungsberichts zur Verfügung gestellt werden.

2.6. Dokumentationsanforderungen

2.6.1. Der Hersteller muss die Dokumentationsanforderungen gemäß Anhang 1 Absatz 1.4 und Anlage A.2 zu diesem Anhang erfüllen.

2.6.2. Der Hersteller stellt sicher, dass alle für diesen Zweck verwendeten Dokumente mit einer Identifikationsnummer und dem Datum der Ausstellung versehen sind. Wenn verzeichnete Einzelangaben geändert werden, sind die betreffenden Seiten zu kennzeichnen, um das Datum und die Art der Änderung deutlich zu machen. Eine konsolidierte, aktualisierte Fassung mit einer ausführlichen Beschreibung der Änderungen erfüllt die Anforderung dieses Absatzes.

3. TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN EINRICHTUNGEN ZUR MINDERUNG DER NO_X-EMISSIONEN

3.1. Absatz 3 dieses Anhangs 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_X dient, mit einer elektronischen Steuerung einschalten, ausschalten oder modulieren.

3.2. Der Hersteller muss mithilfe der in Anhang 1 genannten Unterlagen vollständige Angaben über die Funktions- und Betriebsmerkmale der Einrichtungen zur Minderung der NO_X-Emissionen machen.

3.3. Die Strategie zur Minderung der NO_X-Emissionen muss unter allen auf dem Gebiet der Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, regelmäßig anzutreffenden Umgebungsbedingungen und insbesondere bei niedrigen Umgebungstemperaturen funktionieren.

3.4. Der Hersteller muss nachweisen, dass die Ammoniakemission während des für das Typgenehmigungsverfahren jeweils vorgeschriebenen Emissionsprüfzyklus bei Verwendung eines Reagens einen Mittelwert von 10 ppm nicht überschreitet.

3.5. Sind in einer/einem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder Gerät Reagensbehälter eingebaut oder sind sie mit ihr/ihm verbunden, so muss eine Vorrichtung zur Beprobung des Reagens in den Behältern vorhanden sein. Die Probenahmestelle muss ohne Verwendung von Spezialwerkzeug oder -vorrichtungen leicht zugänglich sein.

3.6. Zusätzlich zu den Anforderungen in Absatz 3.2 bis 3.5 gelten für Motoren der Klassen NRE und NRG die in Anlage A.1 dieses Anhangs festgelegten Anforderungen.

4. TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN EINRICHTUNGEN ZUR MINDERUNG DER EMISSIONEN LUFTVERUNREINIGENDER PARTIKEL

4.1. Dieser Abschnitt gilt für Motoren, die zu Unterklassen gehören, die gemäß den in Anlage 2 dieser Regelung aufgeführten Emissionsgrenzwerten PN-Grenzwerten unterliegen und mit einem Partikelnachbehandlungssystem ausgerüstet sind. In Fällen, in denen das NO_X-Emissionsminderungssystem und das Partikelminderungssystem die gleichen physikalischen Komponenten aufweisen (z. B. das gleiche Substrat (SCR auf Filter), den gleichen Abgastemperatursensor), gelten die Anforderungen nach diesem Absatz nicht für Bauteile oder Funktionsstörungen, wenn die Typgenehmigungsbehörde nach Erwägung einer begründeten Bewertung durch den Hersteller zu dem Schluss kommt, dass eine Funktionsstörung des Partikelminderungssystems im Sinn dieses Absatzes zu einer entsprechenden Funktionsstörung der NO_X-Minderung im Sinn von Absatz 3 dieses Anhangs führen würde.

4.2. Die technischen Anforderungen in Bezug auf Einrichtungen zur Minderung der Emissionen luftverunreinigender Partikel werden im Einzelnen in Anlage A.2 dieses Anhangs angegeben.

ANLAGE A.1

ZUSÄTZLICHE TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN EINRICHTUNGEN ZUR MINDERUNG DER NO_X-EMISSIONEN FÜR MOTOREN DER KLASSEN NRE UND NRG, EINSCHLIEßLICH DES NACHWEISVERFAHRENS FÜR DIESE STRATEGIEN

A.1.1. Einleitung

In diesem Anhang sind die zusätzlichen Anforderungen beschrieben, durch die der ordnungsgemäße Betrieb von Einrichtungen zur Begrenzung der NO_X-Emissionen gewährleistet wird. Dies beinhaltet auch Anforderungen für Motoren, die mit einem Reagens arbeiten, um Emissionen zu reduzieren. Voraussetzung für die Typgenehmigung ist, dass die einschlägigen Bestimmungen über die Unterweisung des Bedienpersonals, die Einbauunterlagen, das System zur Warnung des Bedienpersonals, das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal und den Frostschutz für das Reagens in dieser Anlage angewendet werden.

A.1.2. Allgemeine Anforderungen

Der Motor muss mit einem NCD-System ausgerüstet sein, das geeignet ist, Funktionsstörungen des NO_X-Emissionsminderungssystems (NCM) zu erkennen. Jeder in diesem Absatz erfasste Motor muss so konstruiert, gefertigt und eingebaut sein, dass er diese Anforderungen während der normalen Motorlebensdauer unter normalen Betriebsbedingungen erfüllt. Dabei ist es akzeptabel, wenn bei Motoren, die über die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode gemäß Anlage 3 dieser Regelung hinaus betrieben werden, die Leistung und Empfindlichkeit des NCD-Systems gemindert ist, sodass die in diesem Anhang festgelegten Grenzwerte überschritten werden können, bevor das Warn- und/oder Aufforderungssystem aktiviert wird/werden.

A.1.2.1. Erforderliche Informationen

A.1.2.1.1. Arbeitet das Emissionsminderungssystem mit einem Reagens, so müssen die Art des Reagens, Informationen zur Konzentration in Lösung, die Betriebstemperatur, Verweise auf internationale Normen für die Zusammensetzung und Qualität und andere Eigenschaften dieses Reagens vom Hersteller in Anlage 3 zu Anhang 1 angegeben werden.

A.1.2.1.2. Der Typgenehmigungsbehörde sind zum Zeitpunkt des Antrags auf Typgenehmigung ausführliche schriftliche Angaben über die Funktions- und Betriebsmerkmale des Warnsystems für das Bedienpersonal gemäß Absatz A.1.4 dieses Anhangs und des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal gemäß Absatz A.1.5 dieses Anhangs zu übermitteln.

A.1.2.1.3. Der Hersteller muss dem Originalgerätehersteller Unterlagen zur Verfügung stellen mit Anweisungen, wie der Motor auf eine solche Weise in die nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine oder das Fahrzeug der Klasse T einzubauen ist, dass der Motor, sein Emissionsminderungssystem und die Bauteile der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder des Fahrzeugs der Klasse T entsprechend den Anforderungen dieser Anlage arbeiten. Diese Unterlagen müssen die detaillierten technischen Anforderungen an den Motor (Software, Hardware und Kommunikationssysteme) umfassen, die für den korrekten Einbau des Motors in die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug der Klasse T erforderlich sind.

A.1.2.2. Betriebsbedingungen

A.1.2.2.1. Die Überwachung des Füllstands des Reagensbehälters ist unter allen Bedingungen, unter denen die Messung technisch durchführbar ist, vorzunehmen (z. B. bei allen Bedingungen, bei denen ein flüssiges Reagensmittel nicht gefroren ist).

A.1.2.2.2. Der Frostschutz für das Reagens muss bei Umgebungstemperaturen von 266 K (- 7 °C) und darunter wirksam sein.

A.1.2.2.3. Alle Bestandteile des Diagnosesystems für NO_X-Emissionen mit Ausnahme der in den Absätzen A.1.2.2.1 und A.1.2.2.2 dieses Anhangs aufgeführten Elemente müssen zumindest unter den in Absatz 2.4 dieses Anhangs genannten Diagnosebedingungen für jede Motorenklasse betriebsbereit sein. Das Diagnosesystem muss, soweit technisch möglich, auch außerhalb dieses Bereichs betriebsbereit sein.

A.1.2.3. Frostschutz des Reagens

A.1.2.3.1. Der Reagensbehälter und das Dosiersystem können beheizt oder nicht beheizt sein. Ein beheiztes System muss den Anforderungen in Absatz A.1.2.3.2.2 dieses Anhangs entsprechen. Ein nicht beheiztes System muss den Anforderungen in Absatz A.1.2.3.2.3 dieses Anhangs entsprechen.

A.1.2.3.1.1. Die Verwendung eines nicht beheizten Reagensbehälters und Dosiersystems ist in den schriftlichen Anweisungen an den Endnutzer der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Fahrzeugs der Klasse T anzugeben.

A.1.2.3.2. Reagensbehälter und Dosiersystem

A.1.2.3.2.1. Wenn das Reagens gefroren ist, muss es innerhalb von maximal 70 Minuten, nachdem der Motor bei einer Umgebungstemperatur von 266 K (- 7 °C) angelassen wurde, zur Verwendung bereitstehen.

A.1.2.3.2.2. Auslegungskriterien für ein beheiztes System

Ein beheiztes System muss so ausgelegt sein, dass es bei der Prüfung gemäß dem festgelegten Verfahren die Leistungsanforderungen dieses Absatzes A.1.2.3.2 erfüllt.

A.1.2.3.2.2.1. Der Reagensbehälter und das Dosiersystem werden für 72 Stunden oder bis das Reagens fest geworden ist (je nachdem, was zuerst eintritt) bei 255 K (- 18 °C) abgekühlt.

A.1.2.3.2.2.2. Nach der in Absatz A.1.2.3.2.2.1 dieses Anhangs angegebenen Abkühlzeit ist die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug/der Motor der Klasse T anzulassen und bei einer Umgebungstemperatur von höchstens 266 K (- 7 °C) folgendermaßen zu betreiben:

a) 10 bis 20 Minuten im Leerlauf;

b) danach bis zu 50 Minuten bei maximal 40 Prozent des Drehmoments.

A.1.2.3.2.2.3. Am Ende des Prüfverfahrens gemäß Absatz A.1.2.3.2.2.2 dieses Anhangs muss das Reagens-Dosiersystem voll funktionsfähig sein.

A.1.2.3.2.2.4. Die Beurteilung der Auslegungskriterien kann in einem Kälteprüfraum unter Verwendung einer/eines vollständigen nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder eines Fahrzeugs der Klasse T oder von Bauteilen, die repräsentativ für die an solchen Maschinen zu installierenden Bauteile sind, oder ausgehend von Betriebsprüfungen durchgeführt werden.

A.1.2.3.2.3. Aktivierung des Warn- und Aufforderungssystems für das Bedienpersonal für ein nicht beheiztes System

A.1.2.3.2.3.1. Das in Absatz 4 dieses Anhangs beschriebene Warnsystem für das Bedienpersonal wird aktiviert, wenn bei einer Umgebungstemperatur von ≤ 266 K (- 7 °C) keine Reagenszufuhr auftritt.

A.1.2.3.2.3.2. Das in Absatz A.1.5.4 dieses Anhangs beschriebene starke Aufforderungssystem wird aktiviert, wenn bei einer Umgebungstemperatur von ≤ 266 K (- 7 °C) nach maximal 70 Minuten nach Anlassen des Motors keine Reagenszufuhr auftritt.

A.1.2.4. Diagnoseanforderungen

A.1.2.4.1 Das Diagnosesystem für NO_X-Emissionen (NCD) muss geeignet sein, anhand der rechnergespeicherten Diagnose-Fehlercodes die Funktionsstörungen des NO_X-Emissionsminderungssystems (NCM) zu erkennen sowie diese Informationen nach außen zu übermitteln.

A.1.2.4.2 Anforderungen an die Aufzeichnung von Diagnose-Fehlercodes

A.1.2.4.2.1 Das NCD-System muss für jede einzelne Funktionsstörung in der NO_X-Emissionsminderung (NCM) einen Diagnose-Fehlercode aufzeichnen.

A.1.2.4.2.2 Das NCD-System muss innerhalb von 60 Minuten Motorbetriebszeit feststellen, ob eine erkennbare Funktionsstörung vorliegt. Ist das der Fall, so ist ein „bestätigter und aktiver Diagnose-Fehlercode"zu speichern, und das Warnsystem ist nach Absatz A.1.4 dieses Anhangs zu aktivieren.

A.1.2.4.2.3 In Fällen, in denen mehr als 60 Minuten Betriebszeit erforderlich sind, damit die Überwachungseinrichtungen eine Funktionsstörung in der NO_X-Emissionsminderung ordnungsgemäß erkennen und bestätigen (z. B. bei Überwachungseinrichtungen, die mit statistischen Verfahren arbeiten oder den Verbrauch von Betriebsflüssigkeiten der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Fahrzeugs der Klasse T erfassen), kann die Typgenehmigungsbehörde für die Überwachung einen längeren Zeitraum zulassen, wenn der Hersteller belegt (etwa durch technische Argumentation, Versuchsergebnisse oder eigene Erfahrung), dass ein längerer Zeitraum notwendig ist.

A.1.2.4.3. Anforderungen an das Löschen von Diagnose-Fehlercodes (DTC)

(a) Diagnose-Fehlercodes dürfen durch das NCD-System so lange nicht vom Speicher des Rechners gelöscht werden, bis die dem Diagnose-Fehlercode zugrunde liegende Störung behoben wurde.

(b) Das NCD-System kann alle Diagnose-Fehlercodes auf Veranlassung eines vom Motorenhersteller auf Anfrage zur Verfügung gestellten firmeneigenen Lesegeräts oder Wartungswerkzeugs oder unter Verwendung eines vom Motorenhersteller gelieferten Zugangsschlüssels löschen.

A.1.2.4.4. Ein NCD-System darf nicht so programmiert oder konzipiert sein, dass Teile davon oder das Gesamtsystem während der Lebensdauer der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts in Abhängigkeit vom Alter oder der Laufleistung des Motors deaktiviert werden, und in dem NCD-System darf kein Algorithmus und keine Strategie implementiert sein, der/die seine Wirksamkeit mit der Zeit herabsetzt.

A.1.2.4.5. Alle umprogrammierbaren Rechnercodes oder Betriebsparameter des NCD-Systems müssen gegen Manipulation gesichert sein.

A.1.2.4.6. NCD-Motorenfamilie (Motorenfamilie in Bezug auf das Diagnosesystem für NO_X-Emissionen)

Für die Zusammensetzung einer NCD-Motorenfamilie ist der Hersteller verantwortlich. Die Zusammensetzung einer NCD-Motorenfamilie wird vom Hersteller nach bestem fachlichem Ermessen und im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde bestimmt.

Motoren, die nicht derselben Motorenfamilie angehören, können dennoch derselben NCD-Motorenfamilie angehören.

A.1.2.4.6.1. Merkmale zur Bestimmung einer NCD-Motorenfamilie

Eine NCD-Motorenfamilie lässt sich anhand einer Reihe grundlegender Konstruktionsmerkmale definieren, in denen die zu einer solchen Familie gehörenden Motoren übereinstimmen müssen.

Motoren können ein und derselben NCD-Motorenfamilie zugeordnet werden, wenn sie in den nachfolgend aufgeführten grundlegenden Merkmalen übereinstimmen:

a) Emissionsminderungssystem,

b) NCD-Überwachungsverfahren,

c) Kriterien für die NCD-Überwachung,

d) Merkmale der Überwachung (wie Überwachungshäufigkeit).

Die Übereinstimmung ist vom Hersteller durch technische Analyse oder mit anderen geeigneten Mitteln und im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde nachzuweisen.

Der Hersteller kann die Genehmigung leichter Abweichungen in den Verfahren zur Überwachung/Diagnose des NCD-Systems durch die Typgenehmigungsbehörde beantragen, wenn diese durch unterschiedliche Motorkonfigurationen bedingt sind, die Verfahren seiner Ansicht nach aber ähnlich sind und sich nur unterscheiden, um besonderen Merkmalen der fraglichen Bauteile gerecht zu werden (z. B. Größe, Abgasstrom usw.); oder wenn die Ähnlichkeiten nach bestem fachlichem Ermessen festgestellt wurden.

A.1.3. Wartungsanforderungen

A.1.3.1. Der Originalgerätehersteller („OEM“) muss allen Endnutzern neuer nicht für den Straßenverkehr bestimmter mobiler Maschinen/Geräte oder von Fahrzeugen der Klasse T schriftliche Anweisungen über das Emissionsminderungssystem und seine ordnungsgemäße Funktion gemäß Anlage 6 dieser Regelung zur Verfügung stellen.

A.1.4. Warnsystem für das Bedienpersonal

A.1.4.1. Die/Das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug der Klasse T muss über ein Warnsystem für das Bedienpersonal verfügen, welches das Bedienpersonal durch optische Signale darauf aufmerksam macht, dass der Reagensfüllstand niedrig ist, die Reagensqualität unzureichend ist, die Reagenszufuhr unterbrochen ist oder dass eine Fehlfunktion im Sinne von Absatz A.1.9 dieses Anhangs erkannt wurde, die das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal aktiviert, wenn sie nicht rechtzeitig behoben wird. Das Warnsystem muss auch aktiv bleiben, nachdem das in Absatz A.1.5 dieses Anhangs beschriebene Aufforderungssystem für das Bedienpersonal aktiviert wurde.

A.1.4.2. Der Warnhinweis muss sich von demjenigen unterscheiden, der für den Hinweis auf eine Funktionsstörung oder auf sonstige notwendige Wartungsarbeiten am Motor verwendet wird; es kann jedoch dasselbe Warnsystem verwendet werden.

A.1.4.3. Das Warnsystem für das Bedienpersonal kann aus einer oder mehreren Leuchten bestehen oder kurze Warnhinweise anzeigen, darunter solche, die deutlich auf Folgendes hinweisen:

(a) die Zeit bis zur Aktivierung der schwachen und/oder starken Aufforderung,

(b) den Umfang der schwachen und/oder starken Aufforderung, z. B. den Grad der Drehmomentreduzierung,

(c) die Bedingungen, unter denen sich die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug der Klasse T wieder starten lässt.

Werden Meldungen angezeigt, so kann das System für die Anzeige dieser Meldungen dasselbe sein wie das für andere Wartungszwecke genutzte System.

A.1.4.4. Der Hersteller kann festlegen, dass das Warnsystem ein akustisches Signal abgeben soll, um das Bedienpersonal aufmerksam zu machen. Die Abschaltung von akustischen Signalen durch das Bedienpersonal ist zulässig.

A.1.4.5. Das Warnsystem für das Bedienpersonal wird gemäß den Absätzen A.1.2.3.3.1, A.1.6.2, A.1.7.2, A.1.8.4 bzw. A.1.9.3 dieses Anhangs aktiviert.

A.1.4.6. Das Warnsystem für das Bedienpersonal muss sich deaktivieren, wenn die Voraussetzungen für seine Aktivierung nicht mehr gegeben sind. Das Warnsystem für das Bedienpersonal darf nur dann automatisch deaktiviert werden, wenn die Ursache seiner Aktivierung beseitigt wurde.

A.1.4.7. Das Warnsystem darf durch andere Warnsignale, die wichtige sicherheitsbezogene Hinweise anzeigen, vorübergehend unterbrochen werden.

A.1.4.8. Die Verfahren für die Aktivierung und Deaktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal sind in Absatz A.1.11 dieses Anhangs ausführlich beschrieben.

A.1.4.9. Ein Hersteller, der einen Antrag auf Typgenehmigung nach dieser Regelung stellt, muss die Funktionsweise des Warnsystems für das Bedienpersonal gemäß Absatz A.1.10 dieses Anhangs nachweisen.

A.1.5. Aufforderungssystem für das Bedienpersonal

A.1.5.1. Der Motor muss über ein Aufforderungssystem für das Bedienpersonal verfügen, dem eines der folgenden Prinzipien zugrunde liegt:

A.1.5.1.1. ein zweistufiges Aufforderungssystem, welches mit einer schwachen Aufforderung (einer Leistungseinschränkung) beginnt, auf die eine starke Aufforderung (effektive Deaktivierung des Betriebs der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Fahrzeugs der Klasse T) folgt;

A.1.5.1.2. ein einstufiges System der starken Aufforderung (effektive Deaktivierung des Betriebs der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Fahrzeugs der Klasse T), welches unter den Bedingungen einer schwachen Aufforderung gemäß den Absätzen A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 und A.1.9.4.1 dieses Anhangs aktiviert wird.

Beschließt der Hersteller, den Motor abzuschalten, um die Anforderungen hinsichtlich des einstufigen Systems der starken Aufforderung zu erfüllen, so kann die Aufforderung für den Reagensfüllstand nach Wahl des Herstellers gemäß den Bedingungen in Absatz A.1.6.3.2 dieses Anhangs anstatt der Bedingungen in Absatz A.1.6.3.1 dieses Anhangs aktiviert werden.

A.1.5.2. Der Motor kann mit einer Funktion ausgestattet werden, mit der das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal deaktiviert werden kann, sofern es den Anforderungen nach Absatz A.1.5.2.1 dieses Anhangs entspricht.

A.1.5.2.1. Der Motor kann mit einer Funktion ausgestattet werden, mit der im Falle eines von einer nationalen oder regionalen Regierung, deren Notdiensten oder Streitkräften festgestellten Notfalls das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal vorübergehend deaktiviert werden kann.

A.1.5.2.1.1. Alle folgenden Bedingungen gelten, wenn ein Motor mit einer Funktion zur vorübergehenden Deaktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal ausgestattet ist:

a) Die maximale Betriebsdauer, für die das Aufforderungssystem vom Bedienpersonal deaktiviert werden kann, beträgt 120 Stunden;

b) Die Aktivierungsmethode ist so zu gestalten, dass eine versehentliche Betätigung durch das Erfordernis einer zweifach auszuführenden willentlichen Handlung verhindert wird und mindestens durch den Warnhinweis „NUR FÜR DEN NOTEINSATZ“eindeutig gekennzeichnet ist;

c) Die Deaktivierung wird nach Ablauf der 120 Stunden automatisch aufgehoben, und es muss eine Funktion vorhanden sein, mit der das Betriebspersonal die Deaktivierung manuell aufheben kann, wenn der Noteinsatz vorbei ist;

d) Nach Ablauf der 120 Betriebsstunden darf das Aufforderungssystem nicht mehr deaktiviert werden können, außer wenn die Funktion zur Deaktivierung durch Eingabe des vorübergehenden Sicherheitscodes eines Herstellers oder Neukonfigurierung der ECU des Motors durch einen qualifizierten Wartungstechniker oder ein entsprechendes, für jeden Motor einzigartiges Sicherheitsmerkmal zurückgesetzt wurde;

e) Die Gesamtzahl und -dauer der Betätigungen der Deaktivierung müssen in einem nichtflüchtigen Speicher oder Zählern so gespeichert werden, dass die Information nicht absichtlich gelöscht werden kann. Es muss den nationalen Kontrollbehörden möglich sein, diese Aufzeichnungen mit einem Lesegerät zu lesen;

f) Eine Beschreibung des Anschlusses und der Auslesemethode für die Aufzeichnungen am Punkt e) ist in die in Anhang 1 genannte Beschreibungsmappe aufzunehmen;

g) Der Hersteller bewahrt eine Aufzeichnung jedes Antrags auf Zurücksetzung der Funktion zur vorübergehenden Deaktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal auf und macht den Behörden der Vertragsparteien diese Aufzeichnungen auf Verlangen zugänglich.

A.1.5.3. Schwache Aufforderung

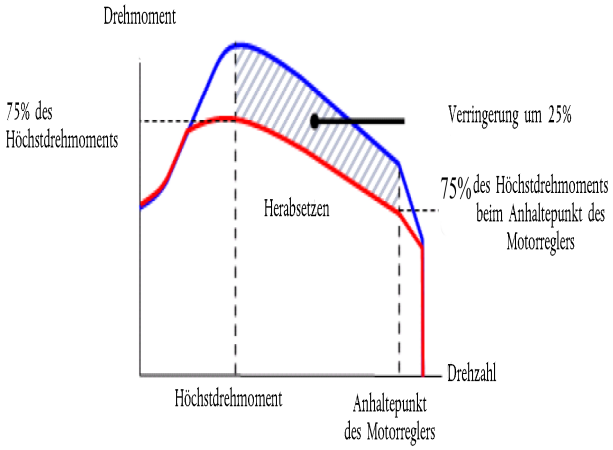
A.1.5.3.1. Die schwache Aufforderung muss sich aktivieren, wenn eine der in den Absätzen A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 und A.1.9.4.1 dieses Anhangs genannten Bedingungen eingetreten ist.

A.1.5.3.2. Die schwache Aufforderung muss das verfügbare Höchstdrehmoment des Motordrehzahlbereichs allmählich um mindestens 25 % zwischen der Drehzahl bei maximalem Drehmoment und dem Anhaltepunkt des Motorreglers, wie in Abbildung A.9-1 dargestellt, reduzieren. Die Drehmomentreduzierung muss mindestens 1 % pro Minute betragen.

A.1.5.3.3. Andere Möglichkeiten der Aufforderung dürfen angewendet werden, wenn gegenüber der Typgenehmigungsbehörde nachgewiesen wurde, dass die gleichen oder strengere Anforderungen erfüllt werden.

Abbildung A.9-1

Schema der Drehmomentreduzierung der schwachen Aufforderung



A.1.5.4. Starke Aufforderung

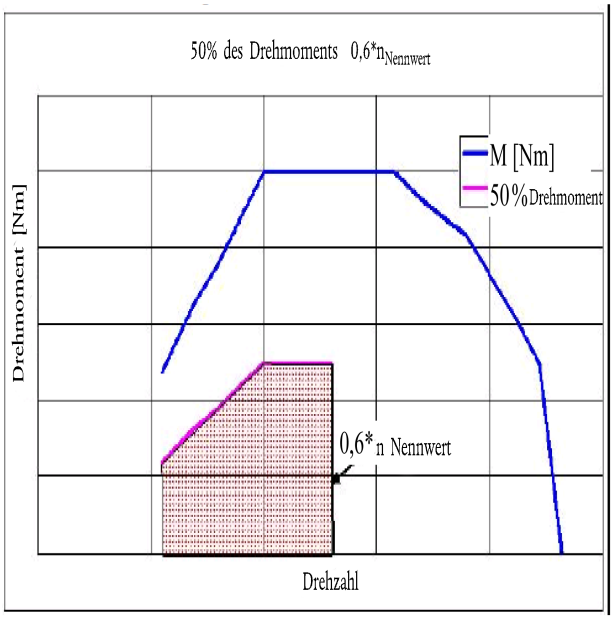
A.1.5.4.1. Die starke Aufforderung muss sich aktivieren, wenn eine der in den Absätzen A.1.2.3.3.2, A.1.6.3.2, A.1.7.3.2, A.1.8.4.2 und A.1.9.4.2 dieses Anhangs genannten Bedingungen eingetreten ist.

A.1.5.4.2. Die starke Aufforderung muss die Funktion der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts bis zu einem Niveau reduzieren, das sich so erschwerend auswirkt, dass das Bedienpersonal die in den Absätzen A.1.6 bis A.1.9 dieses Anhangs behandelten Probleme beheben muss. Die folgenden Strategien sind zulässig:

A.1.5.4.2.1. Das Drehmoment zwischen der Drehzahl bei maximalem Drehmoment und dem Anhaltepunkt des Motorreglers ist allmählich vom Drehmoment der schwachen Aufforderung in Abbildung A.9-1 um mindestens 1 % pro Minute bis auf höchstens 50 % des Höchstdrehmoments zu reduzieren; bei Motoren mit variabler Drehzahl ist die Motordrehzahl innerhalb des gleichen Zeitraums wie die Drehmomentreduzierung gemäß Abbildung A.9-2 allmählich auf höchstens 60 % der Nenndrehzahl zu reduzieren.

Abbildung A.9-2

Schema der Drehmomentreduzierung der starken Aufforderung



A.1.5.4.2.2. Andere Möglichkeiten der Aufforderung dürfen angewendet werden, wenn gegenüber der Typgenehmigungsbehörde nachgewiesen wurde, dass die gleichen oder strengere Anforderungen erfüllt werden.

A.1.5.5. Damit Sicherheitsaspekten Rechnung getragen und eine Selbstheilungsdiagnose ermöglicht wird, ist zum Erreichen der vollen Motorleistung die Verwendung einer Übersteuerungsfunktion in Bezug auf das Aufforderungssystem zulässig, vorausgesetzt,

a) sie ist nicht länger als 30 Minuten aktiviert und

b) ihr Einsatz beschränkt sich in jedem Zeitraum, in dem das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal aktiviert ist, auf drei Aktivierungen.

A.1.5.6. Das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal muss sich deaktivieren, wenn die Voraussetzungen für seine Aktivierung nicht mehr gegeben sind. Das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal darf nur dann automatisch deaktiviert werden, wenn die Ursache seiner Aktivierung beseitigt wurde.

A.1.5.7. Die Verfahren zur Aktivierung und Deaktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal sind in Absatz A.1.11 dieses Anhangs ausführlich beschrieben.

A.1.5.8. Ein Hersteller, der einen Antrag auf Typgenehmigung nach dieser Regelung stellt, muss die Funktion des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal gemäß Absatz A.1.10 dieses Anhangs nachweisen.

A.1.6. Verfügbarkeit des Reagens

A.1.6.1. Anzeige des Reagensfüllstands

Die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät muss über eine Anzeige verfügen, die das Bedienpersonal deutlich über den Füllstand des Reagens in dessen Behälter informiert. Die minimal akzeptable Leistungsebene der Reagens-Füllstandsanzeige beinhaltet, dass sie kontinuierlich den Füllstand anzeigt, während das Warnsystem für das Bedienpersonal, auf das in Absatz 1.4 dieses Anhangs verwiesen wird, aktiviert wird. Die Reagens-Füllstandsanzeige kann in Form einer analogen oder digitalen Anzeige vorhanden sein und kann den Füllstand als Anteil des Fassungsvermögens des Behälters, die Menge des verbleibenden Reagens oder die geschätzte verbleibende Anzahl an Betriebsstunden anzeigen.

A.1.6.2. Aktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal

A.1.6.2.1. Das in Absatz 1.4 angegebene Warnsystem für das Bedienpersonal muss sich aktivieren, wenn der Füllstand des Reagens weniger als 10 % des Fassungsvermögens des Reagensbehälters beträgt, oder bei einem höheren vom Hersteller festgelegten Prozentsatz.

A.1.6.2.2. Der Warnhinweis und die Reagens-Füllstandsanzeige müssen dem Bedienpersonal unmissverständlich anzeigen, dass der Reagensfüllstand niedrig ist. Wenn das Warnsystem ein System zur Anzeige von Warnhinweisen beinhaltet, muss das optische Signal mit einem Warnhinweis anzeigen, dass der Reagensfüllstand niedrig ist (z. B.: „niedriger Harnstoffpegel", „niedriger AdBlue-Pegel"oder „niedriger Reagenspegel").

A.1.6.2.3. Das Warnsystem für das Bedienpersonal braucht zunächst nicht ununterbrochen aktiviert zu werden (z. B. muss ein Hinweis nicht ununterbrochen angezeigt werden), die Aktivierung muss sich jedoch bis zur dauerhaften Aktivierung steigern, wenn sich der Füllstand des Reagens einem sehr niedrigen Prozentsatz des Fassungsvermögens des Reagensbehälters und dem Punkt nähert, an dem das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal aktiviert wird (z. B. die Frequenz, mit der eine Lampe aufleuchtet). Es muss sich bis auf ein vom Hersteller festgelegtes Niveau steigern, an dem das Bedienpersonal eine Meldung erhält, welche an dem Punkt, an dem das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal gemäß Absatz A.1.6.3 dieses Anhangs aktiviert wird, hinreichend auffälliger ist, als an dem Punkt, an dem das Warnsystem sich zuerst aktiviert hat.

A.1.6.2.4. Die Dauerwarnung darf nicht einfach abgeschaltet werden oder unbeachtet bleiben können. Wenn das Warnsystem ein System zur Anzeige von Warnhinweisen beinhaltet, muss ein deutlicher Warnhinweis angezeigt werden (z. B. „Harnstoff nachfüllen", „AdBlue nachfüllen"oder „Reagens nachfüllen"). Die Dauerwarnung darf durch andere Warnsignale, die wichtige sicherheitsbezogene Hinweise anzeigen, vorübergehend unterbrochen werden.

A.1.6.2.5. Das Warnsystem für das Bedienpersonal darf sich erst dann abschalten lassen, wenn das Reagens bis zu einem Füllstand nachgefüllt worden ist, der nicht die Aktivierung des Warnsystems erfordert.

A.1.6.3. Aktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal

A.1.6.3.1. Die in Absatz A.1.5.3 dieses Anhangs beschriebene schwache Aufforderung muss sich aktivieren, wenn der Füllstand im Reagensbehälter unter 2,5 % seines nominalem Fassungsvermögens oder unter einen vom Hersteller festgelegten höheren Prozentsatz sinkt.

A.1.6.3.2. Die in Absatz A.1.5.4 dieses Anhangs beschriebene starke Aufforderung muss sich aktivieren, wenn der Reagensbehälter leer ist (d. h. wenn das Dosiersystem nicht mehr in der Lage ist, Reagens aus dem Behälter zu beziehen) oder, nach Ermessen des Herstellers, bei einem Füllstand von unter 2,5 % seines nominalen Fassungsvermögens.

A.1.6.3.3. Mit Ausnahme des in Absatz A.1.5.5 dieses Anhangs erlaubten Umfangs darf sich die schwache oder starke Aufforderung für das Bedienpersonal erst dann abschalten lassen, wenn das Reagens bis zu einem Füllstand nachgefüllt worden ist, der nicht die Aktivierung des Aufforderungssystems erfordert.

A.1.7. Überwachung der Reagensqualität

A.1.7.1. Der Motor oder die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug der Klasse T muss über eine Möglichkeit verfügen, um das Vorhandensein eines unzureichenden Reagens in einer/einem nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät oder einem Fahrzeug der Klasse T zu ermitteln.

A.1.7.1.1. Der Hersteller muss eine minimal akzeptable Reagenskonzentration CD_{min} festlegen, die bedingt, dass die NO_X-Emissionen entweder den geltenden NO_X-Grenzwert multipliziert mit 2,25 oder den geltenden NO_X-Grenzwert plus 1,5 g/kWh, je nachdem welcher Wert niedriger ist, nicht überschreiten. Für Motor-Unterklassen mit einem kombinierten Grenzwert für HC und NO_X wird der kombinierte Grenzwert für HC und NO_X um 0,19 g/kWh vermindert und gilt für NO_X für die Zwecke dieses Absatzes.

A.1.7.1.1.1. Der vom Hersteller angegebene Wert von CD_{min} ist während des in Absatz A.1.13 dieses Anhangs festgelegten Nachweisverfahrens anzuwenden und in der erweiterten Dokumentation gemäß Anhang 1 Anlage A.3 aufzuzeichnen.

A.1.7.1.2. Jede Reagenskonzentration unter CD_{min} ist festzustellen und gilt für die Zwecke von Absatz A.1.7.1 dieses Anhangs als unzureichendes Reagens.

A.1.7.1.3. Ein bestimmter Zähler („der Zähler für Reagensqualität") ist der Reagensqualität zuzuordnen. Der Zähler für Reagensqualität zählt die Motorbetriebsstunden, in denen ein unzureichendes Reagens verwendet wurde.

A.1.7.1.3.1. Wahlweise kann der Hersteller die Fehlfunktion der Reagensqualität mit einer oder mehreren der in den Absätzen A.1.8 und A.1.9 dieses Anhangs aufgeführten Fehlfunktionen auf einem einzelnen Zähler zusammenfassen.

A.1.7.1.4. Die Aktivierungs- und Deaktivierungskriterien und -mechanismen des Zählers für Reagensqualität sind in Absatz A.1.11 dieses Anhangs ausführlich beschrieben.

A.1.7.2. Aktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal

Wenn das Überwachungssystem bestätigt, dass die Reagensqualität unzureichend ist, wird das in Absatz A.1.4 beschriebene Warnsystem für das Bedienpersonal aktiviert. Wenn das Warnsystem ein System zur Anzeige von Warnhinweisen beinhaltet, muss ein deutlicher Warnhinweis mit dem Grund der Warnung angezeigt werden (z. B. „falscher Harnstoff erkannt", „falsches AdBlue erkannt"oder „falsches Reagens erkannt").

A.1.7.3. Aktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal

A.1.7.3.1. Die in Absatz A.1.5.3 dieses Anhangs beschriebene schwache Aufforderung muss sich aktivieren, wenn die Reagensqualität nicht innerhalb von 10 Motorbetriebsstunden nach der Aktivierung des in Absatz A.1.7.2 dieses Anhangs beschriebenen Warnsystems für das Bedienpersonal berichtigt wurde.

A.1.7.3.2. Die in Absatz A.1.5.4 dieses Anhangs beschriebene starke Aufforderung muss sich aktivieren, wenn die Reagensqualität nicht innerhalb von 20 Motorbetriebsstunden nach der Aktivierung des in Absatz A.1.7.2 dieses Anhangs beschriebenen Warnsystems für das Bedienpersonal berichtigt wurde.

A.1.7.3.3. Die Zahl der Stunden vor der Aktivierung des Aufforderungssystems ist im Fall eines wiederholten Auftretens der Fehlfunktion gemäß den in Absatz A.1.11 dieses Anhangs beschriebenen Mechanismen zu reduzieren.

A.1.8. Zufuhr des Reagens

A.1.8.1. Der Motor muss mit einer Einrichtung ausgestattet sein, die die Unterbrechung der Reagenszufuhr erfasst.

A.1.8.2. Zähler für die Zufuhr des Reagens

A.1.8.2.1. Für die Zufuhr des Reagens ist ein bestimmter Zähler vorzusehen (der „Zähler für die Zufuhr"). Der Zähler muss die Zahl der Motorbetriebsstunden zählen, während deren eine Unterbrechung der Zufuhr des Reagens auftritt. Dies ist nicht erforderlich, wenn die Unterbrechung vom elektronischen Motorsteuergerät veranlasst wird, weil die Emissionsminderungsleistung unter den momentanen Betriebsbedingungen der nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine oder des Fahrzeugs der Klasse T keine Reagenszufuhr erfordert.

A.1.8.2.1.1. Wahlweise kann der Hersteller die Fehlfunktion der Reagenszufuhr mit einer oder mehreren der in den Absätzen A.1.7 und A.1.9 dieses Anhangs aufgeführten Fehlfunktionen auf einem einzelnen Zähler zusammenfassen.

A.1.8.2.2. Die Aktivierungs- und Deaktivierungskriterien und -mechanismen des Zählers für die Reagenszufuhr sind in Absatz A.1.11 dieses Anhangs ausführlich beschrieben.

A.1.8.3. Aktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal

Das in Absatz A.1.4 dieses Anhangs beschriebene Warnsystem für das Bedienpersonal muss sich aktivieren, wenn die Dosierung unterbrochen wird, was gemäß Absatz A.1.8.2.1 dieses Anhangs den Zähler für die Reagensdosierung aktiviert. Wenn das Warnsystem ein System zur Anzeige von Warnhinweisen beinhaltet, muss ein deutlicher Warnhinweis mit dem Grund der Warnung angezeigt werden (z. B. „Störung der Harnstoffzufuhr", „Störung der AdBlue-Zufuhr"oder „Störung der Reagenszufuhr").

A.1.8.4. Aktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal

A.1.8.4.1. Die in Absatz A.1.5.3 dieses Anhangs beschriebene schwache Aufforderung muss sich aktivieren, wenn eine Unterbrechung der Reagenszufuhr nicht innerhalb von höchstens 10 Motorbetriebsstunden nach der Aktivierung des in Absatz A.1.8.3 dieses Anhangs beschriebenen Warnsystems für das Bedienpersonal behoben wurde.

A.1.8.4.2. Die in Absatz A.1.5.4 dieses Anhangs beschriebene schwache Aufforderung muss sich aktivieren, wenn eine Unterbrechung der Reagenszufuhr nicht innerhalb von höchstens 20 Motorbetriebsstunden nach der Aktivierung des in Absatz A.1.8.3 dieses Anhangs beschriebenen Warnsystems für das Bedienpersonal behoben wurde.

A.1.8.4.3. Die Zahl der Stunden vor der Aktivierung des Aufforderungssystems ist im Fall eines wiederholten Auftretens der Fehlfunktion gemäß den in Absatz A.1.11 dieses Anhangs beschriebenen Mechanismen zu reduzieren.

A.1.9. Sonstige Fehler, die auf Manipulation zurückzuführen sein könnten

A.1.9.1. Zusätzlich zu dem Reagens-Füllstand im Behälter, der Reagensqualität und der Unterbrechung der Reagenszufuhr werden die folgenden Fehler überwacht, da sie auf Manipulation zurückzuführen sein könnten:

a) Fehler des Diagnosesystems für NO_X-Emissionen (NCD) gemäß Absatz A.1.9.2.1 dieses Anhangs;

b) Fehler des Ventils für Abgasrückführung (AGR) gemäß Absatz A.1.9.2.2 dieses Anhangs.

A.1.9.2. Anforderungen an die Überwachung und Zähler

A.1.9.2.1. Diagnosesystem für NO_X-Emissionen (NCD)

A.1.9.2.1.1. Das Diagnosesystem für NO_X-Emissionen (NCD) ist auf elektrische Störungen und auf die Entfernung oder Deaktivierung von Sonden hin zu überwachen, durch die die Diagnose weiterer Fehler nach den Absatz A.1.6 bis A.1.8. unmöglich wird (Bauteilüberwachung).

Eine nicht erschöpfende Liste an Sonden, deren Deaktivierung die Diagnoseleistung beeinträchtigt, umfasst beispielsweise solche, die die NO_X-Konzentration direkt messen, Harnstoffsonden, Umgebungssonden und Sonden, die zur Überwachung von Reagenszufuhr, Reagensfüllstand oder Reagensverbrauch dienen.

A.1.9.2.1.2. Jedem der Überwachungsfehler ist ein Zähler zuzuordnen. Die NCD-System-Zähler müssen die Zahl der Motorbetriebsstunden zählen, wenn bestätigt wird, dass der Diagnose-Fehlercode, der einer Fehlfunktion des NCD-Systems zugeordnet ist, aktiviert ist. Unterschiedliche NCD-System-Fehlfunktionen können auf einem einzelnen Zähler zusammengefasst werden.

A.1.9.2.1.2.1. Wahlweise kann der Hersteller die Fehlfunktion des NCD-Systems mit einer oder mehreren der in den Absätzen A.1.7, A.1.8 und A.1.9.2.2 dieses Anhangs aufgeführten Fehlfunktionen auf einem einzelnen Zähler zusammenfassen.

A.1.9.2.1.3. Die Aktivierungs- und Deaktivierungskriterien und -mechanismen des/der Zähler(s) für das NCD-System sind in Absatz A.1.11 dieses Anhangs ausführlich beschrieben.

A.1.9.2.2. AGR-Ventil

A.1.9.2.2.1. Die Abgasrückführanlage (AGR) ist auf ein gestörtes AGR-Ventil hin zu überwachen.

A.1.9.2.2.2. Einem AGR-Ventil, dessen Funktion gestört ist, ist ein Zähler zuzuordnen. Der Zähler für das AGR-Ventil muss die Zahl der Motorbetriebsstunden zählen, wenn bestätigt wird, dass der dem gestörten AGR-Ventil entsprechende Diagnose-Fehlercode aktiviert ist.

A.1.9.2.2.2.1. Wahlweise kann der Hersteller den Fehler „gestörtes AGR-Ventil“mit einem oder mehreren der in den Absätzen A.1.7, A.1.8 und A.1.9.2.1 dieses Anhangs aufgeführten Fehlfunktionen auf einem einzelnen Zähler zusammenfassen.

A.1.9.2.2.3. Die Aktivierungs- und Deaktivierungskriterien und -mechanismen des Zählers für das AGR-Ventil sind in Absatz A.1.11 dieses Anhangs ausführlich beschrieben.

A.1.9.3. Aktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal

Das in Absatz 4 beschriebene Warnsystem für das Bedienpersonal muss sich aktivieren, wenn einer der in Absatz A.1.9.1 dieses Anhangs genannten Fehler auftritt, und anzeigen, dass eine dringende Reparatur erforderlich ist. Wenn das Warnsystem ein System zur Anzeige von Warnhinweisen beinhaltet, muss ein deutlicher Warnhinweis mit dem Grund der Warnung angezeigt werden (z. B. „Dosierventil des Reagens abgetrennt“oder „kritischer Emissionsfehler“).

A.1.9.4. Aktivierung des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal

A.1.9.4.1. Die in Absatz A.1.5.3 dieses Anhangs beschriebene schwache Aufforderung muss sich aktivieren, wenn ein in Absatz A.1.9.1. dieses Anhangs beschriebener Fehler nicht innerhalb von höchstens 36 Motorbetriebsstunden nach der Aktivierung des in Absatz A.1.9.3. dieses Anhangs beschriebenen Warnsystems für das Bedienpersonal behoben wurde.

A.1.9.4.2. Die in Absatz A.1.5.4 dieses Anhangs beschriebene schwache Aufforderung muss sich aktivieren, wenn ein in Absatz A.1.9.1 dieses Anhangs beschriebener Fehler nicht innerhalb von höchstens 100 Motorbetriebsstunden nach der Aktivierung des in Absatz A.1.9.3 dieses Anhangs beschriebenen Warnsystems für das Bedienpersonal behoben wurde.

A.1.9.4.3. Die Zahl der Stunden vor der Aktivierung des Aufforderungssystems ist im Fall eines wiederholten Auftretens der Fehlfunktion gemäß den in Absatz A.1.11 dieses Anhangs beschriebenen Mechanismen zu reduzieren.

A.1.9.5. Alternativ zu den Anforderungen an die Überwachung in Absatz A.1.9.2.dieses Anhangs dürfen die Hersteller für die Störungsüberwachung eine NO_X-Sonde verwenden, die sich in der Abgasanlage befindet. In diesem Fall gilt:

a) Der NO_X-Wert, bei dem eine NCM-Funktionsstörung entdeckt wurde, darf entweder den geltenden NO_X-Grenzwert multipliziert mit 2,25 oder den geltenden NO_X-Grenzwert plus 1,5 g/kWh nicht überschreiten, je nachdem welcher Wert niedriger ist. Für Motor-Unterklassen mit einem kombinierten Grenzwert für HC und NO_X wird der kombinierte Grenzwert für HC und NO_X um 0,19 g/kWh vermindert und gilt für NO_X für die Zwecke dieses Absatzes.

b) Die Verwendung einer einzelnen Warnung ist zulässig; bei Warnung in Form einer Textnachricht kann der Wortlaut „Hoher NO_X-Ausstoß — Ursache unbekannt“verwendet werden.

c) In Absatz A.1.9.4.1 dieses Anhangs ist die Höchstzahl von Motorbetriebsstunden zwischen der Aktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal und der Aktivierung der schwachen Aufforderung auf 10 zu verringern.

d) In Absatz A.1.9.4.2 dieses Anhangs ist die Höchstzahl von Motorbetriebsstunden zwischen der Aktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal und der Aktivierung der starken Aufforderung auf 20 zu verringern.

A.1.10. Anforderungen an den Nachweis

A.1.10.1. Allgemeines

Die Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Anlage ist im Laufe der Typgenehmigung durch das Erbringen der folgenden Nachweise gemäß Tabelle A.9-1 und Absatz A.1.10 dieses Anhangs zu belegen:

a) Ein Nachweis der Aktivierung des Warnsystems

b) Ein Nachweis der Aktivierung der schwachen Aufforderung, falls zutreffend

c) Nachweis der Aktivierung der starken Aufforderung

A.1.10.2. Motorenfamilien und NCD-Motorenfamilien

Die Übereinstimmung einer Motorenfamilie oder einer NCD-Motorenfamilie mit den Anforderungen von Absatz A.1.10 dieses Anhangs kann durch die Prüfung eines Motors der betrachteten Familie nachgewiesen werden, sofern der Hersteller gegenüber der Typgenehmigungsbehörde nachweist, dass die für die Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Anlage erforderlichen Überwachungssysteme innerhalb der Familie ähnlich sind.

A.1.10.2.1. Der Nachweis, dass die Überwachungssysteme innerhalb der NCD-Motorenfamilie ähnlich sind, kann durch Vorlage von Algorithmen, Funktionsanalysen usw. bei der Typgenehmigungsbehörde erbracht werden.

A.1.10.2.2. Der Prüfmotor wird vom Hersteller im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde ausgewählt. Bei dem Prüfmotor kann es sich um den Stammmotor der betrachteten Familie handeln.

A.1.10.2.3. Im Fall von Motoren einer Motorenfamilie, die zu einer NCD-Motorenfamilie gehören, die bereits gemäß Absatz A.1.10.2.1. (Abbildung A.9-3) typgenehmigt wurde, gilt die Übereinstimmung dieser Motorenfamilie als nachgewiesen, ohne dass zusätzliche Prüfungen erforderlich sind, sofern der Hersteller gegenüber der Genehmigungsbehörde nachweisen kann, dass die für die Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Anlage erforderlichen Überwachungssysteme innerhalb der berücksichtigten Motorenfamilie und NCD-Motorenfamilie ähnlich sind.

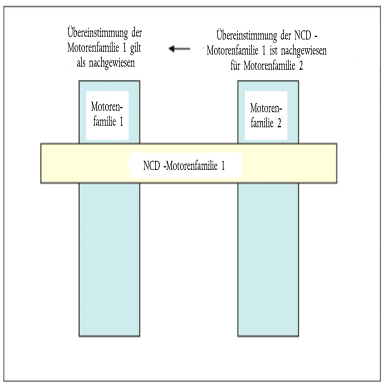
Tabelle A.9-1

Veranschaulichung des inhalts des nachweisprozesses gemäß den bestimmungen in den absätzen A.1.10.3 und A.1.10.4

Mechanismus	Nachweiselemente
Aktivierung des Warnsystems gemäß Absatz A.1.10.3 dieses Anhangs	— 2 Aktivierungsprüfungen (einschließlich Reagensmangel) — Zusätzliche Nachweiselemente, je nach Fall
Aktivierung der schwachen Aufforderung gemäß Absatz 1.10.4 dieses Anhangs	— 2 Aktivierungsprüfungen (einschließlich Reagensmangel) — Zusätzliche Nachweiselemente, je nach Fall — 1 Prüfung der Drehmomentreduzierung
Aktivierung der starken Aufforderung gemäß Absatz 1.10.4 dieses Anhangs	— 2 Aktivierungsprüfungen (einschließlich Reagensmangel) — Zusätzliche Nachweiselemente, je nach Fall

Abbildung A.9-3

Vorheriger Nachweis der Übereinstimmung einer NCD-Motorenfamilie



A.1.10.3. Nachweis der Aktivierung des Warnsystems

A.1.10.3.1. Die Übereinstimmung der Aktivierung des Warnsystems ist durch zwei Prüfungen nachzuweisen: Mangel an Reagens und eine der in den Absätzen A.1.7, A.1.8 oder A.1.9 dieses Anhangs genannten Fehlerkategorien.

A.1.10.3.2. Auswahl der zu prüfenden Fehler aus den Absätzen A.1.7, A.1.8, oder A.1.9 dieses Anhangs.

A.1.10.3.2.1. Die Typgenehmigungsbehörde wählt eine Fehlerkategorie aus. Wenn ein Fehler aus den Absätzen A.1.7 oder A.1.9 dieses Anhangs ausgewählt wird, gelten zusätzlich die in den Absätzen A.1.10.3.2.2 bzw. A.1.10.3.2.3 dieses Anhangs genannten Anforderungen.

A.1.10.3.2.2. Für den Nachweis der Aktivierung des Warnsystems im Fall einer falschen Reagensqualität ist ein Reagens mit einer Verdünnung des Wirkstoffes zu wählen, die gleich oder größer ist, als die, die vom Hersteller gemäß den Anforderungen in Absatz A.1.7 dieses Anhangs mitgeteilt wurde.

A.1.10.3.2.3. Für den Nachweis der Aktivierung des Warnsystems im Fall der in Absatz A.1.9 dieses Anhangs festgelegten, möglicherweise auf Manipulation zurückgehenden Fehler ist die Auswahl gemäß den folgenden Anforderungen zu treffen:

A.1.10.3.2.3.1. Der Hersteller muss der Typgenehmigungsbehörde eine Liste der möglichen Fehler vorlegen.

A.1.10.3.2.3.2. Der bei der Prüfung zu berücksichtigende Fehler ist von der Typgenehmigungsbehörde aus der in Absatz A.1.10.3.2.3.1 genannten Liste auszuwählen.

A.1.10.3.3. Nachweis

A.1.10.3.3.1. Für diesen Nachweis ist eine separate Prüfung für den Mangel an Reagens und den gemäß Absatz A.1.10.3.2 dieses Anhangs ausgewählten Fehler durchzuführen.

A.1.10.3.3.2. Während einer Prüfung darf kein anderer Fehler auftreten als derjenige, der Gegenstand der Prüfung ist.

A.1.10.3.3.3. Vor Beginn einer Prüfung sind alle Diagnose-Fehlcodes zu löschen.

A.1.10.3.3.4. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde können die Fehler, die der Prüfung unterliegen, simuliert werden.

A.1.10.3.3.5. Erkennung von Fehlern außer dem Reagensmangel.

Für andere Fehler als den des Reagensmangels ist die Erkennung des Fehlers, sobald er bedingt oder simuliert wurde, folgendermaßen durchzuführen:

A.1.10.3.3.5.1. Das NCD-System muss auf einen von der Typgenehmigungsbehörde ausgewählten und bedingten Fehler gemäß den Bestimmungen dieser Anlage reagieren. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Aktivierung innerhalb von zwei aufeinanderfolgenden NCD-Prüfzyklen gemäß Absatz A.1.10.3.3.7 dieses Anhangs erfolgt.

Ist in der Beschreibung einer Überwachungseinrichtung angegeben, dass für den Abschluss eines Überwachungsvorgangs mehr als zwei NCD-Prüfzyklen notwendig sind, so kann die Zahl der NCD-Prüfzyklen mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde auf drei NCD-Prüfzyklen erhöht werden.

Nach jedem NCD-Prüfzyklus kann der Motor abgestellt werden. Die Pause bis zum nächsten Anlassen ist so zu bemessen, dass nach dem Abstellen ablaufende Überwachungsvorgänge zum Abschluss kommen und die Voraussetzungen für einen neuen Überwachungsvorgang nach dem Wiederanlassen erfüllt sind.

A.1.10.3.3.5.2. Der Nachweis der Aktivierung des Warnsystems gilt als erbracht, wenn sich am Ende jeder Nachweisprüfung, die gemäß Absatz A.1.10.3.3 durchgeführt wurde, das Warnsystem ordnungsgemäß aktiviert hat und der Diagnose-Fehlercode für den gewählten Fehler den Status „bestätigt und aktiv“hat.

A.1.10.3.3.6. Feststellen eines Reagensmangels

Für den Nachweis der Aktivierung des Warnsystems im Fall eines Reagensmangels ist das Motorsystem nach Ermessen des Herstellers über einen oder mehrere NCD-Prüfzyklen zu betreiben.

A.1.10.3.3.6.1. Der Nachweis muss mit einem Füllstand des Reagensbehälters beginnen, auf den sich der Hersteller und die Typgenehmigungsbehörde geeinigt haben, der aber nicht weniger als 10 % des nominalen Fassungsvermögens des Behälters beträgt.

A.1.10.3.3.6.2. Das Warnsystem gilt als ordnungsgemäß funktionierend, wenn die folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

a) Das Warnsystem wurde aktiviert mit einer Verfügbarkeit des Reagensmittels von größer oder gleich 10 % des Fassungsvermögens des Reagensbehälters und

b) das „Dauer"-Warnsystem wurde aktiviert bei einer Verfügbarkeit des Reagensmittels von größer oder gleich dem Wert, der vom Hersteller gemäß den Bestimmungen in Absatz A.1.6 dieses Anhangs festgelegt wurde.

A.1.10.3.3.7. NCD-Prüfzyklus

A.1.10.3.3.7.1. Bei dem in Absatz A.1.10 dieses Anhangs behandelten NCD-Prüfzyklus für den Nachweis der korrekten Funktionsweise des NCD-Systems handelt es sich um den NRTC-Warmstartzyklus der Unterklasse NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 NRE-v-6 und den anzuwendenden NRSC für alle anderen Klassen.

A.1.10.3.3.7.2. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde kann für eine bestimmte Überwachungseinrichtung ein alternativer NCD-Prüfzyklus (z. B. ein anderer als der NRTC- oder der NRSC-Zyklus) verwendet werden. Der Antrag muss Belege (technische Überlegungen, Simulations- und Prüfergebnisse usw.) dafür enthalten, dass

a) die Überwachungsvorgänge im alternativen Prüfzyklus denen im realen Betrieb entsprechen;

b) der geltende einschlägige NCD-Prüfzyklus nach Absatz A.1.10.3.3.7.1 dieses Anhangs zur Prüfung der jeweiligen Überwachungsfunktionen weniger geeignet ist.

A.1.10.3.4. Der Nachweis der Aktivierung des Warnsystems gilt als erbracht, wenn sich am Ende jeder Nachweisprüfung, die gemäß Absatz A.1.10.3.3 dieses Anhangs durchgeführt wurde, das Warnsystem ordnungsgemäß aktiviert hat.

A.1.10.4. Nachweis für das Aufforderungssystem

A.1.10.4.1. Der Nachweis für das Aufforderungssystem ist anhand von Prüfungen auf einem Motorprüfstand zu erbringen.

A.1.10.4.1.1. Bauteile oder Teilsysteme, die nicht in den Motor eingebaut sind, wie beispielsweise Umgebungstemperatursensoren, Füllstandssensoren sowie Warn- und Informationssysteme für das Bedienpersonal, die erforderlich sind, um die Nachweise zu erbringen, müssen zu diesem Zweck zur Zufriedenheit der Typgenehmigungsbehörde mit dem Motor verbunden werden oder simuliert werden.

A.1.10.4.1.2. Der Hersteller kann sich vorbehaltlich der Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde dafür entscheiden, dass die Nachweisprüfungen an einer/einem vollständigen nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät durchgeführt werden, entweder indem die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät auf einen passenden Prüfstand gestellt wird oder indem sie/es ungeachtet Absatz A.1.10.4.1 dieses Anhangs auf einer Prüfstrecke unter kontrollierten Bedingungen betrieben wird.

A.1.10.4.2. Die Prüffolge soll die Aktivierung des Aufforderungssystems im Fall eines Reagensmangels und im Fall des von der Typgenehmigungsbehörde gewählten Fehlers gemäß Absatz A.1.10.3.2.1 dieses Anhangs für die Prüfung des Warnsystems nachweisen.

A.1.10.4.3. Für die Zwecke dieses Nachweises

a) ist es zulässig, dass der Hersteller mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde die Prüfung beschleunigt durchführt, indem er das Erreichen einer bestimmten Zahl an Motorbetriebsstunden simuliert;

b) kann das Erreichen der Drehmomentreduzierung, die für eine schwache Aufforderung erforderlich ist, zu dem Zeitpunkt nachgewiesen werden, wenn der allgemeine Prozess zur Genehmigung der Motorleistung gemäß dieser Regelung durchgeführt wird. Eine separate Drehmomentmessung im Laufe des Nachweises für das Aufforderungssystem ist in diesem Fall nicht erforderlich.

c) Falls anwendbar, ist die schwache Aufforderung gemäß den Anforderungen in Absatz A.1.10.4.5 dieses Anhangs nachzuweisen.

d) Die starke Aufforderung ist gemäß den Anforderungen in Absatz A.1.10.4.6 dieses Anhangs nachzuweisen.

A.1.10.4.4. Ferner muss der Hersteller den Betrieb des Aufforderungssystems unter denjenigen der in den Absätzen A.1.7, A.1.8 oder A.1.9 dieses Anhangs beschriebenen Fehlerbedingungen nachweisen, die nicht für die Verwendung in Nachweisprüfungen ausgewählt wurden, die in den Absätzen A.1.10.4.1 bis A.1.10.4.3 dieses Anhangs beschrieben werden.

Diese zusätzlichen Nachweise können erbracht werden, indem der Typgenehmigungsbehörde eine technische Fallstudie unter Verwendung von Belegen wie Algorithmen, Funktionsanalysen und dem Ergebnis von vorherigen Prüfungen vorgelegt wird.

A.1.10.4.4.1. Diese zusätzlichen Nachweise sollen zur Zufriedenheit der Typgenehmigungsbehörde insbesondere die Einbindung der korrekten Drehmomentreduzierungsmechanismen in das elektronische Steuergerät des Motors belegen.

A.1.10.4.5. Nachweisprüfung der schwachen Aufforderung

A.1.10.4.5.1. Dieser Nachweis beginnt, wenn das Warnsystem, oder gegebenenfalls das „Dauer-Warnsystem“, aufgrund der Erkennung eines von der Typgenehmigungsbehörde gewählten Fehlers aktiviert wurde.

A.1.10.4.5.2. Wenn das System auf seine Reaktion im Fall eines Reagensmangels im Behälter geprüft wird, so ist das Motorsystem zu betreiben, bis die Verfügbarkeit des Reagens einen Wert von 2,5 % des nominalen Fassungsvermögens des Behälters oder den vom Hersteller gemäß Absatz A.1.6.3.1 dieses Anhangs angegebenen Wert erreicht hat, bei dem sich die schwache Aufforderung aktivieren soll.

A.1.10.4.5.2.1. Der Hersteller kann mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde den kontinuierlichen Betrieb simulieren, indem er Reagens aus dem Tank entnimmt, entweder bei laufendem oder bei abgeschaltetem Motor.

A.1.10.4.5.3. Wenn das System auf seine Reaktion im Fall eines anderen Fehlers als Reagensmangel im Behälter geprüft wird, so ist der Motor für die entsprechende Zahl an Motorbetriebsstunden gemäß der Tabelle A.9-3 zu betreiben, oder, auf Entscheidung des Herstellers hin, bis der entsprechende Zähler den Wert erreicht hat, bei dem die schwache Aufforderung aktiviert wird.

A.1.10.4.5.4. Der Nachweis der schwachen Aufforderung gilt als erbracht, wenn am Ende jeder gemäß den Absätzen A.1.10.4.5.2 und A.1.10.4.5.3 dieses Anhangs durchgeführten Nachweisprüfung der Hersteller gegenüber der Typgenehmigungsbehörde nachgewiesen hat, dass das elektronische Steuergerät des Motors den Drehmomentreduzierungsmechanismus aktiviert hat.

A.1.10.4.6. Nachweisprüfung der starken Aufforderung

A.1.10.4.6.1. Dieser Nachweis beginnt bei einem Zustand, in dem die schwache Aufforderung vorher bereits aktiviert war, und kann als Fortsetzung der Prüfungen durchgeführt werden, die unternommen wurden, um die schwache Aufforderung nachzuweisen.

A.1.10.4.6.2. Wenn das System auf seine Reaktion im Fall eines Reagensmangels im Behälter geprüft wird, so ist das Motorsystem zu betreiben, bis entweder der Reagensbehälter leer ist oder der Füllstand unter 2,5 % des nominalen Fassungsvermögens des Behälters gesunken ist, bei dem gemäß Hersteller die Aktivierung der starken Aufforderung einsetzt.

A.1.10.4.6.2.1. Der Hersteller kann mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde den kontinuierlichen Betrieb simulieren, indem er Reagens aus dem Tank entnimmt, entweder bei laufendem oder bei abgeschaltetem Motor.

A.1.10.4.6.3. Wenn das System auf seine Reaktion im Fall eines anderen Fehlers als Reagensmangel im Behälter geprüft wird, so ist der Motor für die entsprechende Zahl an Motorbetriebsstunden gemäß Tabelle A.9-4 zu betreiben, oder, auf die Entscheidung des Herstellers hin, bis der entsprechende Zähler den Wert erreicht hat, bei dem die starke Aufforderung aktiviert wird.

A.1.10.4.6.4. Der Nachweis der starken Aufforderung gilt als erbracht, wenn am Ende jeder gemäß den Absätzen A.1.10.4.6.2 und A.1.10.4.6.3 dieses Anhangs durchgeführten Nachweisprüfung der Hersteller gegenüber der Typgenehmigungsbehörde nachgewiesen hat, dass der erforderliche Mechanismus zur Aktivierung der starken Aufforderung eingesetzt hat.

A.1.10.4.7. Vorbehaltlich der Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde kann der Hersteller alternativ entscheiden, dass der Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Mechanismen zur Aktivierung der Aufforderung gemäß den Anforderungen in den Absätzen A.1.5.4 und A.1.10.4.1.2 an einer/einem vollständigen nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät durchgeführt wird, entweder indem die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug der Klasse T auf einen passenden Prüfstand gestellt wird oder indem sie/es auf einer Prüfstrecke unter kontrollierten Bedingungen betrieben wird.

A.1.10.4.7.1. Die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät ist zu betreiben, bis der dem gewählten Fehler zugeordnete Zähler die entsprechende Zahl an Betriebsstunden, die in Tabelle A.9-4 angegeben ist, erreicht hat, oder gegebenenfalls bis entweder der Reagensbehälter leer ist oder der Füllstand unter 2,5 % des nominalen Fassungsvermögens des Behälters gesunken ist, bei dem gemäß der Entscheidung des Herstellers die Aktivierung der starken Aufforderung einsetzt.

A.1.10.5. Dokumentation des Nachweises

A.1.10.5.1. In einem Nachweisbericht ist der Nachweis über die Funktionsweise des NCD-Systems zu dokumentieren. Dieser Bericht

a) benennt die untersuchten Fehler;

b) beschreibt den durchgeführten Nachweis einschließlich des anzuwendenden Prüfzyklus;

c) bestätigt, dass die anzuwendenden Warnungen und Aufforderungen gemäß dieser Regelung aktiviert wurden;

d) wird in die in Anhang 1 genannte Beschreibungsmappe aufgenommen.

A.1.11. Beschreibung der Aktivierungs- und Deaktivierungsmechanismen des Warnsystems und des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal

A.1.11.1. Zur Ergänzung der in diesem Anhang genannten Anforderungen hinsichtlich der Aktivierungs- und Deaktivierungsmechanismen des Warnsystems und des Aufforderungssystems sind in Absatz A.1.11 dieses Anhangs die technischen Anforderungen für eine Umsetzung dieser Aktivierungs- und Deaktivierungsmechanismen festgelegt.

A.1.11.2. Aktivierungs- und Deaktivierungsmechanismen des Warnsystems

A.1.11.2.1. Das Warnsystem für das Bedienpersonal muss sich aktivieren, wenn der Diagnose-Fehlercode, welcher einer NCM zugeordnet ist, die die Aktivierung des Warnsystems bedingt, den in Tabelle A.9-2 definierten Status aufweist.

Tabelle A.9-2

Aktivierung des warnsystems für das bedienpersonal

Art des Fehlers	Status des Diagnose-Fehlercodes für die Aktivierung des Warnsystems
Unzureichende Reagensqualität	Bestätigt und aktiv
Unterbrechung der Zufuhr	Bestätigt und aktiv
Gestörtes AGR-Ventil	Bestätigt und aktiv
Fehlfunktion des Überwachungssystems	Bestätigt und aktiv
Ggf. NO_X-Emissionsgrenzwert	Bestätigt und aktiv

A.1.11.2.2. Das Warnsystem für das Bedienpersonal muss sich deaktivieren, wenn das Diagnosesystem erkennt, dass der der Warnung entsprechende Fehler nicht mehr vorhanden ist oder wenn die Daten, einschließlich der Diagnose-Fehlercodes, welche den Fehlern entsprechen, die die Aktivierung des Warnsystems bedingen, durch ein Lesegerät gelöscht wurden.

A.1.11.2.2.1. Vorschriften für die Löschung von „Informationen über die Minderung von NO_X-Emissionen“

A.1.11.2.2.1.1. Löschen/Zurücksetzen von „Informationen über die Minderung von NO_X-Emissionen“mit einem Lesegerät

Folgende Daten können auf Befehl von einem Lesegerät gelöscht oder auf den in dieser Anlage genannten Wert zurückgesetzt werden (siehe Tabelle A.9-3):

Tabelle A.9-3

Löschen/zurücksetzen von „informationen über die minderung von NO_X-Emissionen“mit einem lesegerät

Information über die Minderung von NO_X-Emissionen	Löschbar	Zurücksetzbar
Alle Diagnose-Fehlercodes	X	
Stand des Zählers mit der höchsten Zahl von Motorbetriebsstunden		X
Zahl der Motorbetriebsstunden in dem/den NCD-Zähler(n)		X

A.1.11.2.2.1.2. Informationen über die Minderung von NO_X-Emissionen dürfen nicht durch das Abklemmen der Batterie(n) der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts oder des Fahrzeugs der Klasse T gelöscht werden.

A.1.11.2.2.1.3. Das Löschen von „Informationen über die Minderung von NO_X-Emissionen“darf nur bei „stehendem Motor“möglich sein.

A.1.11.2.2.1.4. Wenn „Informationen über die Minderung von NO_X-Emissionen“, einschließlich Diagnose-Fehlercodes, gelöscht werden, dürfen die Zähler nicht gelöscht werden, die diesen Fehlfunktionen zugeordnet sind und die in dieser Anlage als Zähler definiert sind; sie sind stattdessen auf den im einschlägigen Absatz dieser Anlage genannten Wert zurückzusetzen.

A.1.11.3. Aktivierungs- und Deaktivierungsmechanismen des Aufforderungssystems für das Bedienpersonal

A.1.11.3.1. Das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal muss sich aktivieren, wenn das Warnsystem aktiv ist und der Zähler, welcher für die Art von NCM-Funktionsstörung relevant ist, die die Aktivierung des Aufforderungssystems bedingt, den Wert in Tabelle A.9-4 erreicht.

A.1.11.3.2. Das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal muss sich deaktivieren, wenn das System keine Fehlfunktion, die die Aktivierung des Aufforderungssystems bedingt, mehr erkennt oder wenn die Daten, einschließlich der den NCM-Funktionsstörungen entsprechenden Diagnose-Fehlercodes, die die Aktivierung des Aufforderungssystems bedingen, durch ein Lesegerät oder ein Wartungswerkzeug gelöscht wurden.

A.1.11.3.3. Das Warnsystem für das Bedienpersonal und das Aufforderungssystem für das Bedienpersonal müssen nach der Bewertung der Reagensmenge im Reagensbehälter gemäß den Bestimmungen in Absatz A.1.6 dieses Anhangs sofort aktiviert oder gegebenenfalls deaktiviert werden. In diesem Fall sind die Aktivierungs- und Deaktivierungsmechanismen nicht vom Status eines zugeordneten Diagnose-Fehlercodes abhängig.

A.1.11.4. Zähler-Mechanismus

A.1.11.4.1. Allgemeines

A.1.11.4.1.1. Zwecks Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Anlage muss das System Zähler beinhalten, um die Zahl der Stunden zu erfassen, die der Motor gelaufen ist, während das System eine der folgenden Fehlfunktionen erkannt hat:

a) unzureichende Reagensqualität;

b) Unterbrechung der Reagenszufuhr;

c) gestörtes AGR-Ventil;

d) Funktionsausfall des NCD-Systems.

A.1.11.4.1.1.1. Der Hersteller kann einen einzelnen oder mehrere Zähler verwenden, um die in Absatz A.1.11.4.1.1 dieses Anhangs aufgeführten NCM in Gruppen einzuordnen.

A.1.11.4.1.2. Jeder der Zähler muss die größte mit 2 Byte darstellbare Zahl mit einer Auflösung von einer Stunde erfassen können und den erfassten Wert gespeichert halten, solange die Voraussetzungen für sein Zurücksetzen auf null nicht erfüllt sind.

A.1.11.4.1.3. Der Hersteller kann einen einzelnen oder mehrere NCD-System-Zähler verwenden. Ein Einzelzähler kann die kumulierte Dauer von zwei oder mehreren unterschiedlichen, für diese Art von Zähler relevanten Funktionsstörungen speichern, von denen keine die vom Einzelzähler angezeigte Dauer erreicht hat.

A.1.11.4.1.3.1. Wenn der Hersteller entscheidet, mehrere NCD-System-Zähler für das Überwachungssystem zu verwenden, muss das System in der Lage sein, jeder Fehlfunktion, die gemäß dieser Anlage für diese Art von Zähler relevant ist, einen spezifischen Überwachungssystem-Zähler zuzuordnen.

A.1.11.4.2. Prinzip des Zähler-Mechanismus

A.1.11.4.2.1. Jeder Zähler muss wie folgt arbeiten:

A.1.11.4.2.1.1. Wenn er bei null beginnt, muss der Zähler anfangen zu zählen, sobald eine dem Zähler entsprechende Fehlfunktion erkannt wird und der entsprechende Diagnose-Fehlercode den in Tabelle A.9-2 festgelegten Status aufweist.

A.1.11.4.2.1.2. Im Fall von wiederholten Fehlern wird nach Wahl des Herstellers eine der folgenden Bestimmungen angewandt:

a) Wenn ein einzelnes Überwachungsereignis auftritt und die Fehlfunktion, die den Zähler ursprünglich aktiviert hat, nicht mehr erkannt wird oder wenn der Fehler durch ein Lesegerät oder ein Wartungswerkzeug gelöscht wurde, muss der Zähler anhalten und seinen momentanen Wert gespeichert halten. Hört der Zähler auf zu zählen, wenn die starke Aufforderung aktiv ist, muss er entweder bei dem in Tabelle A.9-4 definierten Wert oder bei einem Wert, der mindestens so groß ist wie der Zählerwert für die starke Aufforderung minus 30 Minuten eingefroren werden.

b) Der Zähler muss entweder bei dem in Tabelle A.9-4 definierten Wert oder bei einem Wert, der mindestens so groß ist wie der Zählerwert für die starke Aufforderung minus 30 Minuten eingefroren werden.

A.1.11.4.2.1.3. Im Fall eines einzelnen Überwachungssystem-Zählers muss dieser Zähler weiterzählen, wenn eine für diesen Zähler relevante NCM-Funktionsstörung erkannt wurde und deren entsprechender Diagnose-Fehlercode den Status „bestätigt und aktiv“aufweist. Der Zähler muss anhalten und einen der in Absatz A.1.11.4.2.1.2 dieses Anhangs angegebenen Werte gespeichert halten, wenn keine NCM-Funktionsstörung, die die Aktivierung des Zählers bedingen würde, erkannt wird oder wenn alle dem Zähler entsprechenden Fehler durch ein Lesegerät oder ein Wartungswerkzeug gelöscht wurden.

Tabelle A.9-4

Zähler und aufforderungssystem

	Status des Diagnose-Fehlercodes für die erste Aktivierung des Zählers	Wert des Zählers für die schwache Aufforderung	Wert des Zählers für die starke Aufforderung	Eingefrorener Wert des Zählers
Zähler für Reagensqualität	Bestätigt und aktiv	≤ 10 Stunden	≤ 20 Stunden	≥ 90 % des Werts des Zählers für die starke Aufforderung
Zähler für die Zufuhr	Bestätigt und aktiv	≤ 10 Stunden	≤ 20 Stunden	≥ 90 % des Werts des Zählers für die starke Aufforderung
Zähler für das AGR-Ventil	Bestätigt und aktiv	≤ 36 Stunden	≤ 100 Stunden	≥ 95 % des Werts des Zählers für die starke Aufforderung
Zähler für das Überwachungssystem	Bestätigt und aktiv	≤ 36 Stunden	≤ 100 Stunden	≥ 95 % des Werts des Zählers für die starke Aufforderung
Ggf. NO_X-Emissionsgrenzwert	Bestätigt und aktiv	≤ 10 Stunden	≤ 20 Stunden	≥ 90 % des Werts des Zählers für die starke Aufforderung

A.1.11.4.2.1.4. Sobald er eingefroren ist, ist der Zähler auf null zurückzusetzen, wenn die für diesen Zähler relevanten Überwachungsfunktionen mindestens einmal ihren Überwachungszyklus durchlaufen haben, ohne dass sie eine Fehlfunktion erkannt haben, und keine für diesen Zähler relevante Fehlfunktion in den 40 Motorbetriebsstunden seit letztmaligem Anhalten des Zählers (siehe Abbildung A.9-4) erkannt wurde.

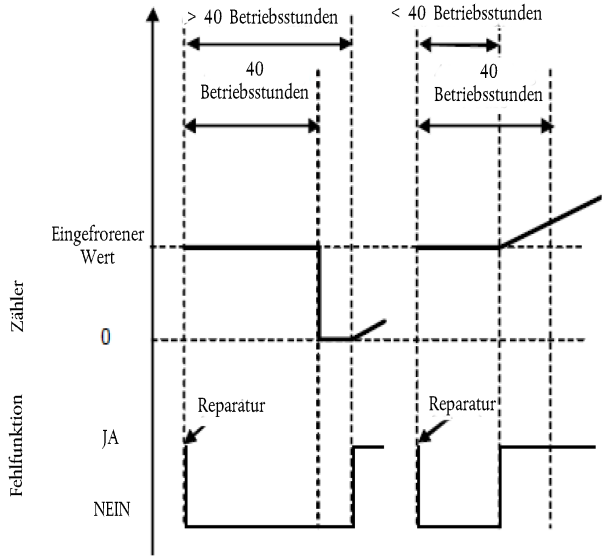
A.1.11.4.2.1.5. Der Zähler muss bei dem Wert erneut anfangen zu zählen, bei dem er angehalten wurde, falls eine für diesen Zähler relevante Fehlfunktion während des Zeitraums, in dem der Zähler eingefroren war (siehe Abbildung A.9-4), erkannt wurde.

A.1.12. Veranschaulichung der Aktivierungs-, Deaktivierungs- und Zähler-Mechanismen

A.1.12.1. In Absatz A.1.12 dieses Anhangs werden die Aktivierungs-, Deaktivierungs- und Zähler-Mechanismen für einige typische Fälle veranschaulicht. Die in den Absätzen A.1.12.2, A.1.12.3 und A.1.12.4 dieses Anhangs dargestellten Abbildungen und Beschreibungen sind ausschließlich für den Zweck der Veranschaulichung in dieser Anlage bestimmt und sollten nicht als Beispiele für die Anforderungen dieser Regelung oder als definitive Erklärungen der beteiligten Prozesse genannt werden. Die Zählerstunden in den Abbildungen A.9-6 und A.9-7 beziehen sich auf die Höchstwerte für die starke Aufforderung in Tabelle A.9-4. Aus Gründen der Vereinfachung wurde beispielsweise die Tatsache, dass das Warnsystem auch aktiv sein wird, wenn das Aufforderungssystem aktiv ist, nicht in den Veranschaulichungen erwähnt.

Abbildung A.9-4

Erneute Aktivierung und Zurücksetzen auf null eines Zählers nach einem Zeitraum, in dem sein Wert eingefroren war



A.1.12.2. Abbildung A.9-5 veranschaulicht die Funktion der Aktivierungs- und Deaktivierungsmechanismen während der Überwachung der Verfügbarkeit des Reagensmittels in vier Fällen:

a) Betriebsfall 1: Das Bedienpersonal betreibt die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät trotz der Warnung weiter, bis ihr/sein Betrieb deaktiviert wird;

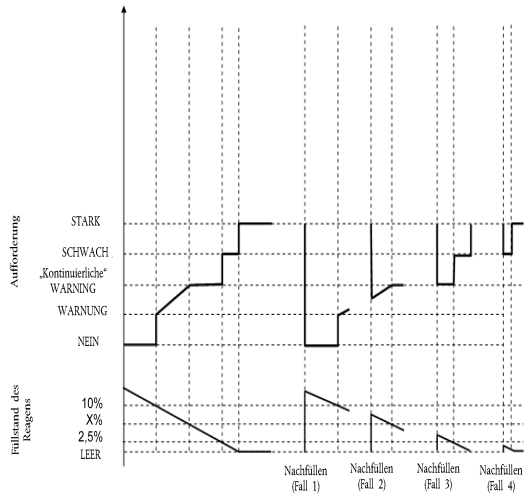
b) Nachfüllen, Fall 1 („ausreichendes“Nachfüllen): Das Bedienpersonal füllt den Reagensbehälter auf, sodass ein Füllstand über der 10-%-Schwelle erreicht wird. Warnungs- und Aufforderungssystem werden deaktiviert.

c) Nachfüllen, Fälle 2 und 3 („unzulängliches“Nachfüllen): Das Warnsystem ist aktiviert. Die Stufe der Warnung hängt von der verfügbaren Reagensmenge ab.

d) Nachfüllen, Fall 4 („sehr unzulängliches“Nachfüllen): Die schwache Aufforderung aktiviert sich sofort.

Abbildung A.9-5

Verfügbarkeit des Reagens



A.1.12.3. Abbildung A.9-6 veranschaulicht drei Fälle mit falscher Reagensqualität:

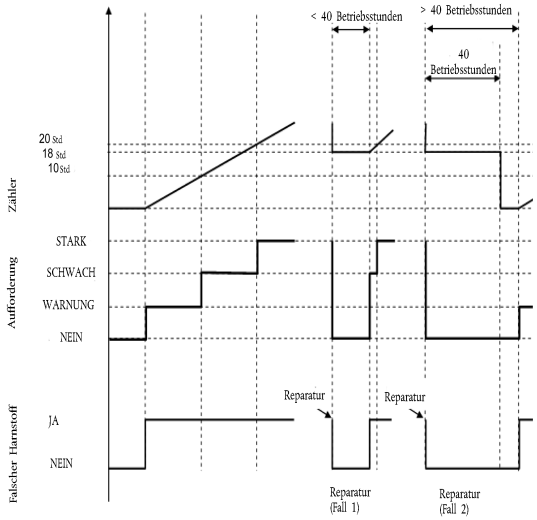
a) Betriebsfall 1: Das Bedienpersonal betreibt die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät trotz der Warnung weiter, bis ihr/sein Betrieb deaktiviert wird.

b) Reparaturfall 1 („schlechte“oder „unlautere“Reparatur): Nach der Deaktivierung der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts wechselt das Bedienpersonal das Reagens gegen ein Reagens mit höherer Reagensqualität aus, tauscht dieses Reagens aber nach kurzer Zeit wieder gegen ein Reagens mit niedrigerer Qualität aus. Das Aufforderungssystem wird sofort erneut aktiviert und der Betrieb der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts wird nach zwei Motorbetriebsstunden deaktiviert.

c) Reparaturfall 2 („gute“Reparatur): Nach der Deaktivierung der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts berichtigt das Bedienpersonal die Reagensqualität. Allerdings füllt es nach einiger Zeit wieder ein Reagens mit einer niedrigen Qualität nach. Das Warn- und Aufforderungssystem sowie die Zählprozesse beginnen wieder bei null.

Abbildung A.9-6

Nachfüllen eines Reagens mit niedriger Qualität



A.1.12.4. Abbildung A.9-7 veranschaulicht drei Fälle von Fehlern beim Harnstoff-Zufuhrsystem. Diese Abbildung veranschaulicht auch das Verfahren, das im Fall der in Absatz A.1.9 dieses Anhangs beschriebenen Überwachungsfehler Anwendung findet.

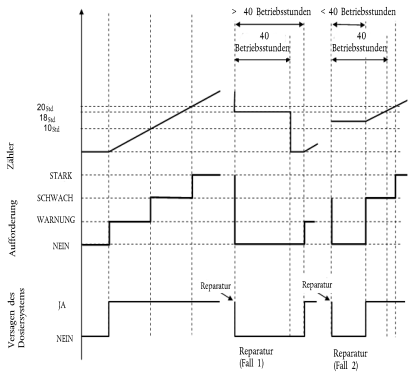
a) Betriebsfall 1: Das Bedienpersonal betreibt die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät trotz der Warnung weiter, bis ihr/sein Betrieb deaktiviert wird.

b) Reparaturfall 1 („gute"Reparatur): Nach der Deaktivierung der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts repariert das Bedienpersonal das Zufuhrsystem. Allerdings versagt das Zufuhrsystem nach einiger Zeit erneut. Das Warn- und Aufforderungssystem sowie die Zählprozesse beginnen wieder bei null.

c) Reparaturfall 2 („schlechte"Reparatur): Während des Zeitraums, in dem die schwache Aufforderung aktiv ist (Drehmomentreduzierung), repariert das Bedienpersonal das Zufuhrsystem. Allerdings versagt das Zufuhrsystem nach kurzer Zeit erneut. Die schwache Aufforderung aktiviert sich sofort erneut, und der Zähler fängt bei dem Wert wieder an zu zählen, den er vor der Reparatur angezeigt hat.

Abbildung A.9-7

Fehler beim Reagens-Zufuhrsystem



A.1.13. Nachweis der akzeptablen Minimal-Reagenskonzentration CD_{min}

A.1.13.1. Der Hersteller muss den korrekten Wert von CD_{min} während des Typgenehmigungsverfahrens nachweisen, indem er unter Verwendung eines Reagens mit der Konzentration CD_{min} für Motoren der Unterklassen NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 den Warmstart-Teil des NRTC-Zyklus und für alle anderen Klassen den anzuwendenden NRSC durchführt.

A.1.13.2. Die Prüfung muss auf den (die) entsprechenden NCD-Zyklus (NCD-Zyklen) oder auf den vom Hersteller festgelegten Vorkonditionierungszyklus folgen, der einem geschlossenen Regelkreissystem zur Minderung der NO_X-Emissionen ermöglicht, sich an die Reagensqualität mit der Konzentration CD_{min} anzupassen.

A.1.13.3. Die Schadstoffemissionen bei dieser Prüfung müssen unter den in Absatz A.1.7.1.1 dieses Anhangs festgelegten NO_X-Grenzwerten liegen.

A.1.13.4. Dokumentation des Nachweises

A.1.13.4.1. In einem Nachweisbericht ist der Nachweis über die akzeptable Minimal-Reagenskonzentration zu dokumentieren. Dieser Bericht

a) benennt die untersuchten Fehler;

b) beschreibt den durchgeführten Nachweis einschließlich des anzuwendenden Prüfzyklus;

c) bestätigt, dass die Schadstoffemissionen bei dieser Nachweisprüfung unter den in Absatz A.1.7.1.1 dieses Anhangs festgelegten NO_X-Grenzwerten liegen;

d) wird in die in Anhang 1 genannte Beschreibungsmappe aufgenommen.

ANLAGE A.2

TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN EINRICHTUNGEN ZUR MINDERUNG DER EMISSIONEN LUFTVERUNREINIGENDER PARTIKEL, EINSCHLIEßLICH DER METHODEN ZUM NACHWEIS DIESER EINRICHTUNGEN

A.2.1. Einleitung

In dieser Anlage sind die Anforderungen beschrieben, durch die der ordnungsgemäße Betrieb von Einrichtungen zur Minderung der Emissionen luftverunreinigender Partikel gewährleistet wird.

A.2.2. Allgemeine Anforderungen

Der Motor muss mit einem Diagnosesystem des Partikelminderungssystems (PCD) ausgerüstet sein, das geeignet ist, die in diesem Anhang genannten Funktionsstörungen des Partikelnachbehandlungssystems zu erkennen. Jedes in diesem Absatz erfasste Motorsystem muss so konstruiert, gefertigt und eingebaut sein, dass es diese Anforderungen während der normalen Motorlebensdauer unter normalen Betriebsbedingungen erfüllt. Dabei ist es akzeptabel, wenn bei Motoren, die über die in Anlage 3 dieser Regelung festgelegte Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode hinaus eingesetzt wurden, die Leistung und Empfindlichkeit des PCD gemindert ist.

A.2.2.1. Erforderliche Informationen

A.2.2.1.1. Arbeitet das Emissionsminderungssystem mit einem Reagens, z. B. einem Katalysator als Kraftstoffadditiv, so müssen die Eigenschaften dieses Reagens (Art, Konzentration in Lösung, Betriebstemperatur, Verweise auf internationale Normen für die Zusammensetzung und Qualität) vom Hersteller in dem in Anhang 1 enthaltenen Beschreibungsbogen angegeben werden.

A.2.2.1.2. Der Typgenehmigungsbehörde sind zum Zeitpunkt der Typgenehmigung ausführliche schriftliche Informationen vorzulegen, aus denen die Funktionsmerkmale des Warnsystems für das Bedienpersonal gemäß Absatz A.2.4 dieses Anhangs hervorgehen.

A.2.2.1.3. Der Hersteller muss Einbauunterlagen vorlegen, die bei Verwendung durch den Originalgerätehersteller gewährleisten, dass der Motor einschließlich des Emissionsminderungssystems, das Teil des genehmigten Motortyps oder der genehmigten Motorenfamilie ist, nach Einbau in die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug der Klasse T so mit den notwendigen Maschinenteilen zusammenarbeitet, dass die in diesem Anhang enthaltenen Anforderungen eingehalten werden. Diese Unterlagen müssen die detaillierten technischen Anforderungen sowie die Vorschriften für den Motor (Software, Hardware und Kommunikationssysteme) umfassen, die für den korrekten Einbau des Motors in die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät oder das Fahrzeug der Klasse T erforderlich sind.

A.2.2.2. Betriebsbedingungen

A.2.2.2.1. Das PCD-System muss mindestens bei den für jede Motorenklasse geltenden Kontrollbedingungen nach Absatz 2.4 dieses Anhangs einsatzfähig sein. Das Diagnosesystem muss, soweit technisch möglich, auch außerhalb dieses Bereichs betriebsbereit sein.

A.2.2.3. Diagnoseanforderungen

A.2.2.3.1. Das PCD-System muss geeignet sein, anhand der rechnergespeicherten Diagnose-Fehlercodes (DTC) die in diesem Anhang genannten Funktionsstörungen des Partikelminderungssystems (PCM) zu erkennen sowie diese Informationen nach außen zu übermitteln.

A.2.2.3.2. Anforderungen an die Aufzeichnung von Diagnose-Fehlercodes

A.2.2.3.2.1. Das PCD-System muss für jede einzelne Funktionsstörung des Partikelminderungssystems (PCM) einen Diagnose-Fehlercode (DTC) aufzeichnen.

A.2.2.3.2.2. Das PCD-System muss innerhalb der in Tabelle A.9-5 angegebenen Motorbetriebszeiten feststellen, ob eine erkennbare Funktionsstörung vorliegt. Ist das der Fall, so ist ein „bestätigter und aktiver" DTC zu speichern, und das Warnsystem ist nach Absatz A.2.4 dieses Anhangs zu aktivieren.

A.2.2.3.2.3. In Fällen, in denen mehr als die in Tabelle A.9-5 angegebene Betriebszeit erforderlich ist, damit die Überwachungseinrichtungen eine Funktionsstörung des Partikelminderungssystems ordnungsgemäß erkennen und bestätigen (z. B. bei Überwachungseinrichtungen, die mit statistischen Verfahren arbeiten oder den Verbrauch von Betriebsflüssigkeiten der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts erfassen), kann die Typgenehmigungsbehörde für die Überwachung einen längeren Zeitraum zulassen, wenn der Hersteller belegt (etwa durch technische Argumentation, Versuchsergebnisse oder eigene Erfahrung) dass ein längerer Zeitraum notwendig ist.

Tabelle A.9-5

Typen von Überwachungseinrichtungen und entsprechender Zeitraum für die Speicherung eines „bestätigten und aktiven" DTC

Typ der Überwachungseinrichtung	Zeitraum der kumulierten Laufzeit, innerhalb deren ein „bestätigter und aktiver" DTC gespeichert werden muss
Entfernung des Partikelnachbehandlungssystems	60 Minuten Motorbetrieb nicht im Leerlauf
Funktionsverlust des Partikelnachbehandlungssystems	240 Minuten Motorbetrieb nicht im Leerlauf
Fehler des PCD-Systems	60 Minuten Motorbetrieb

A.2.2.3.3. Anforderungen an das Löschen von Diagnosefehlercodes (DTC).

a) DTC dürfen durch das PCD-System so lange nicht vom Speicher des Rechners gelöscht werden, bis die dem DTC zugrunde liegende Störung behoben wurde;

b) das PCD-System kann alle DTC auf Veranlassung eines vom Motorenhersteller auf Anfrage zur Verfügung gestellten firmeneigenen Lesegeräts oder Wartungswerkzeugs oder unter Verwendung eines vom Motorenhersteller gelieferten Zugangsschlüssels löschen;

c) die Aufzeichnung von Betriebsereignissen mit einem bestätigten und aktiven DTC, die in einem nichtflüchtigen Speicher gemäß Absatz A.2.5.2 dieses Anhangs gespeichert werden, darf nicht gelöscht werden.

A.2.2.3.4. Ein PCD-System darf nicht so programmiert oder konzipiert sein, dass Teile davon oder das Gesamtsystem während der Lebensdauer des Motors in Abhängigkeit vom Alter der/des nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Geräts deaktiviert werden, und in ihm darf kein Algorithmus und keine Strategie implementiert sein, der/die die Wirksamkeit des PCD-Systems mit der Zeit herabsetzt.

A.2.2.3.5. Alle umprogrammierbaren Rechnercodes oder Betriebsparameter des PCD-Systems müssen gegen Manipulationen gesichert sein.

A.2.2.3.6. PCD-Motorenfamilie

Für die Zusammensetzung einer PCD-Motorenfamilie ist der Hersteller verantwortlich. Die Zusammensetzung einer PCD-Motorenfamilie wird vom Hersteller nach bestem fachlichem Ermessen und im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde bestimmt.

Motoren, die nicht derselben Motorenfamilie angehören, können dennoch derselben PCD-Motorenfamilie angehören.

A.2.2.3.6.1. Merkmale zur Bestimmung einer PCD-Motorenfamilie

Eine PCD-Motorenfamilie lässt sich anhand einer Reihe grundlegender Konstruktionsmerkmale definieren, in denen die zu einer solchen Familie gehörenden Motoren übereinstimmen müssen.

Motoren können ein und derselben PCD-Motorenfamilie zugeordnet werden, wenn sie in den nachfolgend aufgeführten grundlegenden Merkmalen übereinstimmen:

a) Arbeitsweise des Partikelnachbehandlungssystems (z. B. mechanisch, aerodynamisch, Diffusions- oder Trägheitsabscheidung, periodisch arbeitendes Regenerationssystem, kontinuierlich arbeitendes Regenerationssystem);

b) PCD-Überwachungsverfahren;

c) Kriterien für die PCD-Überwachung;

d) Merkmale der Überwachung (wie Überwachungshäufigkeit).

Die Übereinstimmung ist vom Hersteller durch technische Analyse oder mit anderen geeigneten Mitteln und im Einvernehmen mit der Typgenehmigungsbehörde nachzuweisen.

Der Hersteller kann die Genehmigung leichter Abweichungen in den Verfahren zur Überwachung/Diagnose des PCD-Systems durch die Typgenehmigungsbehörde beantragen, wenn diese durch unterschiedliche Motorkonfigurationen bedingt sind, die Verfahren seiner Ansicht nach aber ähnlich sind und sich nur unterscheiden, um besonderen Merkmalen der fraglichen Bauteile gerecht zu werden (z. B. Größe, Abgasstrom usw.) oder wenn die Ähnlichkeiten nach bestem fachlichem Ermessen festgestellt wurden.

A.2.3. Wartungsanforderungen

A.2.3.1. Der Originalgerätehersteller („OEM“) muss allen Endnutzern neuer nicht für den Straßenverkehr bestimmter mobiler Maschinen/Geräte oder Fahrzeuge der Klasse T schriftliche Anweisungen über das Emissionsminderungssystem und seine ordnungsgemäße Funktion gemäß Anlage 6 zu dieser Regelung zur Verfügung stellen.

A.2.4. Warnsystem für das Bedienpersonal

A.2.4.1. Die/das nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschine/Gerät muss ein Warnsystem für das Bedienpersonal umfassen, das optische Signale verwendet.

A.2.4.2. Das Warnsystem für das Bedienpersonal kann aus einer oder mehreren Leuchten bestehen oder kurze Warnhinweise anzeigen.

Werden Meldungen angezeigt, so kann das System für die Anzeige dieser Meldungen dasselbe sein wie das für andere Wartungs- oder NCD-Zwecke genutzte System.

Das Warnsystem muss anzeigen, dass eine dringende Reparatur erforderlich ist. Wenn das Warnsystem ein System zur Anzeige von Warnhinweisen beinhaltet, muss ein deutlicher Warnhinweis mit dem Grund der Warnung angezeigt werden (z. B. „Sensor abgetrennt“ oder „kritischer Emissionsfehler“).

A.2.4.3. Der Hersteller kann festlegen, dass das Warnsystem ein akustisches Signal abgeben soll, um das Bedienpersonal aufmerksam zu machen. Die Abschaltung von akustischen Signalen durch das Bedienpersonal ist zulässig.

A.2.4.4. Das Warnsystem für das Bedienpersonal wird gemäß Absatz A.2.2.3.2.2 dieses Anhangs aktiviert.

A.2.4.5. Das Warnsystem für das Bedienpersonal muss sich deaktivieren, wenn die Voraussetzungen für seine Aktivierung nicht mehr gegeben sind. Das Warnsystem für das Bedienpersonal darf nur dann automatisch deaktiviert werden, wenn die Ursache seiner Aktivierung beseitigt wurde.

A.2.4.6. Das Warnsystem darf durch andere Warnsignale, die wichtige sicherheitsbezogene Hinweise anzeigen, vorübergehend unterbrochen werden.

A.2.4.7. Ein Hersteller, der einen Antrag auf Typgenehmigung nach dieser Regelung stellt, muss die Funktionsweise des Warnsystems für das Bedienpersonal gemäß Absatz A.2.9 dieses Anhangs nachweisen.

A.2.5. Speichersystem für Informationen über die Aktivierung des Warnsystems für das Bedienpersonal

A.2.5.1. Das PCD-System muss in einem nichtflüchtigen computergestützten Speicher oder Zählern die Motorbetriebsereignisse mit einem bestätigten und aktiven Diagnose-Fehlercode (DTC) so speichern, dass die Information nicht absichtlich gelöscht werden kann.

A.2.5.2. Das PCD muss im nichtflüchtigen Speicher die Gesamtzahl und Gesamtdauer aller Motorbetriebsereignisse mit einem bestätigten und aktiven DTC speichern, bei dem das Warnsystem für das Bedienpersonal nach Wahl des Herstellers während 20 Motorbetriebsstunden oder weniger aktiv war.

A.2.5.3. Es muss den nationalen Behörden möglich sein, diese Aufzeichnungen mit einem Lesegerät zu lesen.

A.2.5.4. Eine Beschreibung des Anschlusses und der Auslesemethode für diese Aufzeichnungen ist in die in Anhang 1 genannte Beschreibungsmappe aufzunehmen.

A.2.6. Überwachung im Hinblick auf die Entfernung des Partikelnachbehandlungssystems

A.2.6.1. Das PCD-System muss die vollständige Entfernung des Partikelnachbehandlungssystems einschließlich der Entfernung jeglicher Sensoren zur Überwachung, zum Einschalten, Ausschalten oder Modulieren seines Betriebs feststellen.

A.2.7. Zusätzliche Anforderungen im Falle eines Partikelnachbehandlungssystems, das mit einem Reagens arbeitet (z. B. Katalysator als Kraftstoffadditiv)

A.2.7.1. Bei einem bestätigten und aktiven DTC für die Entfernung eines Partikelnachbehandlungssystems oder den Verlust einer Funktion des Partikelnachbehandlungssystems muss die Reagens-Zufuhr unverzüglich unterbrochen werden. Die Zufuhr wird wieder aufgenommen, wenn der DTC nicht mehr aktiv ist.

A.2.7.2. Das Warnsystem muss sich aktivieren, wenn der Reagensfüllstand unter den vom Hersteller angegebenen Mindestwert fällt.

A.2.8. Überwachungsfehler, die auf Manipulation zurückzuführen sein könnten.

A.2.8.1. Zusätzlich zur Überwachung der Entfernung des Partikelnachbehandlungssystems sind folgende Fehler zu überwachen, weil diese auf Manipulationen zurückzuführen sein könnten:

a) Verlust der Funktion des Partikelnachbehandlungssystems

b) Fehler des PCD-Systems gemäß Absatz A.2.8.3 dieses Anhangs.

A.2.8.2. Überwachung des Verlusts der Funktion des Partikelnachbehandlungssystems

Das PCD muss die vollständige Entfernung des Substrats des Partikelnachbehandlungssystems („leerer Tank“) feststellen. In diesem Fall sind das Gehäuse des Partikelnachbehandlungssystems und die Sensoren zur Überprüfung, zum Einschalten, Ausschalten oder Modulieren seines Betriebs noch vorhanden.

A.2.8.3. Überwachung von Fehlern des PCD-Systems

A.2.8.3.1. Das PCD-System ist auf elektrische Störungen und auf die Entfernung oder Deaktivierung von Sensoren oder der Stelleinrichtung hin zu überwachen, durch die die Diagnose von Fehlern nach den Absätzen A.2.6.1 und A.2.8.1 Buchstabe a dieses Anhangs unmöglich wird (Bauteilüberwachung).

Eine nicht erschöpfende Liste von Sensoren, die die Diagnoseleistung beeinflussen, umfasst solche, die den Differentialdruck über das Partikelnachbehandlungssystem direkt messen, und Abgastemperatursensoren zur Überwachung der Regenerierung des Partikelnachbehandlungssystems.

A.2.8.3.2. Verhindert das Versagen, die Entfernung oder das Ausschalten eines einzigen Sensors oder einer einzigen Stelleinrichtung des PCD-Systems die Diagnose innerhalb der erforderlichen Zeit nach Eintritt der Fehler gemäß Absatz A.1.6.1 und A.1.8.1 Buchstabe a (redundantes System) dieses Anhangs nicht, so sind das Einschalten des Warnsystems und die Speicherung von Informationen über das Warnsystem für das Bedienpersonal nicht vorzuschreiben, es sei denn, zusätzliche Versagen von Sensoren oder Stelleinrichtungen sind bestätigt und aktiv.

A.2.9. Anforderungen an den Nachweis

A.2.9.1. Allgemeines

Die Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Anlage ist bei der Typgenehmigung gemäß Tabelle A.9-6 und Absatz A.2.9 dieses Anhangs durch den Nachweis der Aktivierung des Warnsystems zu belegen.

Tabelle A.9-6

Veranschaulichung des Inhalts des Nachweisprozesses gemäß den Bestimmungen in Absatz A.2.9.3 dieses Anhangs.

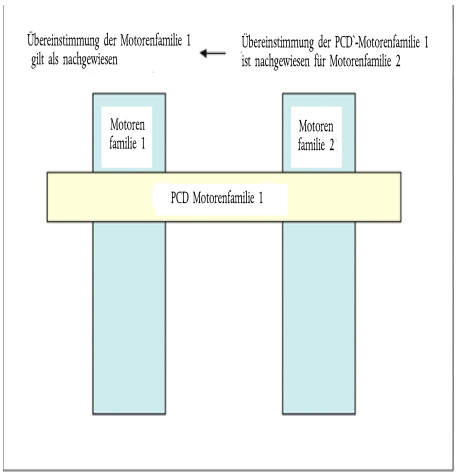
Mechanismus	Nachweiselemente
Aktivierung des Warnsystems gemäß Absatz A.2.4.4 dieses Anhangs	— 2 Aktivierungsprüfungen (einschließlich Verlust der Funktion des Partikelnachbehandlungssystems) — Zusätzliche Nachweiselemente, je nach Fall

A.2.9.2. Motorenfamilien und PCD-Motorenfamilien

A.2.9.2.1. Im Fall von Motoren einer Motorenfamilie, die zu einer PCD-Motorenfamilie gehören, für die bereits gemäß Absatz A.2.2.3.6 dieses Anhangs (Abbildung A.9-8) eine Typgenehmigung erteilt wurde, gilt die Übereinstimmung dieser Motorenfamilie als nachgewiesen, ohne dass zusätzliche Prüfungen erforderlich sind, sofern der Hersteller gegenüber der Genehmigungsbehörde nachweisen kann, dass die für die Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Anlage erforderlichen Überwachungssysteme innerhalb der berücksichtigten Motorenfamilie und PCD-Motorenfamilie ähnlich sind.

Abbildung A.9-8

Vorheriger Nachweis der Übereinstimmung einer PCD-Motorenfamilie



A.2.9.3. Nachweis der Aktivierung des Warnsystems

A.2.9.3.1. Die Übereinstimmung der Aktivierung des Warnsystems ist durch zwei Prüfungen nachzuweisen: Funktionsverlust des Partikelnachbehandlungssystems und eine der in Absatz A.2.6 oder A.2.8.3 dieses Anhangs genannten Fehlerkategorien.

A.2.9.3.2. Auswahl der zu prüfenden Fehler

A.2.9.3.2.1. Der Hersteller muss der Typgenehmigungsbehörde eine Liste der möglichen Fehler vorlegen.

A.2.9.3.2.2. Der bei der Prüfung zu berücksichtigende Fehler ist von der Typgenehmigungsbehörde aus der in Absatz A.2.9.3.2.1 dieses Anhangs genannten Liste auszuwählen.

A.2.9.3.3. Nachweis

A.2.9.3.3.1. Für die Zwecke dieses Nachweises ist eine separate Prüfung auf Funktionsverlust des Partikelnachbehandlungssystems gemäß Absatz A.2.8.2 dieses Anhangs und auf die Fehler gemäß den Absätzen A.2.6 und A.2.8.3 dieses Anhangs durchzuführen. Der Funktionsverlust des Partikelnachbehandlungssystems ist durch vollständige Entfernung des Substrats aus dem Gehäuse des Partikelnachbehandlungssystems herbeizuführen.

A.2.9.3.3.2. Während einer Prüfung darf kein anderer Fehler auftreten als derjenige, der Gegenstand der Prüfung ist.

A.2.9.3.3.3. Vor Beginn einer Prüfung sind alle Diagnose-Fehlcodes zu löschen.

A.2.9.3.3.4. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde können die Fehler, die der Prüfung unterliegen, simuliert werden.

A.2.9.3.3.5. Feststellung von Fehlern

A.2.9.3.3.5.1. Das PCD-System muss auf einen von der Typgenehmigungsbehörde ausgewählten und bedingten Fehler gemäß den Bestimmungen dieser Anlage reagieren. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Aktivierung innerhalb einer Reihe von aufeinanderfolgenden PCD-Prüfzyklen gemäß Tabelle A.9-7 erfolgt.

Ist in der Beschreibung einer Überwachungseinrichtung angegeben, dass für den Abschluss eines Überwachungsvorgangs mehr PCD-Prüfzyklen notwendig sind als in Tabelle A.9-7 angegeben, so kann die Zahl der PCD-Prüfzyklen mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde um bis zu 50 % erhöht werden.

Nach jedem PCD-Prüfzyklus kann der Motor abgestellt werden. Die Pause bis zum nächsten Anlassen ist so zu bemessen, dass nach dem Abstellen ablaufende Überwachungsvorgänge zum Abschluss kommen und die Voraussetzungen für einen neuen Überwachungsvorgang nach dem Wiederanlassen erfüllt sind.

Tabelle A.9-7

Typen von Überwachungseinrichtungen und entsprechende Zahl der PCD-Prüfzyklen, in deren Verlauf ein „bestätigter und aktiver" DTC zu speichern ist

Typ der Überwachungseinrichtung	Zahl der PCD-Prüfzyklen, in deren Verlauf ein „bestätigter und aktiver" DTC zu speichern ist
Entfernung des Partikelnachbehandlungssystems	2
Funktionsverlust des Partikelnachbehandlungssystems	8
Fehler des PCD-Systems	2

A.2.9.3.3.6. PCD-Prüfzyklus

A.2.9.3.3.6.1. Bei dem in diesem Absatz A.2.9 dieses Anhangs behandelten PCD-Prüfzyklus für den Nachweis der korrekten Funktionsweise des Partikelnachbehandlungssystem-Überwachungssystems handelt es sich um den NRTC-Warmstart-Zyklus für Motoren der Unterklasse NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5 NRE-v-6 und den anzuwendenden NRSC für alle anderen Klassen.

A.2.9.3.3.6.2. Auf Antrag des Herstellers und mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde kann für eine bestimmte Überwachungseinrichtung ein alternativer PCD-Prüfzyklus (z. B. ein anderer als der NTRC- oder der NRSC-Zyklus) verwendet werden. Der Antrag muss Belege (technische Überlegungen, Simulations- und Prüfergebnisse usw.) dafür enthalten, dass

a) die Überwachungsvorgänge im alternativen Prüfzyklus denen im realen Betrieb entsprechen, und

b) der geltende einschlägige PCD-Prüfzyklus nach Absatz A.2.9.3.3.6.1 dieses Anhangs zur Prüfung der jeweiligen Überwachungsfunktionen weniger geeignet ist.

A.2.9.3.3.7. Konfiguration zum Nachweis der Aktivierung des Warnsystems

A.2.9.3.3.7.1. Der Nachweis der Aktivierung des Warnsystems ist anhand von Prüfungen auf einem Motorprüfstand zu erbringen.

A.2.9.3.3.7.2. Bauteile oder Teilsysteme, die nicht in den Motor eingebaut sind, wie beispielsweise Umgebungstemperatursensoren, Füllstandssensoren sowie Warn- und Informationssysteme für das Bedienpersonal, die erforderlich sind, um die Nachweise zu erbringen, müssen zu diesem Zweck zur Zufriedenheit der Typgenehmigungsbehörde mit dem Motor verbunden werden oder simuliert werden.

A.2.9.3.3.7.3. Der Hersteller kann sich vorbehaltlich der Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde dafür entscheiden, dass die Nachweisprüfungen ungeachtet Absatz A.2.9.3.3.7.1 dieses Anhangs an einer/einem vollständigen nicht für den Straßenverkehr bestimmten mobilen Maschine/Gerät oder sonstigen Maschine/Gerät durchgeführt werden, entweder indem diese/s auf einen passenden Prüfstand gestellt wird oder indem sie/es auf einer Prüfstrecke unter kontrollierten Bedingungen betrieben wird.

A.2.9.3.4. Der Nachweis der Aktivierung des Warnsystems gilt als erbracht, wenn am Ende jeder Nachweisprüfung, die gemäß Absatz A.2.9.3.3 dieses Anhangs durchgeführt wurde, das Warnsystem ordnungsgemäß aktiviert wurde und der Diagnose-Fehlercode für den gewählten Fehler den Status „bestätigt und aktiv" hat.

A.2.9.3.5. Wird ein Partikelnachbehandlungssystem, das mit einem Reagens arbeitet, einer Prüfung zum Nachweis des Funktionsverlusts des Partikelnachbehandlungssystems oder der Entfernung des Partikelnachbehandlungssystems unterzogen, so muss auch bestätigt werden, dass die Reagens-Zufuhr unterbrochen wurde.

A.2.9.3.6. Dokumentation des Nachweises

A.2.9.3.6.1. In einem Nachweisbericht ist der Nachweis über die Funktionsweise des PCD-Systems zu dokumentieren. Dieser Bericht

a) benennt die untersuchten Fehler;

b) beschreibt den durchgeführten Nachweis einschließlich des anzuwendenden Prüfzyklus;

c) bestätigt, dass die anzuwendenden Warnungen gemäß dieser Regelung aktiviert wurden;

d) wird in die in Anhang 1 genannte Beschreibungsmappe aufgenommen.

ANLAGE A.3

TECHNISCHE EINZELHEITEN FÜR DIE VERHINDERUNG VON MANIPULATIONEN

A.3.1. Für Motortypen und Motorenfamilien, in deren Emissionsminderungssystem ein elektronisches Steuergerät (ECU) verwendet wird, muss der Hersteller der Typgenehmigungsbehörde eine Beschreibung der Vorkehrungen vorlegen, mit denen Manipulationen und Änderungen am elektronischen Steuergerät (ECU) verhindert werden, einschließlich der Möglichkeit der Aktualisierung mit einem vom Hersteller genehmigten Programm oder einer solchen Kalibrierung.

A.3.2. für Motortypen und Motorenfamilien, in deren Emissionsminderungssystem mechanische Vorrichtungen verwendet werden, muss der Hersteller der Typgenehmigungsbehörde eine Beschreibung der Vorkehrungen vorlegen, 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.

A.3.2.1. Der Hersteller weist dem technischen Dienst gegenüber nach, dass Manipulationen der einstellbaren Kenngrößen des Emissionsminderungssystems mit normalem Krafteinsatz weder

a) mit dem mit dem Motor mitgelieferten Werkzeug oder

b) mit gewöhnlichem Werkzeug, wie Schraubenziehern, Zangen (einschließlich Seitenschneider) oder Ratschen möglich sind.

Zu gewöhnlichem Werkzeug gehören nicht: die meisten Schneid- oder Schleifwerkzeuge, Bohrer und Frässchnecken sowie Werkzeuge, die übermäßige Wärme oder Flammen erzeugen.

A.3.3. Für die Zwecke dieser Anlage können Motoren aus verschiedenen Motorenfamilien entsprechend ihrem Typ und der Auslegung ihrer Manipulationsverhinderungsmaßnahmen zu weiteren Familien zusammengestellt werden. 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. In diesem Fall dürfen die Anforderungen der Absätze A.3.1 und A.3.2 dieses Absatzes auf einen repräsentativen Motor und die entsprechenden Unterlagen angewendet werden, die bei der Typgenehmigung aller Motoren in derselben Motorenfamilie in Bezug auf die Manipulationsverhinderung verwendet werden.

A.3.4. Die Hersteller nehmen in die Bedienungsanleitung die Warnung auf, dass die Typgenehmigung für den konkreten Motor erlischt, wenn an ihm manipuliert wird.

ANHANG 10

KENNGRÖßEN FÜR DIE DEFINITION VON MOTORTYPEN UND MOTORENFAMILIEN SOWIE FÜR DEREN BETRIEBSARTEN

1. MOTORTYP

Die technischen Merkmale eines Motortyps sind in seinem Beschreibungsbogen, der nach dem Muster in Anhang 1 zu erstellen ist, festgelegt.

1.1. Betriebsart (Drehzahl)

Für einen Motortyp kann eine Typgenehmigung erteilt werden als Motor mit konstanter Drehzahl oder als Motor mit variabler Drehzahl im Sinne der Absätze 2.1.11 und 2.1.95 dieser Regelung.

1.1.1. Motoren mit variabler Drehzahl

1.1.1.1. Im Falle der nach Absatz 1.1.7 dieser Regelung zulässigen Verwendung eines Motors mit variabler Drehzahl einer bestimmten Klasse anstelle eines Motors mit konstanter Drehzahl derselben Klasse erfolgt eine Prüfung des Stammmotors (für die Typgenehmigung) und aller Motortypen der Motorenfamilie (für die Übereinstimmung der Produktion) im entsprechenden NRSC mit variabler Drehzahl sowie zusätzlich im dynamischen Prüfzyklus, falls dies vorgeschrieben ist. Eine zusätzliche Prüfung im anzuwendenden NRSC mit konstanter Drehzahl ist bei Motoren einer bestimmten Klasse mit variabler Drehzahl, die als Motoren derselben Klasse mit konstanter Drehzahl betrieben werden, nicht erforderlich.

1.1.2. Motoren mit konstanter Drehzahl

1.1.2.1. Im Betrieb mit konstanter Drehzahl muss der Regler für die konstante Drehzahl eingeschaltet sein. Die Regler für die konstante Drehzahl brauchen die konstante Drehzahl nicht ständig genau einzuhalten. Die Drehzahl kann unter die Drehzahl bei Nulllast abfallen, sodass sich die Mindestdrehzahl in der Nähe des Punktes einstellt, an dem der Motor die größte Leistung abgibt. Der Drehzahlabfall bewegt sich üblicherweise im Bereich von 0,1 bis 10 %.

1.1.2.2. Ist bei dem Motortyp eine Leerlaufdrehzahl für das Anlassen und das Abstellen vorgesehen, ist der Motor so einzubauen, dass sichergestellt ist, dass die Regelfunktion für die konstante Drehzahl eingeschaltet ist, bevor von der Einstellung ohne Last aus die Lastanforderung an den Motor erhöht wird.

1.1.2.3. Für andere Drehzahlen eingerichtete Motortypen mit konstanter Drehzahl

Ein Motor mit konstanter Drehzahl wird nicht für den Betrieb mit variabler Drehzahl ausgelegt. Motoren mit anderen Drehzahleinstellungen müssen zusätzlich die Anforderungen dieses Absatzes erfüllen.

1.1.2.3.1. Falls der Motortyp der Stammmotor ist, so muss er die anwendbaren Grenzwerte bei einer Prüfung im anwendbaren NRSC-Prüfzyklus mit allen konstanten Drehzahlen einhalten, über die der Motor verfügt. Für jeden NRSC ist ein gesonderter Prüfbericht zu erstellen und der Beschreibungsmappe hinzuzufügen.

1.1.2.3.2. Werden alle Motortypen einer Motorenfamilie hinsichtlich der Emissionen auf die Übereinstimmung der Produktion geprüft, muss der Motor die geltenden Grenzwerte für NRSC-Prüfzyklen mit den jeweiligen konstanten Drehzahlen einhalten.

1.1.2.3.3. Jede vom Hersteller zugelassene konstante Drehzahl, für die der Motortyp eingerichtet ist, ist in Absatz 3.2.1 von Anhang 1 Anlage A.3 anzugeben.

1.1.2.3.4. Der Motor ist so einzubauen, dass mit Sicherheit:

a) der Motor angehalten wird, bevor der Regler für die konstante Drehzahl auf eine andere Drehzahl eingestellt wird, und

b) der Regler für die konstante Drehzahl nur auf die anderen Drehzahlen eingestellt wird, die der Motorhersteller zugelassen hat.

1.1.2.3.5. In den Anweisungen an die Originalgerätehersteller und die Endnutzer gemäß den Anlage 6 dieser Regelung müssen die Angaben über den ordnungsgemäßen Einbau und Betrieb des Motors gemäß den Anforderungen der Absätze 1.1.2.2 und 1.1.2.3 dieses Anhangs enthalten sein.

2. KRITERIEN FÜR MOTORENFAMILIEN

2.1. Allgemeines

Eine Motorenfamilie ist durch ihre Konstruktionskenngrößen bestimmt. Diese müssen für alle Motoren einer Familie die gleichen sein. Welche Motoren zu einer Familie gehören, kann der Hersteller nach eigenem Ermessen festlegen, solange er sich dabei an die Vorschriften des Absatzes 2.4 dieses Anhangs hält. Die Motorenfamilie ist von der Typgenehmigungsbehörde zu genehmigen. Der Hersteller muss der Typgenehmigungsbehörde die entsprechenden Daten zu den Emissionen der Motoren einer Familie zur Verfügung stellen.

2.2. Motorenklassen, Betriebsart (Drehzahl) und Leistungsbereich

2.2.1. Eine Motorenfamilie darf nur aus Motortypen derselben Motorenklasse gemäß Absatz 1.1 dieser Regelung bestehen.

2.2.2. Die Motorenfamilie darf nur aus Motortypen mit derselben in Anlage 1 dieser Regelung aufgeführten Drehzahl bestehen.

2.2.3. Motorenfamilien, die mehr als einen Leistungsbereich umfassen

2.2.3.1. Eine Motorenfamilie kann bei derselben Betriebsdrehzahl innerhalb derselben Motoren(unter)klasse mehr als einen Leistungsbereich umfassen. Entsprechend Absatz 5.1.1 dieser Regelung müssen in diesem Fall der Stammmotor (für die Zwecke der Typgenehmigung) und alle Motortypen innerhalb derselben Motorenfamilie (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 Zeitpunkten der Anwendung für die Typgenehmigung und das Inverkehrbringen gemäß Absatz 12 dieser Regelung unterliegen.

Damit der Grundsatz des Absatzes 5.1.1 dieser Regelung gewahrt wird, wenn der Motor in eine/ein nicht für den Straßenverkehr bestimmte/s mobile/s Maschine/Gerät eingebaut wird, müssen die Anweisungen für Originalgerätehersteller gemäß Anlage 6 dieser Regelung die Erklärung enthalten, dass durch den Einbau die Leistung des Motors nicht dauerhaft so stark gedrosselt werden darf, dass sie in den Leistungsbereich einer Unterklasse fällt, für die ein strengerer Emissionsgrenzwert gilt als für die Unterklassen, für welche der Motortyp die Typgenehmigung erhält.

2.2.3.2. Bei der Zuweisung einer Unterklasse für die Typgenehmigung zu einer Motorenfamilie, die mehr als einen Leistungsbereich umfasst, entscheiden sich der Hersteller und die Genehmigungsbehörde für die Unterklasse, welche die Kriterien in Absatz 2.2.3.1 dieses Anhangs am besten erfüllt.

2.3. Sonderfälle

2.3.1. Wechselwirkungen zwischen Kenndaten

In einigen Fällen können Wechselwirkungen zwischen Kenndaten auftreten, wodurch sich Emissionen verändern können. Dies muss berücksichtigt werden, damit gewährleistet ist, dass einer Motorenfamilie nur Motoren mit ähnlichen Emissionseigenschaften zugeordnet werden. Der Hersteller muss solche Fälle ermitteln und der Typgenehmigungsbehörde mitteilen. Sie sind dann bei der Festlegung einer neuen Motorenfamilie zu berücksichtigen.

2.3.2. Einrichtungen oder Merkmale, die das Emissionsniveau stark beeinflussen

Sind Einrichtungen oder Merkmale vorhanden, die in Absatz 2.4 dieses Anhangs nicht aufgeführt sind, aber das Emissionsniveau stark beeinflussen, so muss sie der Hersteller nach bestem fachlichen Ermessen feststellen und der Typgenehmigungsbehörde mitteilen. Sie sind dann bei der Festlegung einer neuen Motorenfamilie zu berücksichtigen.

2.3.3. Zusätzliche Kriterien

Zusätzlich zu den in Absatz 2.4 dieses Anhangs aufgeführten Kenndaten kann der Hersteller weitere Merkmale für die Festlegung kleinerer Motorenfamilien einführen. Diese Kenndaten sind nicht unbedingt solche, die sich auf die Emissionseigenschaften auswirken.

2.4. Kenndaten für die Festlegung der Motorenfamilie

2.4.1. Verbrennungszyklus

a) Zweitakt

b) Viertakt

c) Drehkolbenmotor

d) Sonstiges.

2.4.2. Anordnung der Zylinder

2.4.2.1. Lage der Zylinder im Block

a) einzeln

b) V

c) Reihenmotor

d) Gegenkolbenmotor

e) Sternmotor

f) andere Anordnung (Boxermotor, W-förmig usw.).

2.4.2.2. Lage der Zylinder zueinander

Motoren mit identischem Block können derselben Motorenfamilie angehören, wenn sie dasselbe Zylinderstichmaß haben.

2.4.3. Hauptkühlmittel

a) Luft

b) Wasser

c) Öl.

2.4.4. Hubraum je Zylinder

2.4.4.1. Motor mit einem Hubraum je Zylinder ≥ 750 cm^3

Motoren mit einem Hubraum je Zylinder von ≥ 750 cm^3 können zu einer Motorenfamilie zusammengefasst werden, wenn der Streubereich der Hubräume je Zylinder nicht mehr als 15 % des größten Hubraums je Zylinder innerhalb der Motorenfamilie beträgt.

2.4.4.2. Motor mit einem Hubraum je Zylinder < 750 cm^3

Motoren mit einem Hubraum je Zylinder von < 750 cm^3 können zu einer Motorenfamilie zusammengefasst werden, wenn der Streubereich der Hubräume je Zylinder nicht mehr als 30 % des größten Hubraums je Zylinder innerhalb der Motorenfamilie beträgt.

2.4.4.3. Motoren mit größerem Streubereich der Hubräume je Zylinder

Unbeschadet der Absätze 2.4.4.1 und 2.4.4.2 dieses Anhangs können Motoren mit Hubräumen je Zylinder, die außerhalb des in den Absätzen 2.4.4.1 und 2.4.4.2 dieses Anhangs genannten Streubereichs liegen, mit Zustimmung der Typgenehmigungsbehörde zu einer Motorenfamilie zusammengefasst werden. Die Entscheidung über die Genehmigung ist auf technische Aspekte (Berechnungen, Simulationen, Versuchsergebnisse usw.) zu gründen, die belegen, dass Werte außerhalb dieses Streubereichs keinen nennenswerten Einfluss auf die Abgasemissionen haben.

2.4.5. Art der Luftansaugung

a) Saugmotoren

b) Aufgeladene Motoren

c) Aufgeladene Motoren mit Ladeluftkühlung.

2.4.6. Kraftstoffart

a) Diesel (nicht für den Straßenverkehr bestimmtes Gasöl)

b) Ethanol für bestimmte Selbstzündungsmotoren (ED95)

c) Benzin (E10)

d) Ethanol (E85)

e) Erdgas/Biomethan:

i) Universalkraftstoff — Kraftstoff mit hohem Heizwert („H-Gas“) und Kraftstoff mit niedrigem Heizwert („L-Gas“)

ii) Kraftstoff mit Gasgruppeneinschränkung — Kraftstoff mit hohem Heizwert (H-Gas)

iii) Kraftstoff mit Gasgruppeneinschränkung — Kraftstoff mit niedrigem Heizwert (L-Gas)

iv) kraftstoffspezifisch (LNG)

f) Flüssiggas (LPG)

2.4.7. Verwendbare Kraftstoffe

a) nur Flüssigkraftstoff

b) nur gasförmiger Kraftstoff

c) Zweistoff Typ 1A

d) Zweistoff Typ 1B

e) Zweistoff Typ 2A

f) Zweistoff Typ 2B

g) Zweistoff Typ 3B.

2.4.8. Art/Ausführung des Brennraums

a) offener Brennraum

b) unterteilter Brennraum

c) andere Typen.

2.4.9. Art der Zündung

a) Fremdzündung

b) Selbstzündung.

2.4.10. Ventile und Kanäle

a) Anordnung

b) Zahl der Ventile je Zylinder.

2.4.11. Kraftstoffsystem

a) Pumpe, Hochdruckleitung und Einspritzdüse

b) Reihen- oder Verteilereinspritzpumpe

c) Pumpe-Düse-System

d) Common-Rail-Einspritzsystem

e) Vergaser

f) Saugrohreinspritzung

g) Direkteinspritzung

h) Mischer

i) Sonstiges.

2.4.12. Weitere Einrichtungen

a) Abgasrückführung (AGR)

b) Wassereinspritzung

c) Lufteinblasung

d) Sonstiges.

2.4.13. Elektronische Steuerstrategie

Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines elektronischen Steuergerätes (ECU) am Motor ist ein wesentliches Kriterium für die Eingrenzung einer Motorenfamilie.

Bei elektronisch gesteuerten Motoren muss der Hersteller anhand technischer Angaben darlegen, warum er die Motoren zu einer Motorenfamilie zusammenfasst, d. h., den Angaben muss zu entnehmen sein, dass die Motoren voraussichtlich dieselben Emissionsgrenzwerte einhalten.

Die elektronische Drehzahlregelung bedingt nicht die Zugehörigkeit zu einer anderen Motorenfamilie als der von Motoren mit mechanischer Regelung. Die Notwendigkeit, elektronisch gesteuerte und mechanisch gesteuerte Motoren gesondert zu behandeln, erstreckt sich nur auf die Merkmale der Kraftstoffeinspritzung, z. B. auf Steuerzeiten, Druck, Einspritzratensteuerung usw.

2.4.14. Abgasnachbehandlungssysteme

Die Funktion und Kombination folgender Einrichtungen zur Abgasnachbehandlung werden als Zugehörigkeitskriterien für eine Motorenfamilie betrachtet:

a) Oxidationskatalysator

b) $DeNO_X$-System mit selektiver NO_X-Reduktion (Zusatz eines Reduktionsmittels)

c) Andere $DeNO_X$-Systeme

d) Partikelnachbehandlungssystem mit passiver Regenerierung:

i) Wandstrom

ii) kein Wandstrom

e) Partikelnachbehandlungssystem mit aktiver Regenerierung:

i) Wandstrom

ii) kein Wandstrom

f) Sonstige Partikelnachbehandlungssysteme

g) Sonstige Einrichtungen.

Wird ein ohne Abgasnachbehandlungssystem zertifizierter Motor (sei es als Stammmotor oder als einer Motorenfamilie zugehörend) mit einem Oxidationskatalysator (nicht mit einem Partikelnachbehandlungssystem) ausgerüstet, so kann er in seiner bisherigen Motorenfamilie verbleiben, sofern er nicht unterschiedliche Anforderungen an den Kraftstoff stellt.

Stellt ein Motor spezifische Anforderungen an den Kraftstoff (z. B. Kraftstoff mit besonderen Additiven, damit das Partikelnachbehandlungssystem sich regenerieren kann), so ist die Entscheidung über seinen Verbleib in der bisherigen Motorenfamilie auf technische Angaben des Herstellers zu gründen. Diese Angaben müssen erkennen lassen, dass der Motor mit dieser Ausrüstung voraussichtlich dieselben Emissionsgrenzwerte einhält wie ohne sie.

Wurde ein Motor mit Abgasnachbehandlungssystem als Stammmotor oder einer Motorenfamilie zugehörend zertifiziert, deren Stammmotor mit demselben Abgasnachbehandlungssystem ausgestattet ist wie er, so kann dieser Motor ohne Abgasnachbehandlungssystem nicht derselben Motorenfamilie angehören.

2.4.15. Zweistoffmotoren

Alle Motortypen innerhalb einer Zweistoff-Motorenfamilie gehören demselben, in Anhang 7 Absatz 2 dieser Regelung definierten Zweistoff-Motortyp (z. B. Typ 1A, Typ 2B usw.) an und werden mit Kraftstoffen derselben Typen oder gegebenenfalls mit den gemäß dieser Regelung hinsichtlich der Kraftstoffgruppe als gleichwertig geltenden Kraftstoffen betrieben.

Sie müssen neben ihrer Zugehörigkeit zum selben Zweistofftyp im jeweiligen Prüfzyklus ein Gas-Energie-Verhältnis (GER_{cycle}) aufweisen, dessen Höchstwert im Bereich von 70 bis 100 % des Wertes des Motortyps mit dem höchsten GER_{cycle} liegt.

2.4.16. Reserviert

2.4.17. Klasse hinsichtlich der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode (EDP)

Weisen die in Anlage 3 Tabelle 21 oder 22 dieser Regelung enthaltenen Motorenklassen andere Emissions-Dauerhaltbarkeitsperioden auf, geben die Hersteller die EDP-Klasse wie folgt an:

a) Klasse 1 (Produkte zur privaten Nutzung)

b) Klasse 2 (Produkte zur halbgewerblichen Nutzung)

c) Klasse 3 (Produkte zur gewerblichen Nutzung).

3. WAHL DES STAMMMOTORS

3.1. Allgemeines

3.1.1. Sobald die Motorenfamilie von der Typgenehmigungsbehörde genehmigt worden ist, muss das Hauptkriterium für die Bestimmung des Stammmotors der Familie das der höchsten Kraftstoffförderung je Hub und Zylinder bei der angegebenen Drehzahl des maximalen Drehmoments sein. Stimmen zwei oder mehr Motoren in diesem Merkmal überein, so ist der Stammmotor anhand des zweiten Kriteriums zu definieren, nämlich der höchsten Kraftstoffförderung je Hub bei Nenndrehzahl.

3.1.2. Die Typgenehmigungsbehörde kann es für angebracht halten, die schlechtesten Emissionswerte der Motorenfamilie durch Prüfung eines anderen oder eines weiteren Motors zu ermitteln. In diesem Fall müssen die Beteiligten über die Angaben verfügen, mit denen innerhalb der Motorenfamilie die Motoren mit den voraussichtlich höchsten Emissionswerten ermittelt werden können.

3.1.3. Weisen die Motoren innerhalb einer Motorenfamilie weitere variable Leistungsmerkmale auf, bei denen von einer Beeinflussung der Abgasemissionen ausgegangen werden kann, so sind diese Merkmale ebenfalls zu bestimmen und bei der Auswahl des Stammmotors zu berücksichtigen.

3.1.4. Halten die Motoren einer Motorenfamilie über unterschiedliche Emissions-Dauerhaltbarkeitsperioden dieselben Emissionsgrenzwerte ein, so ist das bei der Auswahl des Stammmotors zu berücksichtigen.

3.2. Sonderfall

Bei der Auswahl des Stammmotors für jede Motorenfamilie mit fester Drehzahl, die wenigstens einen Motortyp mit anderen konstanten Drehzahlen gemäß Absatz 1.1.2.3 umfasst, erfolgt die Bewertung in Bezug auf die Anforderungen des Absatzes 3.1 für jede feste Drehzahl jedes Motortyps.