



Brüssel, den 21. Dezember 2016
(OR. en)

15755/16
ADD 2

ENT 238
MI 809
ENV 821
DELACT 259

ÜBERMITTLUNGSVERMERK

Absender:	Herr Jordi AYET PUIGARNAU, Direktor, im Auftrag des Generalsekretärs der Europäischen Kommission
Eingangsdatum:	19. Dezember 2016
Empfänger:	Herr Jeppe TRANHOLM-MIKKELSEN, Generalsekretär des Rates der Europäischen Union
Nr. Komm.dok.:	C(2016) 8381 final ANNEX 6
Betr.:	ANHANG der delegierten Verordnung (EU) .../... der Kommission zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2016/XXX des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich technischer und allgemeiner Anforderungen in Bezug auf die Emissionsgrenzwerte und die Typgenehmigung von Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte

Die Delegationen erhalten in der Anlage das Dokument C(2016) 8381 final ANNEX 6.

Anl.: C(2016) 8381 final ANNEX 6



EUROPÄISCHE
KOMMISSION

Brüssel, den 19.12.2016
C(2016) 8381 final

ANNEX 6

ANHANG

der

delegierten Verordnung (EU) .../... der Kommission

zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2016/XXX des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich technischer und allgemeiner Anforderungen in Bezug auf die Emissionsgrenzwerte und die Typgenehmigung von Verbrennungsmotoren für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte

DE

DE

ANHANG VI

Durchführung von Emissionsprüfungen und Anforderungen an die Messeinrichtung

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. Ab Abschnitt 6 stimmt die Nummerierung in diesem Anhang mit der Nummerierung in der globalen technischen Regelung (GTR) 11 und der UNECE-Regelung Nr. 96, Änderungsserie 03 Anhang 4B für mobile Maschinen und Geräte, die nicht für den Straßenverkehr bestimmt sind (NRMM), überein. Einige Punkte der GTR 11 für NRMM werden für diesen Anhang jedoch nicht benötigt oder werden darin an den technischen Fortschritt angepasst.

2. Allgemeiner Überblick

Dieser Anhang enthält folgende für die Durchführung einer Emissionsprüfung notwendigen technischen Vorschriften. Zusätzliche Bestimmungen sind unter Nummer 3 aufgeführt.

- Abschnitt 5: Leistungsanforderungen, einschließlich der Bestimmung der Prüfdrehzahlen
- Abschnitt 6: Prüfbedingungen einschließlich des Verfahrens zur Berücksichtigung der Emissionen von Kurbelgehäusegasen und des Verfahrens zur Bestimmung und Berücksichtigung der kontinuierlichen und sporadischen Regenerierung von Abgasnachbehandlungssystemen
- Abschnitt 7: Prüfverfahren einschließlich der Erstellung von Motorabbildungen und Prüfzyklen sowie des Durchführungsverfahrens für die Prüfzyklen
- Abschnitt 8: Messverfahren einschließlich Kalibrierung der Messeinrichtung, Leistungsprüfungen und Validierung der Messgeräte für die Prüfung
- Abschnitt 9: Messeinrichtung einschließlich Messgeräte, Verdünnungsverfahren, Probenahmeverfahren sowie Analysegase und Massennormale
- Anlage 1: Verfahren zur Messung der Partikelzahl

3. Damit zusammenhängende Anhänge

- Datenauswertung und Berechnung: Anhang VII
- Prüfverfahren für Zweistoffmotoren: Anhang VIII

- Bezugskraftstoffe: Anhang IX
 - Prüfzyklen: Anhang XVII
4. Allgemeine Anforderungen
- Die zu prüfenden Motoren erfüllen bei Prüfung unter den Bedingungen gemäß Abschnitt 6 und nach den Verfahren gemäß Abschnitt 7 die Leistungsanforderungen gemäß Abschnitt 5.
5. Leistungsanforderungen
- 5.1. Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln sowie von CO₂ und NH₃

Schadstoffe sind:

- (a) Stickoxide, NO_x
- (b) Kohlenwasserstoffe, ausgedrückt als sämtliche Kohlenwasserstoffe, HC oder THC
- (c) Kohlenmonoxid, CO
- (d) Partikel (particulate matter, PM)
- (e) Partikelzahl, PN

Die gemessenen Werte für vom Motor ausgestoßene gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel sowie von CO₂ beziehen sich auf die bremsspezifischen Emissionen in Gramm je Kilowattstunde (g/kWh).

Zu messen sind gasförmige Schadstoffe und luftverunreinigende Partikel, die Grenzwerten unterliegen, welche gemäß Anhang II der Verordnung (EU) 2016/1628 für die geprüfte Motorenunterklasse gelten. Die Ergebnisse, einschließlich des Verschlechterungsfaktors gemäß Anhang III dürfen die geltenden Grenzwerte nicht überschreiten.

Die CO₂-Werte sind gemäß Artikel 41 Absatz 4 der Verordnung (EU) 2016/1628 für alle Motorenunterklassen zu messen und zu melden.

Zusätzlich sind gemäß Anhang IV Abschnitt 3 die mittleren Emissionen von Ammoniak (NH₃) 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 diesem Abschnitt aufgeführten Werte nicht überschreiten.

Die Emissionen sind für die Arbeitszyklen (stationäre und/oder dynamische Prüfzyklen) gemäß der Beschreibung in Abschnitt 7 und Anhang XVII zu bestimmen. Die

Messeinrichtungen müssen die Kalibrierungs- und Leistungsprüfungen nach Abschnitt 8 mit den in Abschnitt 9 beschriebenen Messgeräten bestehen.

Andere Systeme oder Analysatoren können von der Genehmigungsbehörde zugelassen werden, wenn mit ihnen erwiesenermaßen gleichwertige Ergebnisse gemäß Nummer 5.1.1 erzielt werden. Die Ergebnisse werden gemäß den Vorschriften von Anhang VII berechnet.

5.1.1. Gleichwertigkeit

Die Gleichwertigkeit von Systemen ist durch eine sieben oder mehr Probenpaare umfassende Korrelationsstudie zwischen dem zu prüfenden System und einem der Bezugssysteme dieses Anhangs zu ermitteln. „Ergebnisse“ sind hier die über den jeweiligen Zyklus gewichteten Emissionswerte. 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 VII Anlage 3 beschrieben, mittels F-Test- bzw. t-Test-Statistiken zu ermitteln, welche unter den oben beschriebenen Bedingungen in Bezug auf Labor, Prüfzelle und Motor gewonnen wurden. Ausreißer sind nach ISO 5725 festzustellen und bleiben unberücksichtigt. Die für die Korrelationsprüfungen heranzuziehenden Systeme müssen von der Genehmigungsbehörde genehmigt werden.

5.2. Allgemeine Anforderungen an die Prüfzyklen

- 5.2.1. Die EU-Typgenehmigungsprüfung ist unter Verwendung des geeigneten NRSC und gegebenenfalls des geeigneten NRTC oder LSI-NRTC gemäß Artikel 23 der Verordnung (EU) 2016/1628 und Anhang IV derselben Verordnung durchzuführen.
- 5.2.2. Die technischen Spezifikationen und Eigenschaften der NRSC sind in Anhang XVII Anlage 1 (Einzelphasen-NRSC) und Anlage 2 (gestufter modaler NRSC) festgelegt. Nach Wahl des Herstellers kann eine NRSC-Prüfung als NRSC mit Einzelphasen oder, wenn verfügbar, als gestufter NRSC (im Folgenden „RMC“) gemäß Nummer 7.4.1 durchgeführt werden.
- 5.2.3. Die technischen Anforderungen und Merkmale des NRTC und des LSI-NRTC sind in Anhang XVII Anlage 3 festgelegt.
- 5.2.4. Die Prüfzyklen nach Nummer 7.4 und Anhang XVII 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 oder Nenndrehzahl)
 - (b) Zwischendrehzahlen gemäß Nummer 5.2.5.4
 - (c) Leerlaufdrehzahl gemäß Nummer 5.2.5.5

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

5.2.5. Prüfdrehzahlen

5.2.5.1. Maximale Prüfdrehzahl (maximum test speed, MTS)

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

5.2.5.1.1. Berechnung der maximalen Prüfdrehzahl

Die Berechnung der maximalen Prüfdrehzahl erfolgt nach dem dynamischen Abbildungsverfahren nach Nummer 7.4. Die maximale Prüfdrehzahl wird anschließend ausgehend von den abgebildeten, auf die Leistung bezogenen Drehzahlwerten bestimmt. MTS ist nach der Gleichung 6-1, 6-2 oder 6-3 zu berechnen:

$$(a) \quad MTS = n_{lo} + 0,95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (6-1)$$

$$(b) \quad MTS = n_i \quad (6-2)$$

dabei ist:

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

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

$$MTS = n_i \quad (6-3)$$

Dabei ist:

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

wobei gilt:

n = Drehzahl

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

n_{hi} = hohe Drehzahl gemäß der Definition in Artikel 2 Absatz 12

n_{lo} = niedrige Drehzahl gemäß der Definition in Artikel 2 Absatz 13

n_{normi} = ein durch Division durch n_{Pmax} normierter Drehzahlwert

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

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

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

- (a) die Drehzahlwerte, bei denen die Leistung 98 % von P_{\max} beträgt. Beträgt die Leistung nur bei einem Drehzahlwert 98 % von P_{\max} , ist $n_{P_{\max}}$ die Drehzahl, bei der P_{\max} erreicht wird
- (b) die Drehzahlwerte, bei denen $(n_{\text{normi}}^2 + P_{\text{normi}}^2) 98\%$ des Höchstwertes von $(n_{\text{normi}}^2 + P_{\text{normi}}^2)$ beträgt

(a) Verwendung einer angegebenen MTS

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

(b) Verwendung einer angepassten maximalen Prüfdrehzahl

Ein sehr steiler Verlauf des fallenden Teils der Vollastkurve kann zu Problemen beim korrekten Betrieb mit den 105 % der Drehzahlen des NRTC 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 6-4 kann eine alternative maximale Prüfdrehzahl errechnet werden:

$$\text{MTS} = ((n_{\max} - n_{\text{idle}})/1.05) + n_{\text{idle}} \quad (6-4)$$

wobei gilt:

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

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

5.2.5.2. Nenndrehzahl

Die Nenndrehzahl ist in Artikel 3 Absatz 29 der Verordnung (EU) 2016/1628 festgelegt. Bei Emissionsprüfungen von Motoren mit variabler Drehzahl ist die Nenndrehzahl mithilfe des anzuwendenden Abbildungsverfahrens nach Abschnitt 7.6 zu bestimmen. Die Nenndrehzahl für Motoren mit konstanter Drehzahl ist vom Hersteller entsprechend den Eigenschaften des Reglers anzugeben. Bei Emissionsprüfungen eines Motors, bei dem, wie nach Artikel 3 Absatz 21 der Verordnung (EU) 2016/1628 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 Abschnitt 7.6 ermittelte Nenndrehzahl bei Motoren der Klasse NRS mit Drehzahlregler um nicht mehr als ± 150 rpm, bei Motoren der Klasse NRS ohne Drehzahlregler um nicht mehr als ± 350 rpm oder $\pm 4\%$, je nachdem, welcher Wert niedriger ist, und bei allen anderen Motorenklassen um nicht mehr als ± 100 rpm 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 Prüfdrehzahl um höchstens ± 350 rpm von der 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

Bei der Drehzahl des maximalen Drehmoments, bestimmt anhand der nach dem geltenden Motorabbildungsverfahren gemäß Nummer 7.6.1 oder 7.6.2 erstellten Kurve des maximalen Drehmoments, muss es sich 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 oder NRSh um nicht mehr als $\pm 4\%$ und bei Motoren aller übrigen Klassen um nicht mehr als $\pm 2,5\%$ von dem vom Hersteller angegebenen Wert ab, kann für die Zwecke dieser Verordnung 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 Drehzahlbereich auf einer Vollast-Drehmomentkurve ausgelegt sind, ist die Zwischendrehzahl die Drehzahl bei maximalem Drehmoment, wenn diese innerhalb eines Bereichs von 60 % bis 75 % der Nenndrehzahl liegt.
- (b) Beträgt die Drehzahl bei maximalem Drehmoment weniger als 60 % der Nenndrehzahl, entspricht die Zwischendrehzahl 60 % der Nenndrehzahl.
- (c) Beträgt die Drehzahl bei maximalem Drehmoment mehr als 75 % der Nenndrehzahl, entspricht 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 Motoren 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. Achtung: Die Warmleerlaufdrehzahl ist die Leerlaufdrehzahl des warmgelaufenen 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 % bis 10 %) unter die Drehzahl bei Nulllast abfallen, so dass 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 vom Motor geregelte Drehzahl gemäß Artikel 2 Absatz 24.

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 und Leistung

5.2.6.1. Drehmoment

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 und E2)
- (b) das Verhältnis zwischen dem erforderlichen Drehmoment und dem Drehmoment, das der vom Hersteller angegebenen Nennleistung entspricht (Zyklen D2 und E2)

5.2.6.2. Leistung

Bei den Leistungsangaben in den Prüfzyklen handelt es sich für die jeweilige Prüfungsphase um Prozentwerte einer der folgenden Größen:

- (a) Für den Prüfzyklus E3 sind die Leistungsangaben Prozentwerte des Höchstwertes der Nutzleistungen bei 100-%-Drehzahl, da dieser Zyklus auf einer theoretischen Propeller-Kennlinie von Schiffen mit Hochleistungsmotoren ohne Längenbegrenzung beruht.
- (b) Für den Prüfzyklus F sind die Leistungsangaben Prozentwerte der maximalen Nutzleistung bei der jeweiligen Prüfdrehzahl außer bei Leerlaufdrehzahl, wo sie ein Prozentwert der maximalen Nutzleistung bei 100-%-Drehzahl sind.

6. Prüfbedingungen

6.1. Laborbedingungen

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 6-5 oder 6-6 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:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0.7} \quad (6-5)$$

Motoren mit Turbolader, mit oder ohne Ladeluftkühlung:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0.7} \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1.5} \quad (6-6)$$

- 6.1.1. Für die Gültigkeit der Prüfung müssen beide nachfolgenden Bedingungen erfüllt sein:
 - (a) f_a muss im Bereich $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ liegen, außer in den Fällen nach den Nummern 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 Nummern 6.1.3 und 6.1.4 und die Bestimmungen der Nummern 6.1.5 und 6.1.6.
- 6.1.2. Wenn das Labor, in dem der Motor getestet wird, auf einer Höhe von über 600 m liegt, darf f_a mit Zustimmung des Herstellers und unter der Bedingung, dass p_s nicht unter 80 kPa beträgt, den Wert 1,07 überschreiten.
- 6.1.3. Beträgt die Leistung des zu prüfenden Motors mehr als 560 kW, kann der Höchstwert der Ansauglufttemperatur mit Zustimmung des Herstellers über 303 K (30 °C) liegen, darf aber 308 K (35 °C) nicht überschreiten.
- 6.1.4. Liegt das Labor, in dem der Motor geprüft wird, in einer Höhe von über 300 m und beträgt die Leistung des Motors mehr als 560 kW, kann f_a mit Zustimmung des Herstellers und unter der Bedingung, dass p_s mindestens 80 kPa beträgt, den Wert 1,07 überschreiten, und der Höchstwert der Ansauglufttemperatur darf mehr als 303 K (30 °C), jedoch höchstens 308 K (35 °C) betragen.
- 6.1.5. Bei einer Motorenfamilie der Klasse NRS mit weniger als 19 kW Leistung, die ausschließlich aus Motoren 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 Nummer 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 Ansauglufttemperatur 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 $\pm 0,5$ 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:
 - (a) Während der gesamten Prüfung ist am Einlass des Ladeluftkühlers eine Kühlmitteltemperatur von mindestens 20 °C aufrechtzuerhalten.
 - (b) Bei Nenndrehzahl und unter Vollast ist der Kühlmitteldurchsatz so einzustellen, dass die Lufttemperatur mit einer Genauigkeit von ± 5 °C 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.
 - (c) 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.

Wird der Prüfzyklus mit der maximalen Prüfdrehzahl nach Nummer 5.2.5.1 anstatt der Nenndrehzahl durchgeführt, kann dieser Drehzahlwert bei der Einstellung der Ladelufttemperatur anstelle der Nenndrehzahl verwendet werden.

Die Ergebnisse der Emissionsprüfung sollen repräsentativ für den normalen Betrieb sein. Wenn nach bestem fachlichen Ermessen anzunehmen ist, dass die Bestimmungen dieses Abschnitts (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 Artikel 3 Absatz 23 der Verordnung (EU) 2016/1628.

6.3.2. Anzubringende Hilfseinrichtungen

Bei der Prüfung sind die zum Betrieb des Motors erforderlichen Hilfseinrichtungen nach den Vorschriften von Anlage 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 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.

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 Anlage 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 Nummer 7.7.1.3 oder 7.7.2.3.1 heranzuziehen.

6.3.4. Bestimmung der Leistung der Hilfseinrichtungen

Die durch die Hilfseinrichtungen/Vorrichtungen aufgenommene Leistung ist nur zu ermitteln, wenn:

- (a) die gemäß Anlage 2 erforderlichen Hilfseinrichtungen/Vorrichtungen am Motor nicht angebracht sind

und/oder

- (b) die gemäß Anlage 2 entbehrlichen Hilfseinrichtungen/Vorrichtungen trotzdem am Motor angebracht sind.

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

6.3.5. Zyklusarbeit der Motoren

Die Berechnung des Bezugswerts und des Messwerts der Zyklusarbeit (siehe Nummer 7.8.3.4) muss auf der Grundlage der Motorleistung gemäß Nummer 6.3.1 erfolgen. In diesem Fall haben P_f und P_r der Gleichung 6-7 den Wert null und P ist gleich P_m .

Wenn Hilfseinrichtungen/Vorrichtungen gemäß Nummer 6.3.2 und/oder Nummer 6.3.3 angebracht sind, muss die von ihnen aufgenommene Leistung für die Korrektur jedes Momentanwerts der Zyklusleistung $P_{m,i}$ mithilfe von Gleichung 6-8 verwendet werden:

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (6-7)$$

$$P_{AUX} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad (6-8)$$

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 Vollast 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 Ladedruckbegrenzung 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 Nummer 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 die Entnahme von Emissionsproben aus dem Abgas gemäß Nummer 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 Vollast 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 nach Nummer 5.2.5.1 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 mobilen Maschine oder dem mobilen 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 Nummer 6.5 einzustellen. Für Abgas-Nachbehandlungssysteme mit variabler Abgasdruckbegrenzung ist die maximale

Begrenzung des Abgasdrucks gemäß Nummer 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 das Gehäuse der Nachbehandlungseinrichtung entfernt und durch ein gleichartiges Gehäuse 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, ist das für die Prüfungen zu verwendende Reagens vom Hersteller anzugeben.

Bei Motoren der Klassen NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB und ATS, die mit einem Abgasnachbehandlungssystem mit sporadischer (periodischer) Regenerierung nach Nummer 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 Regenerierungsprozess, der gemäß Nummer 6.6.1 entweder andauernd oder wenigstens einmal während des anwendbaren dynamischen Prüfzyklus (NRTC oder LSI-NRTC) oder RMC („kontinuierliche Regenerierung“) durchgeführt wird, ist kein spezielles Prüfverfahren erforderlich.

6.6.1. Kontinuierliche Regenerierung

Arbeitet das Abgasnachbehandlungssystem mit kontinuierlicher Regenerierung, ist es vor der Messung zu stabilisieren, um gleichbleibendes Emissionsverhalten zu gewährleisten. Der Regenerierungsvorgang muss während der Warmstartprüfung mit dem NRTC, LSI-NRTC oder NRSC 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 kontinuierlich erfolgt, ist der NRTC, LSI-NRTC oder NRSC mindestens dreimal mit Warmstart durchzuführen. Bei einem NRTC mit Warmstart muss der Motor gemäß Nummer 7.8.2.1 warmlaufen und gemäß Nummer 7.4.2.1 Buchstabe b heiß abgestellt werden; anschließend ist der erste NRTC mit Warmstart durchzuführen.

Vor dem nachfolgenden NRTC mit Warmstart muss der Motor gemäß Nummer 7.4.2.1 Buchstabe b heiß abgestellt werden. Während der Prüfungen sind die Abgastemperatur und der Abgasdruck (Temperatur vor und nach dem Abgasnachbehandlungssystem, Abgasgegendruck usw.) aufzuzeichnen. Das Abgasnachbehandlungssystem erfüllt die Anforderungen, wenn die vom Hersteller angegebenen Bedingungen während der Prüfung ausreichend lange herrschen und die Streuung bei den gemessenen Emissionswerten nicht größer ist als $\pm 25\%$ oder 0,005 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 Nummer 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 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 (NRTC oder LSI-NRTC) oder RMC zur Verfügung, sind Anpassungsfaktoren mithilfe einer anwendbaren Einzelphasen-NRSC-Prüfung zu ermitteln. Faktoren, die mithilfe einer Einzelphasen-NRSC-Prüfung entwickelt wurden, dürfen nur auf Einzelphasen-NRSC 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-Prüfungen

Die Emissionen sind bei mindestens drei NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC-Prüfläufen mit Warmstart, davon je einer mit und zwei ohne Regenerierung, an einem stabilisierten Nachbehandlungssystem zu messen. Der Regenerierungsvorgang muss während der NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC-Prüfung mit Regenerierung mindestens einmal ablaufen. Wenn sich die Regenerierung über mehr als eine NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC-Prüfung erstreckt, müssen weitere NRTC-, LSI-NRTC- oder RMC-Prüfungen durchgeführt werden, und die Messung der Emissionen ist ohne Abstellen des Motors bis zum Abschluss der Regeneration 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 6-10 bis 6-13 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 Abgasnachbehandlungssystem 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 Nummer 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 6-10 bis 6-13 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 Typgenehmigungs- oder Zertifizierungsbehörde nach bestem fachlichen Ermessen abzustimmen.

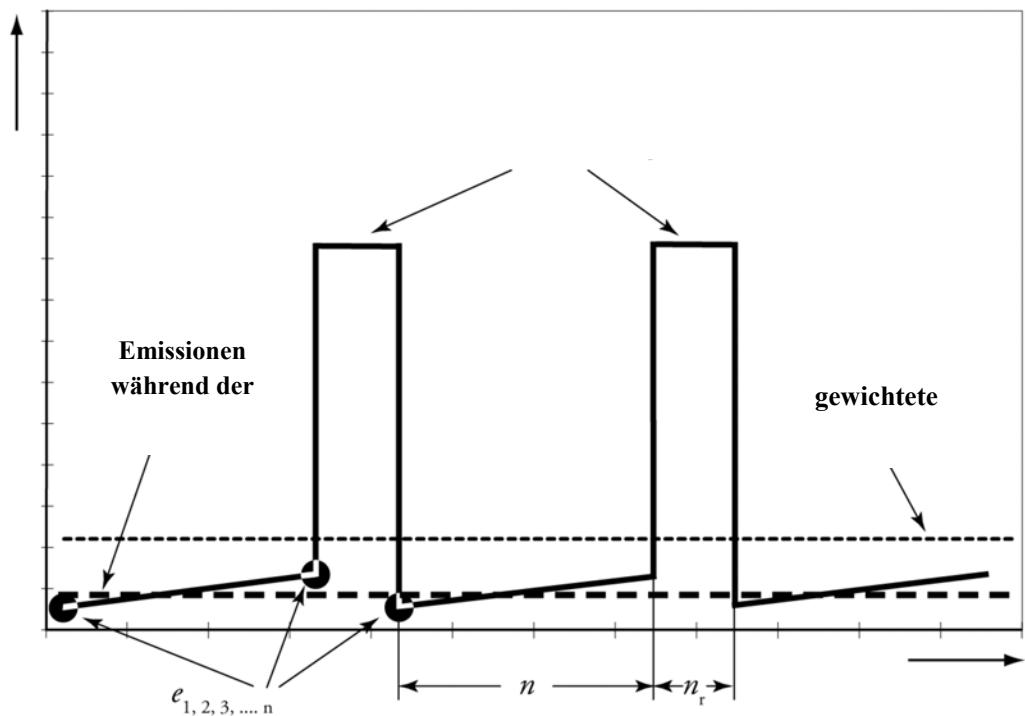
Für eine Regenerierungsprüfung muss der Hersteller ein schadstoffbeladenes Abgasnachbehandlungssystem zur Verfügung stellen. Während der Motorkonditionierung darf keine Regenerierung stattfinden. Der Hersteller kann wahlweise aufeinanderfolgende Prüfungen nach dem anwendbaren Zyklus durchführen, bis das Abgasnachbehandlungssystem 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 durchgeföhrter 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- oder NO_x-Emissionen, Temperatur vor und nach dem Abgasnachbehandlungssystem, Abgasgegendruck usw.) aufzuzeichnen. Während des Regenerierungsvorgangs können die geltenden Emissionsgrenzwerte überschritten werden. Das Prüfverfahren ist in Abbildung 6.1 schematisch dargestellt.

Abbildung 6.1:

Schematische Darstellung der sporadischen (periodischen) Regenerierung, wobei n = Anzahl der Messungen und n_r = Anzahl der Messungen während der Regenerierung



Der durchschnittliche Emissionswert für die Prüfläufe nach Nummer 6.6.2.1 oder 6.6.2.2 [g/kWh oder #/kWh] ist mithilfe der Gleichung 6-9 zu wichten (siehe Abbildung 6.1):

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (6-9)$$

Dabei ist:

n die Anzahl der Prüfungen, bei denen keine Regenerierung stattfindet

n_r die 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 Regenerierungsfaktor 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 6-10 bis 6-13 ermittelt werden:

multiplikativ:

$$k_{ru,m} = \frac{e_w}{e} \quad (\text{Anpassungsfaktor nach oben}) \quad (6-10)$$

$$k_{rd,m} = \frac{e_w}{e_r} \quad (\text{Anpassungsfaktor nach unten}) \quad (6-11)$$

Additiv

$$k_{ru,a} = e_w - e \quad (\text{Anpassungsfaktor nach oben}) \quad (6-12)$$

$$k_{rd,a} = e_w - e_r \quad (\text{Anpassungsfaktor nach unten}) \quad (6-13)$$

6.6.2.4. Anwendung von Anpassungsfaktoren

Die Anpassungsfaktoren nach oben werden mit den gemessenen Emissionswerten für alle Prüfungen, bei denen keine Regeneration stattgefunden hat, multipliziert oder zu ihnen hinzuaddiert. Die Anpassungsfaktoren nach unten werden mit den gemessenen Emissionswerten für alle Prüfungen, bei denen eine Regeneration 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 Anpassungsfaktor nach oben anzuwenden.

Gemäß Anhang VII und dessen Anlage 5 über die Berechnung der bremsspezifischen Emissionen gilt für den Regenerierungsfaktor Folgendes:

- (a) Wurde er für einen gesamten gewichteten Zyklus bestimmt, ist er auf die Ergebnisse der anwendbaren gewichteten NRTC, LSI-NRTC und NRSC anzuwenden.
- (b) Wurde er speziell für die einzelnen Prüfphasen des anwendbaren Einzelphasen-NRSC bestimmt, ist er vor der Berechnung des gewichteten Emissionswertes des Zyklus auf die Ergebnisse jener Einzelphasen des anwendbaren Einzelphasen NRSC 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 Genehmigungsbehörde für andere Motorenfamilien innerhalb derselben Familie von Abgasnachbehandlungssystemen nach Anhang IX der Durchführungsverordnung 2016/CCC der Kommission über Verwaltungsvorschriften 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 Genehmigungsbehörde Regenerierungsvorgänge anders als gemäß Buchstabe a berücksichtigen. Dies gilt jedoch nur für Regenerierungsvorgänge, die extrem selten auftreten und mit den unter Buchstabe a 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 für die Prüfung zu verwendenden Bezugskraftstoffe sind in Anhang IX aufgeführt.

Die Kraftstofftemperatur richtet sich nach den Empfehlungen des Herstellers. Die Kraftstofftemperatur ist am Einlass der Einspritzpumpe oder nach Angabe des Herstellers zu messen; die Messstelle ist anzugeben.

6.10. Kurbelgehäuseemissionen

Dieser Abschnitt gilt für Motoren der Klassen NRE, NRG, IWP, IWA, RLR, NRS, NRSh, SMB und ATS, die die Emissionsgrenzwerte der Stufe V gemäß Anhang II der Verordnung (EU) 2016/1628 erfüllen.

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.

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 dieser Nummer werden Kurbelgehäuseemissionen, die während des gesamten Betriebs oberhalb des Abgasnachbehandlungssystems in das Abgas geleitet werden, nicht als direkt in die Umgebungsluft geleitet betrachtet.

Emissionen aus dem offenen Kurbelgehäuse müssen für die Emissionsmessung wie folgt in das Auspuffsystem 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 und der Radius jeder unvermeidbaren Krümmung so groß wie möglich gehalten 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 mit dem Rohabgassystem unterhalb aller Abgasnachbehandlungssysteme, unterhalb aller Abgasdrosselungen und mit ausreichendem Abstand vor jeder Probenahmesonde verbunden werden, um vor der Probenahme eine vollkommene Mischung mit den Motorabgasen zu gewährleisten. Das Abgasrohr des Kurbelgehäuses muss in den freien Strom des Abgassystems hineinragen, um Randschichteffekte zu vermeiden und die Vermischung zu fördern. Der Auslass des Abgasrohres des Kurbelgehäuses kann, bezogen auf die Strömungsrichtung des Rohabgases, beliebig gerichtet sein.

7. Prüfverfahren

7.1. Einleitung

In diesem Kapitel wird das Verfahren zur Messung der bremsspezifischen 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 IX der Durchführungsverordnung 2016/CCC der Kommission über Verwaltungsvorschriften handeln.

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

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

7.2. Prinzip der Emissionsmessung

Für die Messung der bremsspezifischen Emissionen muss der Motor die entsprechenden, unter Nummer 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 CO₂ in den Abgasemissionen und der entsprechenden Arbeit des Motors.

7.2.1. Masse der Bestandteile

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

7.2.1.1. Kontinuierliche Probenahme

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

7.2.1.2. Stichprobenahme

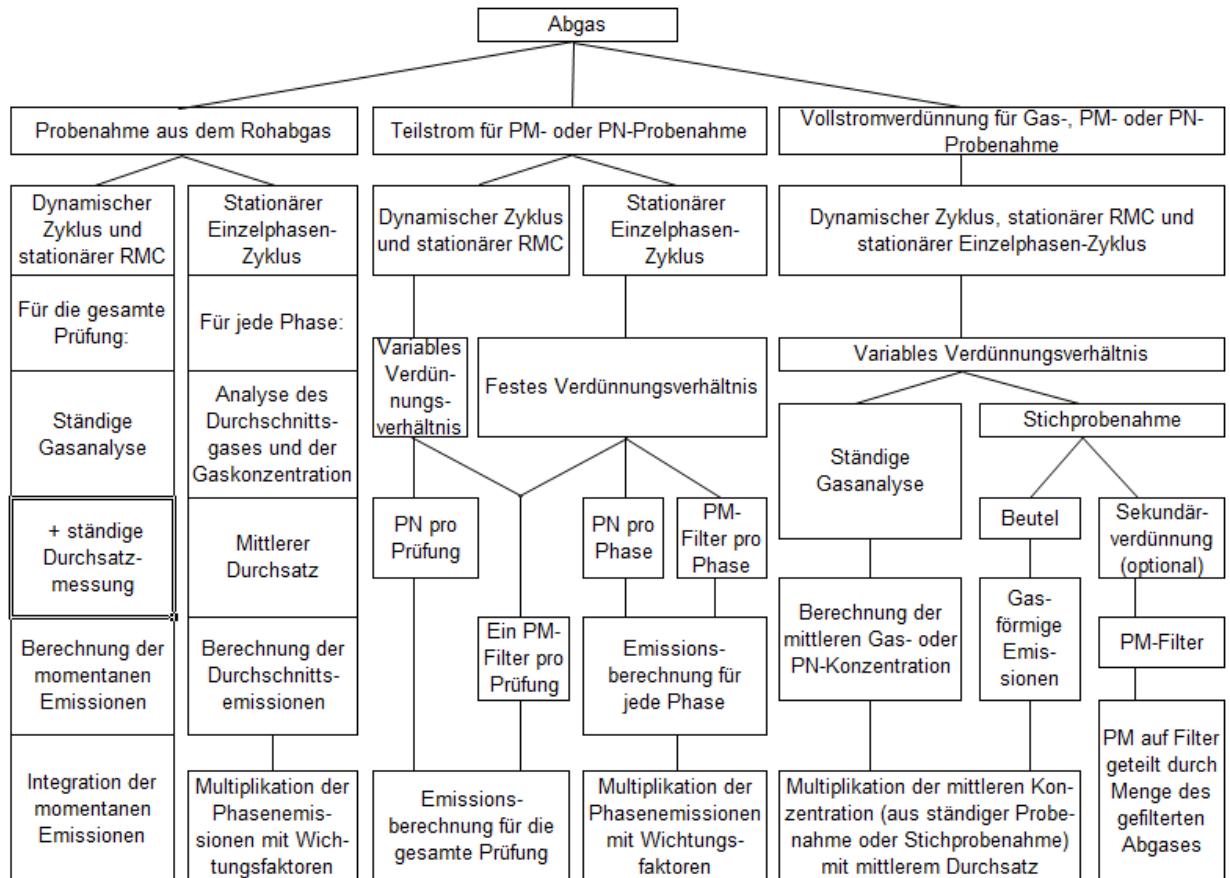
Bei der Stichprobenahme wird fortlaufend eine Stichprobe des Rohabgases oder des verdünnten Abgases entnommen und für spätere Messungen aufbewahrt. Die entnommene Probe muss proportional zum Durchsatz des Rohabgases oder des verdünnten Abgases sein. Beispiele solcher Stichprobenahmen sind das Einsammeln verdünnter gasförmiger Emissionen in einem Beutel und das Ansammeln von PM an einem Filter. Die Emissionsberechnung geschieht grundsätzlich nach folgender Methode: Die Konzentrationen in der Stichprobe werden mit dem Gesamtwert der Masse oder des Massendurchsatzes 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 Partikelkonzentration wird die aus einem proportional entnommenen Abgas an einem Filter abgelagerte Partikelmenge 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 Abbildung 6.2 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 6.2
Prüfverfahren für die Emissionsmessung



Anmerkung zu Abbildung 6.2: Der Begriff „Teilstrom-PM-Probenahme“ umfasst die Teilstromverdünnung, so dass nur Rohabgas mit festem oder veränderlichem Verdünnungsverhältnis entnommen wird.

7.2.2. Bestimmung der Arbeit

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

7.3. Überprüfung und Kalibrierung

7.3.1. Vor der Prüfung zu treffende Maßnahmen

7.3.1.1. Vorkonditionierung

Um stabile Bedingungen herzustellen, sind das Probenahmesystem und der Motor vor Beginn einer Prüffolge wie unter dieser Nummer beschrieben zu konditionieren.

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

In den Vorkonditionierungszyklen können Emissionsmessungen vorgenommen werden, wenn eine vorher festgelegte Zahl von Vorkonditionierungszyklen durchgeführt wird und das Messsystem nach den Vorschriften von Nummer 7.3.1.4 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 den NRTC-Prüflauf mit Kaltstart

Der Motor muss zur Vorkonditionierung mindestens einen NRTC 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 Nummer 7.3.1.2 beginnt.

7.3.1.1.2. Vorkonditionierung für den NRTC- oder LSI-NRTC-Prüflauf mit Warmstart

Diese Nummer beschreibt die Vorkonditionierung, die für den NRTC mit Warmstart, sofern darin ohne Durchführung des NRTC mit Kaltstart Emissionsproben genommen werden sollen, oder für den LSI-NRTC vorzunehmen ist. Der Motor muss zur Vorkonditionierung mindestens einen NRTC oder LSI-NRTC, 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 den 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 Zyklen D2, E2 oder G bei 50 % der Drehzahl und 50 % des Drehmoments und für die Einzelphasen-NRSC D2, E2 oder G bei Nenndrehzahl und 50 % des Drehmoments. Der Drehzahlwert von 50 % wird gemäß

Nummer 5.2.5.1 berechnet, falls zur Ermittlung der Prüfdrehzahlen die maximale Prüfdrehzahl herangezogen wird, in allen anderen Fällen wird sie gemäß Nummer 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 technischen 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 den RMC

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 die RMC-Prüfzyklen außer den Zyklen D2, E2 oder G bei 50 % der Drehzahl und 50 % des Drehmoments und für die RMC-Prüfzyklen D2, E2 und G bei Nenndrehzahl und 50 % des Drehmoments. Der Drehzahlwert von 50 % wird gemäß Nummer 5.2.5.1 berechnet, falls zur Ermittlung der Prüfdrehzahlen die maximale Prüfdrehzahl herangezogen wird, in allen anderen Fällen wird er gemäß Nummer 7.7.1.3 berechnet. 50 % des Drehmoments ist definiert als 50 % des höchsten bei dieser Drehzahl zur Verfügung stehenden Drehmoments.

7.3.1.1.5. 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.

7.3.1.2. 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.

7.3.1.3. 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 Nummer 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 Geräteherstellers 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 gemäß Nummer 7.3.1.4 vorzunehmen
- (j) Jeder elektronische Integrator muss vor jedem Prüfabschnitt auf null gesetzt werden.

7.3.1.4. Kalibrierung der Gasanalysatoren

Für die Gasanalysatoren sind die geeigneten Arbeitsbereiche einzustellen. Es sind Emissionsanalysatoren mit automatischer oder manueller Bereichsumschaltung zulässig. Während einer Prüfung mit dynamischen Prüfzyklen (NRTC oder LSI-NRTC) oder RMC sowie während der Entnahme einer Probe von gasförmigen Emissionen am Ende jeder Phase bei Einzelphasen-NRSC 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 Nummer 9.5.1 genügen. Bei FID-Analysatoren ist der Messbereich auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins (C_1) einzustellen.

7.3.1.5. Vorkonditionierung und Tarawägung der PM-Filter

Für die Vorkonditionierung und Tarawägung der PM-Filter sind die Verfahren nach Nummer 8.2.3 einzuhalten.

7.3.2. Nach der Prüfung durchzuführende Verfahren

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 Nummer 8.2.1 eingehalten worden ist. Beim Einfachfilterverfahren und dem stationären Einzelphasenprüfzyklus ist ein effektiver PM-Wichtungsfaktor zu berechnen. Jede Probe, die den Anforderungen von Nummer 8.2.1 nicht genügt, ist zu verwerfen.

7.3.2.2. Konditionieren und Wägen von Partikeln 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 Nummer 8.2.4 (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 Gasstichprobenanalysatoren spätestens 30 Minuten nach Abschluss des

Prüfzyklus oder, wenn möglich, während der Durchwärmungsphase auf null zu stellen, und ihr Messbereich ist einzustellen.

- (b) Konventionelle gasförmige Stichproben sind bis spätestens 30 Minuten nach Abschluss des NRTC mit Warmstart oder während der Durchwärmungsphase zu analysieren.
- (c) Die Hintergrundproben müssen spätestens 60 Minuten nach dem Abschluss des NRTC mit Warmstart analysiert werden.

7.3.2.4. Driftüberprüfung

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

- (a) Für Gasstichprobenanalysatoren 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 Probagas 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 Probagas ist, sowie die Ansprechzeit des Analysators berücksichtigen.
- (c) Diese Daten sind zur Validierung und zur Korrektur der Drift gemäß Nummer 8.2.2. heranzuziehen.

7.4. Prüfzyklen

Die EU-Typgenehmigungsprüfung ist unter Verwendung des geeigneten NRSC und gegebenenfalls des geeigneten NRTC oder LSI-NRTC gemäß Artikel 23 der Verordnung 2016/1628 und Anhang IV derselben Verordnung durchzuführen. Die technischen Anforderungen und Merkmale der NRSC, NRTC und LSI-NRTC sind in Anhang XVII festgelegt, die Methode zur Bestimmung der Einstellungen für Last und Drehzahl für diese Zyklen in Abschnitt 5.2.

7.4.1. Stationäre Prüfzyklen

Die stationären Prüfzyklen für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte (NRSC) sind in Anhang XVII Anlagen 1 und 2 als Liste von Einzelphasen (Betriebspunkten) dargestellt, in der jedem Betriebspunkt ein Drehzahl- und ein Drehmomentwert entspricht. Ein NRSC ist mit einem nach Herstellerangaben aufgewärmten und laufenden Motor zu messen. Ein NRSC kann nach Wahl des Herstellers wie unter den Nummern 7.4.1.1 und 7.4.1.2 erläutert, als Einzelphasen-NRSC oder als RMC durchgeführt werden. Es ist nicht notwendig, eine Emissionsprüfung sowohl nach Nummer 7.4.1.1 als auch nach Nummer 7.4.1.2 durchzuführen.

7.4.1.1. Einzelphasen-NRSC

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

7.4.1.2. Gestufter modaler NRSC

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

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 im Einzelphasen-NRSC oder die Phasen werden geteilt, um extreme Temperaturschwankungen zu vermeiden.

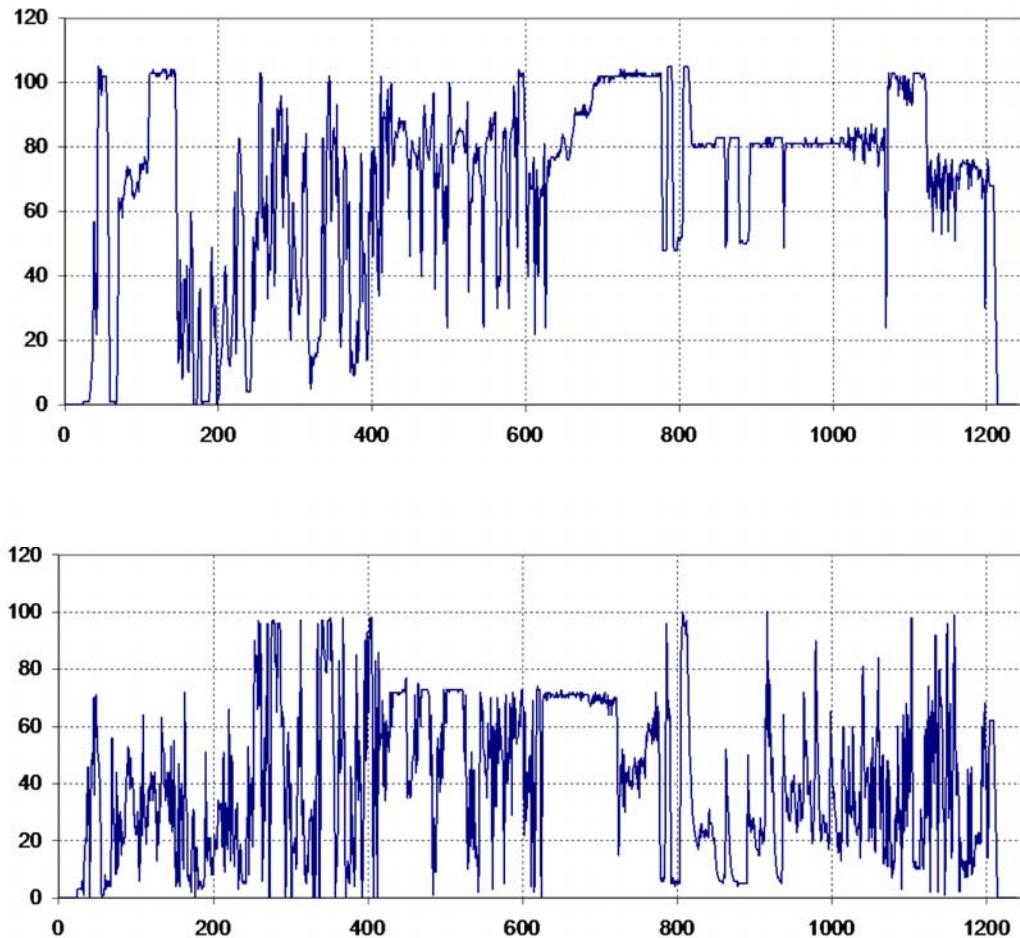
7.4.2. Dynamische Prüfzyklen (NRTC und LSI-NRTC)

Der dynamische Prüfzyklus für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte (NRTC) und der dynamische Prüfzyklus für große Motoren mit Fremdzündung der Klasse NRS für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte (LSI-NRTC) sind beide in Anhang XVII Anlage 3 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 Nummer 7.7.2).

7.4.2.1. Prüffolge für den NRTC

Abbildung 6.3 enthält eine grafische Darstellung des normierten NRTC-Ablaufplans für den Leistungsprüfstand.

Abbildung 6.3:
Normierter NRTC-Ablaufplan für den Motorleistungsprüfstand



Der dynamische Prüfzyklus ist nach Abschluss der Vorkonditionierung (siehe Nummer 7.3.1.1.1.) zweimal gemäß dem nachstehenden Verfahren durchzuführen:

- (a) mit Kaltstart nach natürlicher Abkühlung des Motors und der Abgasnachbehandlungssysteme auf Raumtemperatur oder mit Kaltstart nach Zwangsabkühlung und nachdem sich die Temperatur des Motors, des Kühlmittels, des Öls, des Abgasnachbehandlungssystems und aller

Motorsteuerungseinrichtungen bei 293 K bis 303 K (20 °C bis 30 °C) stabilisiert hat. Die Messung der Emissionen beim Kaltstart beginnt mit dem Anspringen des kalten Motors;

- (b) die Durchwärmungsphase beginnt unmittelbar nach Abschluss der Phase mit Kaltstart. Der abgestellte Motor ist für den Warmstart durch eine Durchwärmungsphase von 20 Minuten ± 1 Minute Dauer zu konditionieren;
- (c) der Warmstart beginnt unmittelbar nach der Durchwärmungsphase mit dem Anlassen des Motors. Die Gasanalysatoren sind spätestens 10 Sekunden vor dem Ende der Durchwärmungsphase 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 bremsspezifischen Emissionen (in g/kWh) sind mithilfe der in diesem Abschnitt festgelegten Verfahren sowohl für den Zyklus mit Kaltstart als auch für den Zyklus mit Warmstart zu bestimmen. Ein gewichteter Emissionsmischwert ist, wie in Anhang VII im Einzelnen dargestellt, durch Gewichtung der Ergebnisse der Kaltstartprüflaufe mit 10 % und der Warmstartprüflaufe mit 90 % zu berechnen.

7.4.2.2. Prüffolge für den LSI-NRTC

Der LSI-NRTC ist nach Abschluss der Vorkonditionierung (siehe Nummer 7.3.1.1.2) 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 VII festgelegten Verfahren zu bestimmen.

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

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

7.5. Allgemeine Prüffolge

Die Messung der Motoremissionen erfolgt in folgenden Schritten:

- (a) Für den zu prüfenden Motor werden die Prüfdrehzahlen und -belastungen festgelegt, indem (bei Motoren mit konstanter Drehzahl) das maximale Drehmoment oder (bei Motoren mit variabler Drehzahl) die Kurve des maximalen Drehmoments in Abhängigkeit von der Drehzahl gemessen wird.
- (b) Normierte Prüfzyklen sind anhand des gemäß Nummer 7.5 Buchstabe a 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 (Kaltstart- und Warmstartprüflauf) vorzubereiten.
- (d) Vor der Prüfung sind bestimmte Ausrüstungsteile und Analysatoren auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen. Alle Analysatoren sind zu kalibrieren. Alle Daten zur Prüfungsvorbereitung 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 RMC über den gesamten Prüfzyklus).
- (g) Nach der Prüfung sind bestimmte Ausrüstungsteile und Analysatoren auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen.
- (h) Die PM-Filter sind vorzukonditionieren, zu wägen (Leergewicht), zu laden, erneut zu konditionieren und zu wägen (Gewicht beladen); anschließend sind die Proben gemäß den vor und nach der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.1.5 bzw. Nummer 7.3.2.2. auszuwerten.
- (i) Die Ergebnisse der Emissionsprüfung sind auszuwerten.

Abbildung 6.4 bietet einen Überblick über die Verfahren, die zur Durchführung der Prüfzyklen für nicht für den Straßenverkehr bestimmte mobile Maschinen und Geräte mit Messung der Abgasemissionen des Motors erforderlich sind.

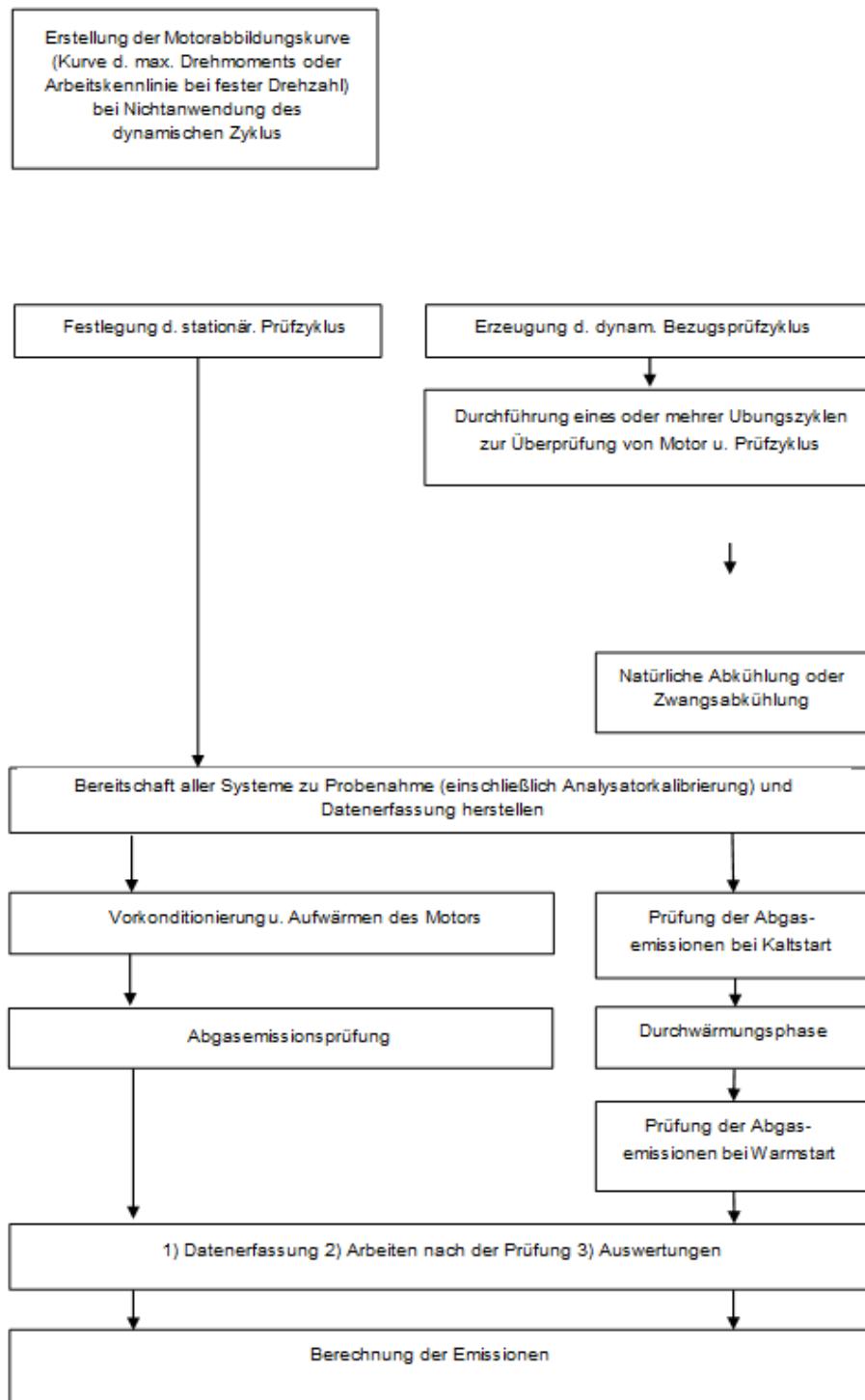
Abbildung 6.4:
Prüffolge

DE

34

DE

Stationär (Einzelphasen u. RMC)



7.5.1. Start und Neustart des Motors

7.5.1.1. Motorstart

Der Motor ist zu starten:

- (a) gemäß den Empfehlungen in der Bedienungsanleitung mit dem serienmäßigen Anlasser oder einem Druckluftanlasssystem und entweder einer ausreichend geladenen Batterie bzw. einer anderen geeigneten Stromquelle oder einer geeigneten Druckluftversorgung oder
- (b) indem der Motor bis zum Anspringen mit dem Leistungsprüfstand durchgedreht wird. Der Motor ist mit seiner typischen Anlassdrehzahl im normalen Betrieb $\pm 25\%$ durchzudrehen oder die Drehzahl des Leistungsprüfstandes ist linear von null auf einen Wert von 100 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 Bedienungsanleitung 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, ist die Prüfung ungültig. Der Motor ist dann nach Nummer 7.4.2.1 Buchstabe b heiß abzustellen, und der Prüflauf 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 NRSC (mit Einzelphasen oder gestuft) abgewürgt, ist die Prüfung ungültig und muss, beginnend mit dem Warmlaufen des Motors, wiederholt werden. Bei PM-Messungen nach dem Mehrfachfilterverfahren (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 Betrieb des Motors

Der Betrieb kann durch eine Bedienperson erfolgen (d. h. manuell) oder durch eine Steuervorrichtung (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 im Rahmen von Überwachungsprüfungen im Betrieb gemäß der delegierten Verordnung 2016/BBB der Kommission über die Überwachung der Emissionen von in Betrieb befindlichen Motoren zu nutzen, ist die Überprüfung nach Anlage 3 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 = Leerlaufdrehzahl des warmen Motors

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

Dabei ist:

n_{hi} die hohe Drehzahl gemäß der Definition in Artikel 2 Absatz 12

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 Nummer 7.6.2 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 sonstige 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 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 auf einen Wert zwischen der Warmleerlaufdrehzahl und 95 % der Warmleerlaufdrehzahl zu 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 Rate von $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ gesteigert oder mit einer gleichbleibenden Rate in der Weise erhöht, dass es 4 bis 6 Minuten dauert, von der niedrigsten zur höchsten Abbildungsdrehzahl zu gelangen. Der Abbildungsdrehzahl-Bereich muss bei einem Wert zwischen der Warmleeraufdrehzahl und 95 % der Warmleeraufdrehzahl beginnen und bei der höchsten Drehzahl oberhalb der maximalen Leistung, bei der weniger als 70 % der maximalen Leistung abgegeben wird, 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 Abschnitt beschriebenen Abbildungstechniken aufgrund sicherheitstechnischer Belange oder zugunsten einer besseren Repräsentativität müssen zusammen mit der entsprechenden Begründung von der Genehmigungsbehörde 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 Luftdruck in der Nähe des Lufteinlasses des Motors um mehr als 5 kPa von dem Wert abweicht, der zur Zeit der Erstellung der letzten Motorabbildungskurve aufgezeichnet wurde.

7.6.3. Erstellung der Motorabbildungskurve für den NRSC mit konstanter Drehzahl

Der Motor kann mit dem serienmäßigen 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 oder E2 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 nach Buchstabe b aufgezeichnete Leistung darf die Nennleistung gemäß der Definition in Artikel 3 Absatz 25 der Verordnung (EU) 2016/1628 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 Genehmigungsbehörde 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 Rate zu steigern. Die Abbildung ist so zu erstellen, dass bei Motoren, die mit dem Zyklus D2 oder E2 geprüft werden sollen, das der Nennleistung entsprechende Drehmoment und bei Motoren, die nach anderen Zyklen 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 Genehmigungsbehörde nach bestem fachlichen Ermessen mittels anderer Verfahren aufzuzeichnen.

Bei Motoren, die nicht nach den Zyklen D2 oder E2 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 des NRSC

Nach den Bestimmungen dieser Nummer sind die Drehzahl- und Lastwerte festzulegen, mit denen der Motor 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 Nummer 5.2.5.1 zu verwenden.

Die maximale Prüfdrehzahl ist bei der Bestimmung der Zwischendrehzahl gemäß Nummer 5.2.5.4 anstelle der Nenndrehzahl zu verwenden.

Die Leerlaufdrehzahl ist nach Nummer 5.2.5.5 zu bestimmen.

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

Für Motoren, die nicht mit einem dynamischen Zyklus (NRTC oder LSI-NRTC) geprüft werden, ist als 100 %-Drehzahl die Nenndrehzahl nach Nummer 5.2.5.3 zu verwenden.

Zur Bestimmung der Zwischendrehzahl nach Nummer 5.2.5.4 ist die Nenndrehzahl zu verwenden. Sind im NRSC zusätzliche Drehzahlen als Prozentsatz festgelegt, sind diese als Prozentsatz der Nenndrehzahl zu berechnen.

Die Leerlaufdrehzahl ist nach Nummer 5.2.5.5 zu bestimmen.

Mit vorheriger Zustimmung des technischen Dienstes kann zur Erzeugung von Prüfdrehzahlen in diesem Abschnitt anstatt der Nenndrehzahl die maximale Prüfdrehzahl verwendet werden.

7.7.1.3. Bestimmung der NRSC-Last für jede Prüfphase

Die anteilige Last in Prozent für jede Prüfphase des gewählten Prüfzyklus ist der einschlägigen NRSC-Tabelle in Anhang XVII Anlage 1 oder 2 zu entnehmen. In Abhängigkeit von dem Prüfzyklus wird die anteilige Last in diesen Tabellen entweder als Leistung oder als Drehmoment gemäß Nummer 5.2.6 und den Fußnoten für jede Tabelle angegeben.

Der Wert von 100 % bei einer bestimmten Prüfdrehzahl ist der gemessene oder erklärte Wert aus der gemäß Nummer 7.6.1, 7.6.2 bzw. 7.6.3 erstellten Motorabbildungskurve, ausgedrückt als Leistung (kW).

Die Motoreinstellung ist für jeden Prüfpunkt mithilfe der Gleichung 6-14 zu berechnen:

$$S = \left((P_{\max} + P_{\text{AUX}}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{\text{AUX}} \quad (6-14)$$

Dabei ist:

S	der Einstellwert des Leistungsprüfstands in kW
P_{\max}	die festgestellte oder erklärte Höchstleistung bei Prüfdrehzahl unter Prüfbedingungen (Angabe des Herstellers) in kW
P_{AUX}	die erklärte Gesamtleistungsaufnahme der für die Prüfung angebrachten Hilfseinrichtungen gemäß der Gleichung 6-8 (siehe Nummer 6.3.5) bei der festgelegten Prüfdrehzahl in kW
L	Prozent Drehmoment

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

Im Fall der Zyklen E2 und 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 -Last für jeden Prüfpunkt (Entnormierung)

Nach den Bestimmungen dieser Nummer sind die entsprechenden Drehzahl- und Lastwerte zu bestimmen, mit denen der Motor in den NRTC- oder LSI-NRTC-Prüfungen zu betreiben ist. In Anhang XVII Anlage 3 sind anwendbare Prüfzyklen in normiertem Format definiert. Ein normierter Testzyklus besteht aus einer Abfolge von Paaren aus Prozentwerten für Drehzahl und Drehmoment.

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

- Die normierte Drehzahl ist nach Nummer 7.7.2.2 in eine Abfolge von Bezugsdrehzahlen n_{ref} umzuwandeln.
- Das normierte Drehmoment wird als Prozentwert des abgebildeten Drehmoments aus der nach Nummer 7.6.2 erstellten Kurve bei der entsprechenden Bezugsdrehzahl ausgedrückt. Diese normierten Werte sind nach Nummer 7.7.2.3 in eine Abfolge von Bezugsdrehmomenten T_{ref} umzuwandeln.

- (c) Die Bezugsdrehzahl und das Bezugsdrehmoment, jeweils ausgedrückt in kohärenten Einheiten, werden multipliziert, um die Bezugsleistungswerte zu berechnen.

7.7.2.1. Reserviert

7.7.2.2. Entnormierung der Motordrehzahl

Die Drehzahl ist nach der Gleichung 6-15 zu entnormieren:

$$n_{ref} = \frac{\%speed \times (MTS - n_{idle})}{100} + n_{idle} \quad (6-15)$$

Dabei ist:

n_{ref}	die Bezugsdrehzahl
MTS	die maximale Prüfdrehzahl
n_{idle}	die Leerlaufdrehzahl
$\%speed$	der normierte Drehzahlwert des NRTC oder LSI-NRTC aus Anhang XVII Anlage 3

7.7.2.3. Entnormierung des Motordrehmoments

Die im Ablaufplan für den Motorleistungsprüfstand in Anhang XVII Anlage 3 angegebenen Drehmomentwerte sind auf die Höchstwerte bei den jeweiligen Drehzahlen normiert. Anhand der nach Nummer 7.6.2 bestimmten Abbildungskurve sind die Drehmomentwerte des Bezugszyklus nach der Gleichung 6-16 zu entnormieren:

$$T_{ref} = \frac{\%torque \cdot max.torque}{100} \quad (6-16)$$

für die in Nummer 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 Nummer 7.6.2 erstellten, wenn nötig nach Nummer 7.7.2.3.1 berichtigten Motorabbildungskurve
$\%torque$	der normierte Drehmomentwert des NRTC oder LSI-NRTC aus Anhang XVII Anlage 3

(a) Erklärtes Mindestdrehmoment

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 liegen.

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

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

Wenn nach Nummer 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 6-17 zu berichtigen.

$$T_{\max} = T_{\text{map}} - T_{\text{AUX}} \quad (6-17)$$

Dabei ist:

$$T_{\text{AUX}} = T_r - T_f \quad (6-18)$$

wobei gilt:

T_{map} ist das unberichtigte maximale Drehmoment bei der jeweiligen Prüfdrehzahl aus der gemäß Nummer 7.6.2 erstellten Motorabbildungskurve

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

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

7.7.2.4. Beispiel eines Entnormierungsverfahrens

Es folgt ein Beispiel, bei dem der folgende Prüfpunkt entnormiert werden soll:

$$\% \text{ speed} = 43 \%$$

$$\% \text{ torque} = 82 \%$$

Unter der Annahme folgender Werte:

$$MTS = 2200 \text{ min}^{-1}$$

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

Daraus folgt

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

mit dem höchsten Drehmoment von 700 Nm aus der Abbildungskurve bei 1288 min^{-1} .

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

7.8. Spezifische Durchführungsverfahren für die Prüfzyklen

7.8.1. Emissionsprüfungsfolge für NRSC mit Einzelphasen

7.8.1.1. Warmlaufen für den stationären Einzelphasen-NRSC

Die vor der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.1 einschließlich der Kalibrierung der Analysatoren sind durchzuführen. Der Motor ist nach der Vorkonditionierungssequenz unter Nummer 7.3.1.1.3 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 Prüfzyklus angegebenen Prüfphasen durchzuführen (siehe Anhang XVII Anlage 1).
- (b) Jede Phase dauert mindestens 10 Minuten, außer bei der Prüfung von Fremdzündungsmotoren mit den Prüfzyklen G1, G2 oder G3, wobei jede Phase mindestens 3 Minuten dauert. In jeder Phase ist der Motor mindestens 5 Minuten lang zu stabilisieren; die Probenahme dauert 1-3 Minuten für die gasförmigen Emissionen und – bei einem geltenden Grenzwert, die Partikelzahl am Ende jeder Phase außer bei der Prüfung von Fremdzündungsmotoren mit den Prüfzyklen G1, G2 oder G3, in denen die Probenahme mindestens die letzten 2 Minuten der jeweiligen Prüfphase einnehmen muss. Um die Genauigkeit der PM-Probenahme zu erhöhen, ist eine Verlängerung der Probenahmezeit zulässig.

Die Dauer der Prüfphasen ist aufzuzeichnen und anzugeben.

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

Beim Einfachfilterverfahren müssen die in dem Prüfzyklusverfahren für die einzelnen Prüfpunkte angegebenen Wichtungsfaktoren und der tatsächliche Abgasdurchsatz während der Probenahme berücksichtigt werden, indem der Durchsatz der Probe und/oder die Probenahmezeit entsprechend angepasst

werden. Der effektive Wichtungsfaktor der PM-Probenahme darf um nicht mehr als 0,005 von dem Wichtungsfaktor der jeweiligen Phase abweichen.

Die Probenahme muss bei jeder Prüfphase so spät wie möglich erfolgen. Beim Einfachfilterfahren muss das Ende der PM-Probenahme auf ± 5 s genau mit dem Abschluss der Messung der gasförmigen Emissionen zusammenfallen. Die Probenahme muss bei jedem Prüfpunkt beim Einfachfilterverfahren 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 Einfachfilterverfahren in einer Einzelphase 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 dem Mehrfachfilterverfahren (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.
- (f) Die nach der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.2 sind durchzuführen.

7.8.1.3. Validierungskriterien

An jedem Punkt des jeweiligen stationären Prüfzyklus muss nach der einleitenden Übergangsphase zu Anfang die gemessene Drehzahl der Bezugsdrehzahl mit einer Toleranz von $\pm 1\%$ der Nenndrehzahl oder $\pm 3 \text{ min}^{-1}$ entsprechen, wobei jeweils die größere Toleranz zu wählen ist; dies gilt nicht für die Leerlaufdrehzahl, die innerhalb der vom Hersteller angegebenen Toleranzen liegen muss. Das gemessene Drehmoment darf von dem Bezugsdrehmoment um nicht mehr als $\pm 2\%$ 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 durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.1 einschließlich der Kalibrierung der Analysatoren sind durchzuführen. Der Motor ist nach der Vorkonditionierungssequenz unter Nummer 7.3.1.1.4 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 Messung des Prüfzyklus muss 5 bis 10 s nach Ende des Übergangs zur Prüfstufe beginnen.

7.8.2.2. Durchführung eines RMC-NRSC

Die Prüfung ist in der Reihenfolge der für den Prüfzyklus angegebenen Prüfphasen durchzuführen (siehe Anhang XVII Anlage 2). Ist für den vorgeschriebenen NRSC kein RMC vorhanden, ist nach dem Verfahren mit Einzelphasen nach Nummer 7.8.1 vorzugehen.

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

Bei RMC 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 Bezugsdrehmomentwerte 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 (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 bremsspezifischen Emissionen 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 einzustellen. Schließlich sind alle Integratoren anzuhalten und die aufgezeichneten Daten müssen das Prüfungsende anzeigen.
- (e) Die nach der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.2 sind durchzuführen.

7.8.2.4. Validierungskriterien

Die RMC-Prüfungen sind mittels der Regressionsanalyse gemäß den Nummern 7.8.3.3 und 7.8.3.5 zu validieren. Die zulässigen RMC-Toleranzen sind in der nachfolgenden Tabelle 6.1 angegeben. Zu beachten ist, dass die RMC-Toleranzen sich von den NRTC-Toleranzen in Tabelle 6.2 unterscheiden. Bei der Prüfung von Motoren mit einer Nutzleistung von mehr als 560 kW können die Toleranzen der Regressionsgeraden nach Tabelle 6.2 und die Punktstreichung nach Tabelle 6.3 angewandt werden.

Tabelle 6.1.

Zulässige Abweichung der RMC-Regressionsgeraden

	Drehzahl	Drehmoment	Leistung
Standardfehler des geschätzten Verlaufs y über x	maximal 1 % der Nenndrehzahl	maximal 2 % des höchsten Motordrehmoments	maximal 2 % der höchsten Motorleistung
Steigung der Regressionsgeraden, a_1	0,99 bis 1,01	0,98 – 1,02	0,98 – 1,02
Bestimmungskoeffizient, r^2	mindestens 0,990	mindestens 0,950	mindestens 0,950
y -Achsabschnitt der Regressionsgeraden, a_0	$\pm 1\%$ der Nenndrehzahl	$\pm 20 \text{ Nm}$ oder, falls größer, $\pm 2\%$ des höchsten Drehmoments	$\pm 4 \text{ kW}$ oder, falls größer, $\pm 2\%$ der höchsten Leistung

Falls die RMC-Prüfung nicht an einem dynamischen Prüfstand durchgeführt wird, so dass 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 Nummer 7.8.1.3 angegeben. Für den 20 s langen linearen Drehzahl- und Drehmomentübergang zwischen den Phasen der stationären RMC-Prüfungen (Nummer 7.4.1.2) gelten bei Drehzahl und Last folgende Toleranzen:

- (a) Die Drehzahl ist linear innerhalb von $\pm 2\%$ der Nenndrehzahl zu halten.
- (b) Das Drehmoment ist linear innerhalb von $\pm 5\%$ des maximalen Drehmoments bei Nenndrehzahl zu halten.

7.8.3. Dynamische Prüfzyklen (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 Bezugsdrehmomentwerten aus der Zykluserzeugung zu interpolieren.

Durch geringe entnormierte Drehzahlwerte nah an der Warmleeraufdrehzahl könnte die Regelung der niedrigen Drehzahl aktiviert werden, so dass 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 dem Abgasnachbehandlungssystem rasch warmläuft. Unter solchen Bedingungen führen sehr niedrige normierte Drehzahlen dazu, dass die Bezugsdrehzahl unter dieser erhöhten Leerlaufdrehzahl liegen. In diesem Fall wird empfohlen, den Leistungsprüfstand so zu steuern, dass vorrangig das Bezugsdrehmoment 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 einer NRTC-Prüfung

Die vor der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.1 einschließlich der Vorkonditionierung, der Abkühlung und der Kalibrierung der Analysatoren sind durchzuführen.

Die Prüfung ist folgendermaßen zu beginnen:

Die Prüffolge beginnt unmittelbar nach Starten des Motors, welcher beim NRTC-Prüfung mit Kaltstart zuvor nach Nummer 7.3.1.2 abgekühlt und beim NRTC mit Warmstart zuvor heiß abgestellt wurde. Die Abfolge nach Nummer 7.4.2.1 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 Anhang XVII Anlage 3 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 einzustellen. Schließlich sind alle Integratoren anzuhalten, und die aufgezeichneten Daten müssen das Prüfungsende anzeigen.

Die nach der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.2 sind durchzuführen.

7.8.3.2. Durchführung einer LSI-NRTC-Prüfung

Die vor der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.1 einschließlich der Vorkonditionierung und der Kalibrierung der Analysatoren sind durchzuführen.

Die Prüfung ist folgendermaßen zu beginnen:

Die Prüfung ist nach der in Nummer 7.4.2.2 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 Nummer 7.4.2.2 Buchstabe b einzuleiten. Der Prüfzyklus ist nach dem Ablaufplan in Anhang XVII Anlage 3 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.

Die nach der Prüfung durchzuführenden Verfahren nach Nummer 7.3.2 sind 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 dieser Nummer 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 Drehzahl- und Drehmomentwerte zu eliminieren. Punkte mit negativen Drehmomentwerten sind mit einer Arbeit von null zu berücksichtigen. Die tatsächliche Zyklusarbeit W_{act} (kWh) ist unter Verwendung der ausgegebenen Motordrehzahl- und Drehmomentwerte zu berechnen. Die Bezugsyklusarbeit 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 Bezugsyklusarbeit W_{ref} und zur Berechnung der bremsspezifischen Emissionen verwendet (siehe Nummer 7.2).

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

7.8.3.5. Validierungsstatistik (siehe Anhang VII Anlage 2)

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 des Zyklus 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 Betrag und in die gleiche Richtung verschoben werden.

Es ist die Fehlerquadratmethode anzuwenden; die Formel für die beste Anpassung hat die Form gemäß Gleichung 6-19:

$$y = a_1x + a_0 \quad (6-19)$$

dabei ist:

y	der ausgegebene Wert von Drehzahl (min^{-1}), Drehmoment (Nm) oder Leistung (kW)
a_1	die Steigung der Regressionsgeraden
x	der Bezugswert von Drehzahl (min^{-1}), Drehmoment (Nm) oder Leistung (kW)
a_0	der y -Achsabschnitt der Regressionsgeraden

Der Standardfehler des geschätzten Verlaufs y über x und der Bestimmungskoeffizient (r^2) sind für jede einzelne Regressionsgerade gemäß Anhang VII Anlage 3 zu berechnen.

Es empfiehlt sich, diese Analyse bei 1 Hz durchzuführen. Für die Gültigkeit der Prüfung müssen die Kriterien von Tabelle 6.2 erfüllt sein.

Tabelle 6.2.
Toleranzen der Regressionsgeraden

	Drehzahl	Drehmoment	Leistung
Standardfehler des geschätzten Verlaufs y über x	$\leq 5,0\%$ der maximalen Prüfdrehzahl	$\leq 10,0\%$ des höchsten abgebildeten Drehmoments	$\leq 10,0\%$ der höchsten abgebildeten Leistung
Steigung der Regressionsgeraden, a_1	0,95 bis 1,03	0,83 – 1,03	0,89 – 1,03
Bestimmungskoeffizient, r^2	mindestens 0,970	mindestens 0,850	mindestens 0,910
y -Achsabschnitt der Regressionsgeraden, a_0	$\leq 10\%$ der Leerlaufdrehzahl	$\pm 20\text{ Nm}$ oder, falls größer, $\pm 2\%$ des höchsten Drehmoments	$\pm 4\text{ kW}$ oder, falls größer, $\pm 2\%$ der höchsten Leistung

Ausschließlich für die Regressionsanalysen können die in Tabelle 6.3 genannten Punkte vor der Regressionsberechnung gestrichen werden. Für die Berechnung der Zyklusarbeit und der Emissionen dürfen sie jedoch nicht gestrichen werden. Ein Leerlaufpunkt wird definiert als Punkt mit normiertem Bezugsdrehmoment von 0 % und einer normierten Bezugsdrehzahl von 0 %. 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 6.3:
Zulässige Punktstreichungen aus der Regressionsanalyse

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

8. Messverfahren

8.1. Kalibrierung und Leistungsüberprüfung

8.1.1. Einleitung

Diese Nummer enthält eine Beschreibung der erforderlichen Kalibrierungen und Überprüfungen der Messsysteme. Siehe Nummer 9.4 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 Messsystemhersteller 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 6.4 enthält einen Überblick über die in Abschnitt 8 beschriebenen Kalibrierungs- und Überprüfungstätigkeiten sowie Angaben über den Zeitpunkt, zu dem diese Tätigkeiten durchgeführt werden müssen.

Tabelle 6.4.
Überblick über die Kalibrierungs- und Überprüfungstätigkeiten

Art der Kalibrierung oder Überprüfung	Mindesthäufigkeit ^(a)
8.1.3.: Genaugigkeit, Wiederholbarkeit und Rauschen	Genaugigkeit: nicht erforderlich, aber bei der Erstinstallation empfohlen. Wiederholbarkeit: nicht erforderlich, aber bei der Erstinstallation empfohlen. Rauschen: 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 der Ansaugluft, der Verdünnungsluft und des verdünnten Abgases und Stichprobendurchsatz: 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 des Rohabgases: 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. Gasteiler: bei der Erstinstallation, binnen 370 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten Gasanalysatoren (sofern nichts anderes angegeben ist): bei der Erstinstallation, binnen 35 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten FTIR-Analysator: bei der Installation, binnen 370 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten PM-Waage: bei der Erstinstallation, binnen 370 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten Selbständiger Druck und selbständige 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 keine ständige Berichtigung um andere Gasarten vorgenommen wird	Bei der Erstinstallation oder nach Systemänderungen, die sich auf das Ansprechverhalten auswirken

Art der Kalibrierung oder Überprüfung	Mindesthäufigkeit ^(a)
8.1.6.: 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
8.1.7.1.: 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 des 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)
8.1.8.8.: Vakuumleckage	Bei der Installation des Probenahmesystems. Vor jedem Labortest gemäß Nummer 7.1. Innerhalb von 8 Stunden vor dem Beginn des ersten Prüfintervalls jeder Lastzyklenfolge und nach Wartungstätigkeiten, etwa Vorfilterwechseln
8.1.9.1.: CO ₂ -NDIR-H ₂ O-Querempfindlichkeit	Bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.9.2.: CO-NDIR-CO ₂ - und H ₂ O-Querempfindlichkeit	Bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.10.1.: FID-Kalibrierung Optimierung und Überprüfung eines HC-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 allen THC-FID-Analysatoren: bei der Erstinstallation, nach umfangreichen Wartungstätigkeiten und nach der FID-Optimierung gemäß Nummer 8.1.10.1.
8.1.11.1.: CLD-CO ₂ - und H ₂ O-Querempfindlichkeit	Bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten

Art der Kalibrierung oder Überprüfung	Mindesthäufigkeit ^(a)
8.1.11.3.: NDUV-HC- und H ₂ O-Querempfindlichkeit	Bei der Erstinstallation und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten
8.1.11.4.: NO ₂ -Durchlassanteil (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.: 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
8.1.13.1.: PM-Waage und Wägung	Unabhängige Überprüfung: bei der Erstinstallation, binnen 370 Tagen vor der Prüfung und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten Nullung, Justierung und Überprüfung von Bezugsproben: 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 Rauschen

Die in Tabelle 6.8 angegebenen Leistungswerte einzelner Geräte bilden die Grundlage zur Ermittlung von Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Rauschen von Geräten.

Die Überprüfung von Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Rauschen 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. Nachprüfbarkeit der Linearität

8.1.4.1. Umfang und Häufigkeit

Für jedes in Tabelle 6.5 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. Mit Hilfe 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 6.5 angegebenen Linearitätskriterien mit den Bezugswerten abgeglichen.

8.1.4.2. Leistungsanforderungen

Erfüllt ein Messsystem die anwendbaren Linearitätskriterien gemäß Tabelle 6.5 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 Nummer 9.5.1 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 Nummer 9.5.1 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 selbständigen Druck und selbständiger 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 den Empfehlungen des Geräteherstellers und nach bestem fachlichen Ermessen zu treffen.
- (g) Bezugsmengen sind wie in Nummer 8.1.4.4 beschrieben zu erzeugen und einzuleiten. Bei Gasanalysatoren sind Gaskonzentrationen zu verwenden, die bekanntermaßen den Spezifikationen gemäß Nummer 9.5.1 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 6.7 angegebenen Mindestaufzeichnungsfrequenz über 30 s zu messen und der arithmetische Mittelwert \bar{y}_i der erfassten Werte ist aufzuzeichnen.
- (j) Die in den Buchstaben g bis i dieser Nummer genannten Schritte sind zu wiederholen, bis alle Bezugsgrößen gemessen sind.
- (k) Der arithmetische Mittelwert \bar{y}_i und die Bezugswerte y_{refi} sind für die Berechnung der Parameter der linearen Regression nach der Fehlerquadratmethode sowie von statistischen Werten zum Abgleich mit den in Tabelle 6.5 festgelegten Mindestleistungskriterien zu verwenden. Die Berechnung ist nach Anhang VII Anlage 3 vorzunehmen.

8.1.4.4. Bezugssignale

Diese Nummer enthält eine Beschreibung der empfohlenen Verfahren zur Erzeugung von Bezugswerten für das Linearitätsprüfungsprotokoll gemäß Nummer 8.1.4.3. 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 mit 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 6.5 enthält eine Aufstellung der Messsysteme, die eine Linearitätsprüfung erfordern. Für diese Tabelle gelten folgende Bestimmungen:

- (a) Wenn vom Gerätehersteller 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 Justergaskonzentration. 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 Nummer 8.1.8.5 für die Propankontrolle beschriebenen Kriterien zur Überprüfung des Durchsatzes von verdünntem Abgas oder einer chemischen Kohlenstoff- oder Sauerstoffbilanz von Ansaugluft, Kraftstoff und Abgas mit einer Toleranz von $\pm 2\%$ 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 selbständigen 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 erforderlich: Luftansaugung, Nachbehandlungssysteme (für Motoren, die mit Abgasnachbehandlungssystemen 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 mit Hilfe von Kühlapparaten getrocknet werden).
 - (ii) Die nachstehenden Temperatur-Linearitätsprüfungen sind nur obligatorisch, wenn vom Motorhersteller gefordert: Kraftstoffzufuhr, Luftaustritt des Ladeluftkühlers der Prüfzelle (für Motoren, die auf einem Prüfstand mit einem Wärmetauscher geprüft wurden, der einen Ladeluftkühler für mobile Maschinen und Geräte simuliert), Kühlmitteleintritt des Ladeluftkühlers in der Prüfzelle (für Motoren, die auf einem Prüfstand mit einem Wärmetauscher geprüft wurden, der einen Ladeluftkühler für mobile Maschinen und Geräte simuliert), Öl im Sumpf/in der Wanne und Kühlmittel vor dem Thermostat (für flüssigkeitsgekühlte Motoren).
- (h) Zu den selbständigen 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), Kühlapparatproben (bei Systemen für gasförmige Proben, in denen Proben mit Hilfe 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 geprüft wurden, der einen Ladeluftkühler für mobile Maschinen und Geräte simuliert), Kraftstoffzufuhr und Kraftstoffaustritt.

Tabelle 6.5:
Messsysteme, die eine Linearitätsprüfung erfordern

Messsystem	Messgröße	Mindesthäufigkeit der Überprüfung	Linearitätskriterien			
			$ x_{\min} \cdot (a_1 - 1) + a_0 $	a	SEE	r^2
Motordrehzahl	n	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 0,05 \% n_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% n_{\max}$	$\geq 0,990$
Motor-drehmoment	T	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% T_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% T_{\max}$	$\geq 0,990$
Kraftstoffdurchsatz	q_m	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{m, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{m, \max}$	$\geq 0,990$
Ansaugluftdurchsatz ¹	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Verdünnungsluftdurchsatz ¹	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Durchsatz des verdünnten Abgases ¹	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Durchsatz des Rohabgases ¹	q_V	Binnen 185 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Stichprobenentnehmer-Durchsatz ¹	q_V	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Gasteiler	x/x_{span}	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% x_{\max}$	$\geq 0,990$
Gasanalysatoren	x	Binnen 35 Tagen vor der Prüfung	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% x_{\max}$	$\geq 0,998$
PM-Waage	m	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% m_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% m_{\max}$	$\geq 0,998$
Selbständige Drücke	p	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% p_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% p_{\max}$	$\geq 0,998$
Analog-Digital-Wandlung von selbständigen Temperatursignalen	T	Binnen 370 Tagen vor der Prüfung	$\leq 1 \% T_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% T_{\max}$	$\geq 0,998$

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 Nummer 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 verwendet werden, nicht hingegen bei Gasanalysatoren systemen 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 Aufzeichnungs frequenz 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.

Die Systemeinstellungen für die Bewertung der Ansprechzeit (d. h. Druck, Durchsätze, Filtereinstellungen an den Analysegeräten und alle anderen Faktoren, die die Ansprechzeit beeinflussen) müssen genau dieselben sein wie bei der Probelaufmessung. Die Bestimmung der Ansprechzeit erfolgt durch Gasumstellung direkt am Eintritt der Probenahmesonde. Die Gaswechseinrichtungen 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 Ansprechzeit des Systems muss für alle gemessenen Bestandteile (CO , NO_x und HC) und alle verwendeten Bereiche $\leq 10 \text{ s}$ bei einer Anstiegszeit von $\leq 5 \text{ s}$ betragen.

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

- (b) Zum Nachweis einwandfreier Aktualisierungs- und Aufzeichnungsfunktionen im Hinblick auf das Ansprechverhalten des Gesamtsystems 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 6.7).

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 steuern. 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 N₂ verdünnte Justiergase mit luftverdünnten Justiergasen vermischt werden sollen.

Mit Hilfe eines Gasteilers wird ein NO-CO-CO₂-C₃H₈-CH₄-Justiergas (Rest N₂) zu gleichen Teilen mit einem NO₂-Justiergas (Rest gereinigte synthetische Luft) vermischt. Gegebenenfalls können anstelle von vermischtem NO-CO-CO₂-C₃H₈-CH₄-Justiergas (Rest N₂) 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 einzelne, 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 dieser Nummer 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 aus Nummer 8.1.5.4 Buchstabe c dienen zur Berechnung der mittleren Anstiegszeit für jeden der Analysatoren.

- (a) Soll die Einhaltung von Nummer 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer i 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 Nummer 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer ii nachgewiesen werden, genügt es, die Erfüllung der Anforderungen nach Nummer 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer ii nachzuweisen.

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 einen Einzelphasen-NRSC 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 Nummer 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 Nummer 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 Nummer 8.1.5.3 Buchstabe b Ziffer i geforderte Überprüfung die niedrigere der beiden Frequenzen zu verwenden.

8.1.6.4. Verfahren

Alle Verfahren unter Nummer 8.1.5.4 Buchstabe a bis c sind zu verwenden. 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 NO₂) 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

Der Motorhersteller muss interne Qualitätssicherungsverfahren anwenden, die auf anerkannte nationale oder internationale Normen rückführbar sind. 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 Geräteherstellers zu beachten, und die Kalibrierung ist nach bestem fachlichen Ermessen zu wiederholen.

Für Temperatormesssysteme mit Thermoelementen, Widerstandsthermometern oder Thermistorsensoren wird die Kalibrierung durchgeführt, wie in Nummer 8.1.4.4. 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 Geräteherstellers 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 Geräteherstellers 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 Geräteherstellers 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 Abschnitt wird die Kalibrierung von Geräten zur Messung des Durchsatzes von Probenahmesystemen mit konstantem Volumen (CVS) für verdünntes Abgas beschrieben.
- (b) Für diese Kalibrierung muss sich das Durchsatzmessgerät in seiner ständigen Position befinden. Diese Kalibrierung ist durchzuführen, wenn eine dem Durchsatzmessgerät vor- oder nachgelagerte Komponente der Durchflusskonfiguration, die sich auf die Kalibrierung des Durchsatzmessgeräts 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 Nummer 8.1.8.5 festgestellten Mängeln versagen, erforderlich.
- (c) Ein CVS-Durchsatzmessgerät wird mit Hilfe eines Bezugsdurchsatzmessgeräts wie einem subsonischen Venturirohr, einer Durchflusssdüse mit langem Radius, einer SAO-Düse (Smooth Approach Orifice), einem Laminardurchfluss-Element, mehrerer Venturirohre mit kritischer Strömung oder einem Ultraschall durchsatzmessgerät kalibriert. Es ist ein Bezugsdurchsatzmessgerät zu verwenden, dessen Messungen mit $\pm 1\%$ Messunsicherheit auf internationale Normen rückführbar sind. Die Durchsatzmessung des Bezugsdurchsatzmessgeräts dient als Bezugswert für die Kalibrierung des CVS-Durchsatzmessgeräts.
- (d) Die Verwendung einer vorgeschalteten Blende oder eines sonstigen Druckbegrenzers, der sich auf den Durchsatz vor dem Bezugsdurchsatzmessgerät auswirken könnte, ist nicht zulässig, es sei denn, diese Druckbegrenzung wurde bei der Kalibrierung des Durchsatzmessgeräts berücksichtigt.

- (e) Der in Nummer 8.1.8.4 beschriebene Kalibrierungsablauf bezieht sich auf den molbasierten Ansatz. Für den entsprechenden Ablauf beim massenbasierten Ansatz siehe Anhang VII Nummer 2.5.
- (f) Nach Wahl des Herstellers können das kritisch durchströmte Venturirohr oder das subsonische Venturirohr zur Kalibrierung auch von ihrer ständigen Position entfernt werden, solange folgende Anforderungen erfüllt sind, wenn das Venturirohr in das CVS eingebaut ist:
- (1) 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.
 - (2) Nach der Ex-situ-Kalibrierung des Venturirohres sind bei kritisch durchströmten Venturirohren alle Durchsatzkombinationen und bei subsonischen Venturirohren mindestens 10 Durchsatzpunkte mithilfe der Propankontrolle gemäß Nummer 8.1.8.5 zu prüfen. Das Ergebnis der Propankontrolle für jeden Venturi-Durchsatzpunkt darf die Toleranz nach Nummer 8.1.8.5.6 nicht überschreiten.
 - (3) Die Ex-situ-Kalibrierung eines CVS mit mehr als einem kritisch durchströmten Venturirohr ist folgendermaßen zu überprüfen:
 - (i) Mittels einer Vorrichtung mit konstantem Durchsatz ist ein konstanter Durchfluss des Propans zum Verdünnungstunnel zu erzeugen.
 - (ii) 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.
 - (iii) Die Kohlenwasserstoff-Hintergrundkonzentration in der Verdünnungsluft ist zu Beginn und am Ende der Prüfung zu messen. Die durchschnittliche Hintergrundkonzentration von jeder Messung an jedem Durchsatzpunkt ist vor der Durchführung der Regressionsanalyse nach Ziffer iv abzuziehen.
 - (iv) Bei der Regression für die Leistung ist unter Berücksichtigung aller Paare von Durchsatz- und berichtigten Konzentrationswerten eine Beziehung in der Form $y = a \cdot x^b$ zu ermitteln, wobei die Konzentration als unabhängige und der Durchsatz als abhängige Variable zu verwenden ist. Für jeden Messpunkt ist die Differenz zwischen dem gemessenen Durchsatz und dem aus der Kurve hervorgehenden Wert zu errechnen. Die Differenz muss in jedem Punkt weniger als $\pm 1\%$ des entsprechenden Regressionswertes betragen. Der Wert für b muss zwischen -1,005 und -0,995 liegen.

Wenn die Ergebnisse diese Grenzwerte nicht einhalten, sind unter Einhaltung von Nummer 8.1.8.5.1 Buchstabe a 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-Durchsatzmessgerät wird folgendermaßen kalibriert:

- (a) Das System ist anzuschließen, wie in Abbildung 6.5 dargestellt.
- (b) Lecks zwischen dem Durchsatzmessgerät zur Kalibrierung und der PDP müssen kleiner als 0,3 % des Gesamtdurchsatzes am niedrigsten kalibrierten Durchsatzpunkt sein, beispielsweise am höchsten Druckbegrenzungs- und am niedrigsten PDP-Drehzahlpunkt.
- (c) Während des PDP-Betriebs muss am PDP-Eintritt eine konstante Temperatur im Bereich von $\pm 2\%$ der mittleren absoluten Eintrittstemperatur T_{in} gewahrt werden.
- (d) Die PDP-Drehzahl wird auf den ersten zu kalibrierenden Drehzahlpunkt eingestellt.
- (e) Der variable Begrenzer wird auf volle Öffnung eingestellt.
- (f) Die PDP wird mindestens 3 Minuten betrieben, damit sich das System stabilisieren kann. Während die PDP kontinuierlich weiterläuft, werden die Mittelwerte der in einem Zeitraum von mindestens 30 s erfassten Daten für jede der folgenden Messgrößen aufgezeichnet:
 - (i) mittlerer Durchsatz des Bezugsdurchsatzmessgeräts \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 Nummer 8.1.8.4.2 Buchstaben f und g 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 VII zu kalibrieren.
- (j) Die Schritte nach den Buchstaben f bis i dieser Nummer sind für jede Drehzahl, mit der die PDP betrieben wird, zu wiederholen.
- (k) Die Gleichungen in Anhang VII Nummer 3 (molbasierter Ansatz) bzw. Anhang VII Abschnitt 2 (massenbasierter Ansatz) dienen zur Ermittlung der PDP-Durchsatzgleichung für die Emissionsprüfung.
- (l) Die Kalibrierung ist mit Hilfe einer CVS-Überprüfung (d. h. einer Propankontrolle) gemäß Nummer 8.1.8.5 zu überprüfen.
- (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 Durchsatzkoeffizient C_d beim niedrigsten erwarteten statischen Differenzdruck zwischen dem CFV-Ein- und Austritt überprüft. Ein CFV-Durchsatzmessgerät wird folgendermaßen kalibriert:

- (a) Das System ist anzuschließen wie in Abbildung 6.5 dargestellt.
- (b) Das Gebläse wird hinter dem CFV eingeschaltet.
- (c) Während des CFV-Betriebs muss am CFV-Eintritt eine konstante Temperatur im Bereich von $\pm 2\%$ der mittleren absoluten Eintrittstemperatur T_{in} gewahrt werden.
- (d) Lecks zwischen dem Durchsatzmessgerät zur Kalibrierung und dem CFV müssen kleiner als 0,3 % des Gesamtdurchsatzes bei der höchsten Druckbegrenzung sein.
- (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 Minuten betrieben, damit sich das System stabilisieren kann. Während das CFV kontinuierlich weiterläuft, werden die Mittelwerte der in einem Zeitraum von mindestens 30 s erfassten Daten für jede der folgenden Messgrößen aufgezeichnet:
 - (i) mittlerer Durchsatz des Bezugsdurchsatzmessgeräts \bar{q}_{Vref}
 - (ii) optional: mittlerer Taupunkt der Kalibrierluft T_{dew} . Siehe Anhang VII 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 dieser Nummer werden wiederholt, bis Mittelwerte an mindestens zehn Begrenzerpositionen erfasst sind, so dass 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 Druckbegrenzung zu kalibrieren.
- (i) C_d und das höchste zulässige Druckverhältnis r sind gemäß Anhang VII 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 VII ermittelt wurde, eingesetzt werden.
 - (k) Die Kalibrierung ist mit Hilfe einer CVS-Überprüfung (d. h. einer Propankontrolle) gemäß Nummer 8.1.8.5 zu überprüfen.
 - (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 Abschnitt und Anhang VII zu kalibrieren. Siehe Anhang VII für Anweisungen zur Berechnung von Durchsätzen für diese Option.
 - (ii) Jedes CFV ist gemäß dieser Nummer und Anhang VII zu kalibrieren. Siehe Anhang VII für Anweisungen zur Berechnung von Durchsätzen für diese Option.

8.1.8.4.4. Kalibrierung des subsonischen Venturirohrs (SSV)

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

- (a) Das System ist anzuschließen, wie in Abbildung 6.5 dargestellt.
- (b) Das Gebläse wird hinter dem SSV eingeschaltet.

- (c) Lecks zwischen dem Durchsatzmessgerät zur Kalibrierung und dem SSV müssen kleiner als 0,3 % des Gesamtdurchsatzes bei der höchsten Druckbegrenzung sein.
- (d) Während des SSV-Betriebs muss am SSV-Eintritt eine konstante Temperatur im Bereich von $\pm 2\%$ der mittleren absoluten Eintrittstemperatur T_{in} gewahrt werden.
- (e) Der variable Begrenzer bzw. das Gebläse mit variabler Leistung wird auf einen Durchsatz oberhalb des höchsten während der Prüfung erwarteten Durchsatzes eingestellt. Durchsätze dürfen nicht über kalibrierte Werte hinaus extrapoliert werden. Es sollte daher sichergestellt werden, dass die Reynolds-Zahl Re an der SSV-Einschnürung beim höchsten kalibrierten Durchsatz größer ist als der höchste während der Prüfung erwartete Re -Wert.
- (f) Das SSV wird mindestens 3 min betrieben, damit sich das System stabilisieren kann. Während das SSV kontinuierlich weiterläuft, werden die Mittelwerte der in einem Zeitraum von mindestens 30 s erfassten Daten für jede der folgenden Messgrößen aufgezeichnet:
 - (i) mittlerer Durchsatz des Bezugsdurchsatzmessgeräts \bar{q}_{Vref}
 - (ii) optional: mittlerer Taupunkt der Kalibrierluft T_{dew} . Siehe Anhang VII 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 dieser Nummer werden wiederholt, bis Daten bei mindestens zehn Durchsatzwerten erfasst sind.
- (i) Anhand der gesammelten Daten und der Gleichungen in Anhang VII ist eine Funktionsform von C_d bezogen auf Re zu ermitteln.
- (j) Die Kalibrierung kann mit Hilfe einer CVS-Überprüfung (d. h. einer Propankontrolle) gemäß Nummer 8.1.8.5 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 VII Nummer 3 (molbasierter Ansatz) bzw. Anhang VII Abschnitt 2 (massenbasierter Ansatz) dienen zur Ermittlung des SSV-Durchsatzes während der Emissionsprüfung.

8.1.8.4.5. Ultraschallkalibrierung (reserviert)

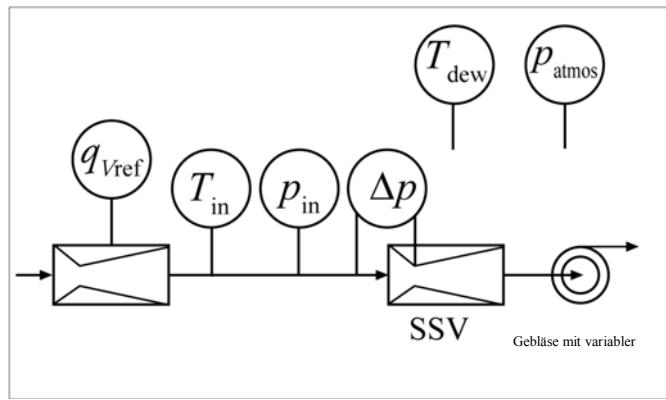
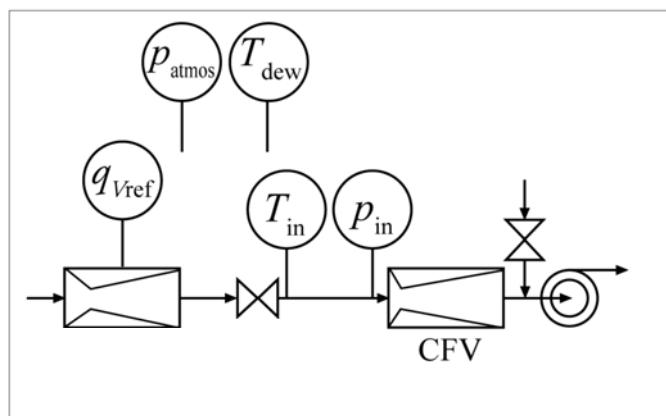
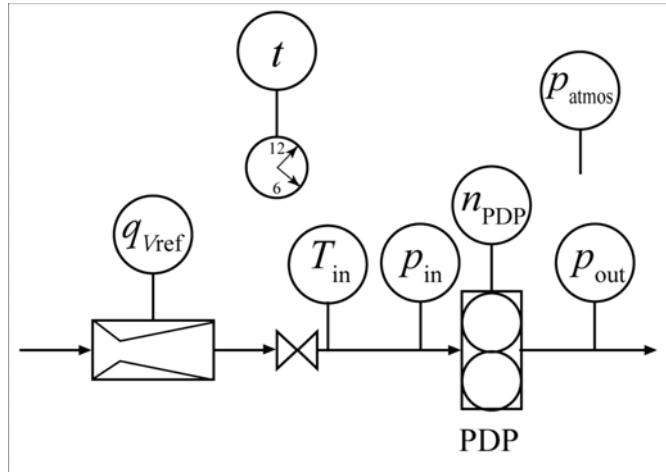
Abbildung 6.5:

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

DE

77

DE



8.1.8.5. Überprüfung von CVS und Stichprobenentnehmer (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. Mit Hilfe einer Propankontrolle wird auch der Probenentnehmer überprüft, um Abweichungen im Stichprobenahmesystem, das Proben aus einem CVS entnimmt, wie in Buchstabe f dieser Nummer 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. CO₂ 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 Nummer 8.1.8.7 durchzuführen.
 - (iii) Die angemessene Durchmischung ist gemäß Nummer 9.2.2 zu überprüfen.
 - (iv) Die Überprüfung der Verunreinigung des Probenahmesystems mit Kohlenwasserstoff erfolgt gemäß Nummer 7.3.1.2.
 - (v) Veränderung der CVS-Kalibrierung. Das CVS-Durchsatzmessgerät wird *in situ* gemäß Nummer 8.1.8.4 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 C₃H₈ als Spürgas in einem CVS genutzt. Bei Verwendung eines Bezugsdurchsatzes ist jedes andere als das ideale Gasverhalten des C₃H₈ im Bezugsdurchsatzmessgerät zu berücksichtigen. Siehe die Beschreibung der Kalibrierung und Verwendung bestimmter Durchsatzmessgeräte in Abschnitt 2 von Anhang VII (massenbasierter Ansatz) oder Abschnitt 3 des Anhangs VII (molbasierter Ansatz). In Nummer 8.1.8.5 und Anhang VII darf nicht von einem idealen Gas ausgegangen werden. Bei der Propankontrolle wird die berechnete Masse des eingeleiteten C₃H₈ 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 VII 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 $\pm 0,01$ g genau zu bestimmen. Dann wird das CVS-System 5 bis 10 Minuten wie für eine normale Prüfung zur Bestimmung der Abgasemissionen betrieben, wobei Kohlenmonoxid oder Propan in das System eingeleitet wird. 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 C₃H₈-Bezugsmasse verwendet, ist ein mit C₃H₈ gefüllter Zylinder erforderlich. Die C₃H₈-Masse des Bezugszylinders ist mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ des erwarteten C₃H₈-Verbrauchs zu bestimmen,
- (b) Für CVS und C₃H₈ sind angemessene Durchsätze zu wählen.
- (c) Im CVS ist eine Öffnung zur Einspritzung des C₃H₈ zu wählen. Die Position dieser Öffnung ist so nahe wie möglich an der Stelle, an der das Motorabgassystem in das CVS mündet, zu wählen. Der C₃H₈-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 Nummer 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 dieser Nummer durchgeführt werden. Wird diese Vorgehensweise gewählt, kann auf das Verfahren zur Prüfung der Verunreinigung mit HC gemäß Nummer 7.3.1.2 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 C₃H₈-Durchsatz erwarteten C₃H₈-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 C₃H₈-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) Wenn die HC-Überlaufkonzentration 2 µmol/mol nicht überschreitet, ist dieser Wert als $x_{HC\text{init}}$ aufzuzeichnen und zum Ausgleich der Verunreinigung mit HC, wie in Anhang VII Abschnitt 2 (massenbasierter Ansatz) bzw. Anhang VII Abschnitt 3 (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 den Anweisungen des Geräteherstellers 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 Durchsatzintegritoren sind einzuschalten
 - (vi) C₃H₈ wird in der gewählten Menge freigesetzt. Wird ein C₃H₈-Bezugsdurchsatz verwendet, ist mit der Integration dieses Durchsatzes zu beginnen.
 - (vii) C₃H₈ wird weiter freigesetzt, bis die freigesetzte Menge zumindest zur genauen Bestimmung der Menge des Bezugs-C₃H₈ und des gemessenen C₃H₈ ausreicht.
 - (viii) Der C₃H₈-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 zum in Nummer 8.1.8.5.5 Buchstabe a 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 C₃H₈-Bezugszyinders wird in der gewählten Menge freigesetzt.
 - (vi) Mit der Probenahme wird begonnen. Sobald gewährleistet ist, dass die HC-Konzentration stabil ist, können etwaige Durchsatzintegritoren eingeschaltet werden.
 - (vii) Der Inhalt der Zylinder wird weiter freigesetzt, bis die freigesetzte Menge C₃H₈ zumindest zur genauen Bestimmung der Menge des Bezugs-C₃H₈ und des gemessenen C₃H₈ ausreicht.
 - (viii) Etwaige Integratoren werden gestoppt.

(ix) Der C₃H₈-Bezugszyylinder wird abgesperrt.

8.1.8.5.6. Bewertung der Propankontrolle

Nach Abschluss des Prüfverfahrens ist folgendermaßen vorzugehen:

- (a) Wenn Stichproben entnommen wurden, sind diese so bald wie möglich zu analysieren.
- (b) Nach der HC-Analyse müssen Korrekturen für Verunreinigungen und Hintergrundkonzentrationen vorgenommen werden.
- (c) Die auf den CVS- und HC-Daten basierende C₃H₈-Gesamtmasse ist gemäß Anhang VII unter Verwendung der Molmasse von C₃H₈, $M_{C_3H_8}$ anstelle der effektiven Molmasse von HC, M_{HC} , zu berechnen.
- (d) Wird eine Bezugsmasse verwendet (gravimetrisches Verfahren), ist die Propanmasse des Zylinders auf $\pm 0,5\%$ genau zu bestimmen; die C₃H₈-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 C₃H₈-Bezugsmasse ist von der berechneten Masse abzuziehen. Bewegt sich die Differenz innerhalb von $\pm 3,0\%$ der Bezugsmasse, hat das CVS diese Prüfung bestanden.

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 den 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 Stichprobenentnehmers konfiguriert. Ist der absolute Druck an dieser Stelle zur Entnahme einer HC-Probe zu gering, kann HC am Pumpenaustritt des Stichprobenentnehmers entnommen werden. Bei der Entnahme von Proben am Pumpenaustritt ist jedoch Vorsicht geboten, da ein unter anderen Umständen tolerierbares Pumpenleck hinter dem Durchsatzmessgerät des Stichprobenentnehmers zu einem fälschlich negativen Ergebnis bei der Propankontrolle führt.
- (b) Die Propankontrolle ist wie in diesem Absatz beschrieben zu wiederholen, wobei HC aus dem Stichprobenentnehmer entnommen wird.
- (c) Die C₃H₈-Masse wird unter Berücksichtigung einer etwaigen Sekundärverdünnung durch den Stichprobenentnehmer berechnet.

- (d) Die C₃H₈-Bezugsmasse ist von der berechneten Masse abzuziehen. Bewegt sich die Differenz innerhalb von $\pm 5\%$ der Bezugsmasse, hat der Stichprobenentnehmer diese Prüfung bestanden. 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, wie gemäß Nummer 9.3.2.3.1. zulässig, zum Abscheiden von Wasser aus dem Probengas ein Probentrockner 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, so dass zu niedrige Werte gemessen werden, während es andererseits einen NDIR-Analysator stören kann, indem es ein mit CO vergleichbares Ansprechverhalten hervorruft, so dass zu hohe Werte erzielt werden.
- (c) Der Probentrockner muss die in Nummer 9.3.2.3.1 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 Prüfungsverfahren 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) N₂ 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 °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 Abschnitts unterhalb des Taupunkts gemäß der Spezifikation des Probentrockners nach Nummer 9.3.2.3.1 plus 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 Messsystem für das 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 6-20 ermittelt wird:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (6-20)$$

Dabei ist:

- | | |
|------------|---|
| q_{mp} | der Massendurchsatz der in das Teilstrom-Verdünnungssystem einströmenden Abgasprobe |
| q_{mdw} | der Massendurchsatz der Verdünnungsluft, feucht |
| q_{mdew} | der 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 $\pm 0,2\%$, wodurch für q_{mp} bei einem Verdünnungsverhältnis von 15 eine Genauigkeit von $\leq 5\%$

gewährleistet wird. Allerdings treten bei höheren Verdünnungsverhältnissen größere Fehler auf.

- (b) Die Kalibrierung von q_{mdw} gegenüber q_{mdew} wird so ausgeführt, dass für q_{mp} dieselben Genauigkeiten wie im voranstehenden Absatz a erzielt werden. Nähere Ausführungen dazu enthält Nummer 8.1.8.6.2.
- (c) Die Genauigkeit von q_{mp} wird mittelbar aus der mit einem Spürgas, z. B. CO₂, ermittelten Genauigkeit des Verdünnungsverhältnisses abgeleitet. Auch hier werden für q_{mp} die gleichen Genauigkeiten wie unter Buchstabe a gefordert.
- (d) Die absolute Genauigkeit von q_{mdew} und q_{mdw} beträgt $\pm 2\%$ des Skalenendwerts, der Höchstfehler der Differenz zwischen q_{mdew} und q_{mdw} $0,2\%$, und der Linearitätsfehler $\pm 0,2\%$ des höchsten während der Prüfung beobachteten Wertes von 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 Durchsatzmessgerät kalibriert werden. Der Durchsatzmesser bzw. die Durchsatzmesseinrichtungen müssen mit einem der folgenden Verfahren kalibriert werden, damit der Probefluss q_{mp} in den Tunnel die Genauigkeitsanforderungen von Nummer 8.1.8.6.1 erfüllt.

- (a) Der Durchsatzmesser für q_{mdw} ist mit dem Durchsatzmesser für q_{mdew} in Reihe zu schalten und die Differenz zwischen den beiden Durchsatzmessern ist für mindestens fünf Einstellwerte zu kalibrieren, wobei die Durchsatzwerte gleichmäßig auf den Abstand zwischen dem tiefsten bei der Prüfung verwendeten Wert für q_{mdw} und dem bei der Prüfung verwendeten Wert für q_{mdew} verteilt sind. Der Verdünnungstunnel kann umgangen werden.
- (b) An den Durchsatzmesser für q_{mdew} ist ein kalibriertes Durchsatzmessgerät anzuschließen, und die Genauigkeit für den bei der Prüfung verwendeten Wert ist zu überprüfen. Anschließend ist das kalibrierte Massendurchsatzmessgerät in Reihe an den Durchsatzmesser 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 6.7) wird vom Abgassystem getrennt und an kalibriertes Messgerät mit einem zur Messung von q_{mp} geeigneten Messbereich an das Übertragungsrohr angeschlossen. Danach ist q_{mdew} auf den bei der Prüfung verwendeten Wert und q_{mdw} nacheinander auf mindestens fünf Werte einzustellen, die den 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 CO₂ 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 6-21 zu ermitteln.

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (6-21)$$

Die Genauigkeiten der Gasanalysegeräte sind zu berücksichtigen, um die Genauigkeit von q_{mp} sicherzustellen.

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 Vollastdrehmoment und -drehzahl oder in einer anderen stabilen Betriebsart gefahren, die mindestens 5 % CO₂ produziert. Das Teilstrom-Probenahmesystem wird mit einem Verdünnungsfaktor von etwa 15 zu 1 betrieben.

Bei Kohlenstoffdurchsatzprüfungen ist das in Anhang VII Anlage 2 angegebene Verfahren anzuwenden. Die Kohlenstoffdurchsätze werden nach den Gleichungen von Anhang VII Anlage 2 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 Durchsatzmesser ist mit derselben Methode zu prüfen wie für die Kalibrierung (siehe Nummer 8.1.8.6.2), und zwar an wenigstens zwei Stellen, einschließlich der Durchsatzwerte von q_{mdw} , die den Verdünnungsverhältnissen zwischen 5 und 15 für den bei der Prüfung verwendeten Wert q_{mdew} entsprechen.

Lässt sich anhand der Aufzeichnungen des Kalibrierungsverfahrens nach Nummer 8.1.8.6.2 nachweisen, dass die Kalibrierung des Durchsatzmessers über längere Zeiträume stabil ist, kann auf die Vorprüfung verzichtet werden.

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 gemäß der Definition in Anlage 5 Nummer 2.4 dieses Anhangs und in Abbildung 6-11 ist nach folgendem Verfahren zu bestimmen:

Ein unabhängiger Bezugsdurchsatzmesser mit einem für den Probenstrom geeigneten Messbereich wird in Reihe zur Sonde angebracht und mit ihr eng gekoppelt. Das Durchsatzmessgerät muss eine Wandlungszeit von weniger als 100 ms für die Durchsatzstufe aufweisen, die bei der Messung der Ansprechzeit verwendet wird, wobei die Durchflussdruckbegrenzung nach bestem fachlichen Ermessen so niedrig gewählt sein muss, dass die dynamische Leistung des Teilstrom-Verdünnungssystems nicht beeinträchtigt wird. Der in das Teilstrom-Verdünnungssystem einströmende Abgasstrom (bzw. Luftstrom, wenn der Abgasstrom berechnet wird) wird schrittweise verändert, und zwar von einem geringen Durchfluss bis auf mindestens 90 % des Skalenendwertes. Als Auslöser für den Veränderungsschritt ist derselbe zu verwenden, der das Einschalten der vorausschauenden Steuerung bei der eigentlichen Prüfung verwendet wird. Das Auslösesignal des Abgasverdünnungsschritts und das Ansprechen des Durchflussmessers sind mit einer Abtastrate von mindestens 10 Hz aufzuzeichnen.

Anhand dieser Daten ist die Umwandlungszeit für das Teilstrom-Verdünnungssystem zu bestimmen, d.h. die Zeit vom Beginn des Eingangssignals des Verdünnungsschritts bis zu dem Punkt, an dem der Durchsatzmesser zu 50 % anspricht. 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 Abgasdurchsatzmessgerät ermittelter Massendurchsatz des Abgases, feucht) bestimmt. Diese Signale werden bei den nach jeder Prüfung durchgeführten Regressionsprüfungen verwendet (siehe Nummer 8.2.1.2).

Die Berechnung ist für mindestens fünf ansteigende und abfallende Auslöseschritte zu wiederholen, und aus den Ergebnissen ist der Durchschnitt zu mitteln. Die interne Transformationszeit (<100 ms) des Bezugsdurchsatzmessers ist von diesem Wert zu subtrahieren. Falls eine vorausschauende Steuerung erforderlich ist, ist der vorausschauende Wert des Teilstromverdünnungssystems gemäß Absatz 8.2.1.2 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 mit Hilfe einer der in diesem Abschnitt 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 Umgehungs durchsätze können näherungsweise aus den normalen Durchsätzen des Systems beim Gebrauch geschätzt werden.

8.1.8.7.4. Leckprüfung durch Messung der Verdünnung des Justergases

Für diese Prüfung kann ein beliebiger Gasanalysator verwendet werden. Wird für diese Prüfung ein FID benutzt, ist eine etwaige Verunreinigung des Probenahmesystems mit HC gemäß Anhang VII Abschnitt 2 oder 3 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 Justergaskonzentration 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 Justergaskonzentration 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 einer Sonde und ihrer Übertragungsleitung geschalteten 3-Wege-Ventil
- (d) Es ist sicherzustellen, dass sich die gemessene Konzentration des überlaufenden Justergases innerhalb von $\pm 0,5\%$ der Justergaskonzentration bewegt. Wird ein unerwartet niedriger Wert gemessen, weist dies auf ein Leck hin, während ein unerwartet hoher Wert durch ein Problem mit dem Justiergas oder dem Analysator selbst verursacht werden kann. Ein unerwartet hoher Messwert deutet nicht auf ein Leck hin.

8.1.8.7.5. Leckprüfung durch Messung der Abnahme des Unterdrucks

Zur Durchführung dieser Prüfung wird im unterdruckseitigen Volumen des Probenahmesystems ein Unterdruck erzeugt und die Leckrate des Systems wird als Abnahme des erzeugten Unterdrucks beobachtet. Für diese Prüfung muss das unterdruckseitige Volumen des Probenahmesystems auf $\pm 10\%$ des tatsächlichen Volumens bekannt sein. Auch die für diese Prüfung eingesetzten Messgeräte müssen die Spezifikationen gemäß den Nummern 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 des 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 6-22 wird überprüft, dass der Leckdurchsatz bei der Abnahme des Unterdrucks weniger als 0,5 % des tatsächlichen Durchsatzes des Systems beim Gebrauch entspricht:

$$q_{V\text{leak}} = \frac{V_{\text{vac}}}{R} \frac{\left(\frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right)}{(t_2 - t_1)} \quad (6-22)$$

Dabei ist:

$q_{V\text{leak}}$	die Leckrate bei der Abnahme des Unterdrucks, mol/s
V_{vac}	das geometrische Volumen der Unterdruckseite des Probenahmesystems, m ³
R	die molare Gaskonstante, J/(mol·K)
p_2	der unterdruckseitige absolute Druck zum Zeitpunkt t_2 , Pa
T_2	die unterdruckseitige absolute Temperatur zum Zeitpunkt t_2 , K
p_1	der unterdruckseitige absolute Druck zum Zeitpunkt t_1 , Pa
T_1	die unterdruckseitige absolute Temperatur zum Zeitpunkt t_1 , K
t_2	die Zeit beim Abschluss der Leckprüfung durch Messung der Abnahme des Unterdrucks, s
t_1	die Zeit beim Beginn der Leckprüfung durch Messung der Abnahme des Unterdrucks, s

8.1.9. CO- und CO₂-Messungen

8.1.9.1. Überprüfung der H₂O-Querempfindlichkeit von CO₂-NDIR-Analysatoren

8.1.9.1.1. Umfang und Häufigkeit

Wird CO₂ mithilfe eines NDIR-Analysators gemessen, muss die H₂O-Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

8.1.9.1.2. Messgrundsätze

H₂O kann das Ansprechverhalten eines NDIR-Analysators auf CO₂ 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 H₂O-Querempfindlichkeit eines CO₂-NDIR-Analysators muss im Bereich von (0,0 ± 0,4) mmol/mol (der erwarteten mittleren CO₂-Konzentration) liegen.

8.1.9.1.4. Verfahren

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

- (a) Der CO₂-NDIR-Analysator ist wie bei einer Emissionsprüfung einzuschalten, zu betreiben, zu nullen und zu justieren.
- (b) Ein befeuchtetes Prüfgas wird erzeugt, indem Nullluft, die den Spezifikationen gemäß Nummer 9.5.1 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 H₂O-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 H₂O-Pegel erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der gemäß Nummer 9.3.2.3.1 ermittelte Wert.
- (c) Die Temperatur des befeuchteten Prüfgases muss nach dem Gefäß bei mindestens 5 °K oberhalb des Taupunkts gehalten werden.
- (d) Das befeuchtete Prüfgas wird in das Probenahmesystem eingeleitet. Das befeuchtete Prüfgas kann hinter dem Probentrockner eingeleitet werden, sofern ein solcher bei der Prüfung verwendet wird.
- (e) Die Wassermolfraktion $x_{\text{H}_2\text{O}}$ des befeuchteten Prüfgases wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise sind zur Berechnung von $x_{\text{H}_2\text{O}}$ 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_{H_2O} 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 lang Daten aufgezeichnet. Das arithmetische Mittel dieser Daten ist zu berechnen. Der Analysator hat der Überprüfung der Querempfindlichkeit standgehalten, wenn der Messwert im Bereich von $(0,0 \pm 0,4)$ mmol/mol liegt.

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

8.1.9.2.1. Umfang und Häufigkeit

Wird CO mithilfe eines NDIR-Analysators gemessen, muss die H_2O - und 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, so dass 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 $\pm 2\%$ 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 einzuschalten, 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 H₂O-Pegel erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der gemäß Nummer 9.3.2.3.1.1 ermittelte Wert. Die Konzentration des CO₂-Justiergases muss mindestens so hoch sein wie der während der Prüfung erwartete Höchstwert.

- (c) Das befeuchtete CO₂-Prüfgas wird in das Probenahmesystem eingeleitet. Das befeuchtete CO₂-Prüfgas kann hinter dem Probentrockner eingeleitet werden, sofern ein solcher bei der Prüfung verwendet wird.
- (d) Die Wassermolfraktion $x_{\text{H}_2\text{O}}$ des befeuchteten Prüfgases wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise sind zur Berechnung von $x_{\text{H}_2\text{O}}$ 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 $x_{\text{H}_2\text{O}}$ gemessen wird, und dem Analysator ist nach bestem fachlichen Ermessen zu vermeiden.
- (f) Der Stabilisierung des Ansprechens der Analysatoren muss hinreichend Zeit gelassen werden.
- (g) Während der Analysator die Probenkonzentration misst, werden mindestens 30 s lang Daten aufgezeichnet. Das arithmetische Mittel dieser Daten ist zu berechnen.
- (h) Der Analysator arbeitet vorschriftsmäßig, wenn das Ergebnis der Messung nach Buchstabe g dieses Abschnitts der Toleranz gemäß Absatz 8.1.9.2.3 entspricht.
- (i) Querempfindlichkeitsprüfungen für CO₂ und H₂O können auch getrennt durchgeführt werden. Falls die verwendeten CO₂ und H₂O-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 zu dem bei dieser Prüfung verwendeten tatsächlichen Wert. Separate Querempfindlichkeitsprüfungen mit H₂O-Konzentrationen, die geringer sind als die bei der Prüfung erwarteten Höchstwerte (bis zu 0,025 mol/mol H₂O-Gehalt) dürfen verwendet werden, die beobachtete H₂O-Querempfindlichkeit ist jedoch hochzurechnen, und zwar durch Multiplikation des beobachteten Werts mit dem Verhältnis zwischen dem erwarteten Höchstwert der H₂O-Konzentration zu dem bei dieser Prüfung verwendeten tatsächlichen Wert. Die Summe der beiden angepassten Querempfindlichkeitswerte muss der in Nummer 8.1.9.2.3 festgelegten Toleranz entsprechen.

8.1.10. Messung von Kohlenwasserstoffen

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 Nummer 8.1.10.1.4. 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 Nummer 9.5.1 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 mit Hilfe von FID-Brennstoff und Nullluft ist unter Beachtung der Anforderungen des Geräteherstellers 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 Nummer 8.1.10.1.1 Buchstabe a und Nummer 8.1.10.2 im gängigsten während der Emissionsprüfung erwarteten Analysatorbereich erfüllt werden. Auf Empfehlung des Geräteherstellers 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 Gerätehersteller 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. Bei einer Einstellung des Kraftstoff- und Luftdurchsatzes, die den Empfehlungen des Herstellers entspricht, ist ein Justiergas in den Analysator einzuleiten.

- (c) Die Optimierung wird anhand der nachstehenden Schritte i bis iv oder des vom Gerätehersteller 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 Kraftstoffdurchsatz ist anhand der Differenz zwischen dem Justiergas-Ansprechen und dem Nullgas-Ansprechen zu ermitteln.
 - (ii) Der Kraftstoffdurchsatz ist inkrementell ober- und unterhalb der Herstellerangabe einzustellen. Das Ansprechverhalten des Justier- und des Nullgases bei diesen Kraftstoffdurchsätzen 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 Ansprechfaktoren bei Kohlenwasserstoffen und den Ergebnissen der Prüfung auf Sauerstoffquerempfindlichkeit nach Nummer 8.1.10.1.1 Buchstabe a und Nummer 8.1.10.2 weiter zu optimieren ist.
 - (iv) Entsprechen die Ansprechfaktoren oder die Sauerstoffquerempfindlichkeit nicht den nachstehenden Vorschriften, so ist der Luftdurchsatz inkrementell ober- und unterhalb der Herstellerangabe zu verstetzen, und die Arbeitsgänge nach Nummer 8.1.10.1.1 Buchstabe a und Nummer 8.1.10.2 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-CH₄-Ansprechfaktors

Da FID-Analysatoren generell unterschiedlich auf CH₄ im Vergleich zu C₃H₈ ansprechen, wird nach der FID-Optimierung der CH₄-Ansprechfaktor $RF_{CH_4[THC-FID]}$ jedes HC-FID-Analysators bestimmt. Der zuletzt gemessene Wert $RF_{CH_4[THC-FID]}$ gemäß diesem Abschnitt wird für die Berechnungen zur HC-Ermittlung nach Anhang VII Abschnitt 2 (massenbasierter Ansatz) oder Anhang VII Abschnitt 3 (molbasierter Ansatz) zum Ausgleich des CH₄-Ansprechverhaltens herangezogen. $RF_{CH_4[THC-FID]}$ wird wie folgt ermittelt:

- (a) Zur Justierung des Analysators vor der Emissionsprüfung wird eine Konzentration von C₃H₈-Justiergas gewählt. Nur Justergase, die Nummer 9.5.1 entsprechen, können verwendet werden, und die C₃H₈-Konzentration des Gases ist aufzuzeichnen.
- (b) Es ist ein CH₄-Justiergas auszuwählen, das Nummer 9.5.1 entspricht, und die CH₄-Konzentration des Gases ist aufzuzeichnen.

- (c) Der FID-Analysator ist gemäß Herstelleranweisungen zu betreiben.
- (d) Es muss bestätigt werden, dass der FID-Analysator mit C₃H₈ kalibriert wurde. Die Kalibrierung muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins (C₁) erfolgen.
- (e) Der FID ist mit einem für die Emissionsprüfung verwendeten Nullgas zu nullen.
- (f) Der FID ist mit dem ausgewählten C₃H₈-Justiergas zu justieren.
- (g) Das nach Buchstabe b ausgewählte CH₄-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 CH₄-Konzentration misst, werden 30 s lang Daten aufgezeichnet und das arithmetische Mittel dieser Werte berechnet.
- (j) Die mittlere gemessene Konzentration wird durch die aufgezeichnete Justierkonzentration des CH₄-Kalibriergases dividiert. Das Ergebnis ist der Wert CH₄, $RF_{CH_4[THC-FID]}$, der Ansprechfaktor des FID-Analysators für CH₄.

8.1.10.1.5. Überprüfung des HC-FID-Ansprechverhaltens auf Methan (CH₄)

Liegt der gemäß Nummer 8.1.10.1.4 ermittelte Wert $RF_{CH_4[THC-FID]}$ 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 Nummer 8.1.10.1.3 erfassten Werte liegen. Müssen diese Durchsätze angepasst werden, ist ein neuer $RF_{CH_4[THC-FID]}$ gemäß Nummer 8.1.10.1.4 zu ermitteln. Es ist sicherzustellen, dass der ermittelte Wert $RF_{CH_4[THC-FID]}$ der in dieser Nummer festgelegten Toleranz entspricht.
- (b) Entspricht $RF_{CH_4[THC-FID]}$ nicht der in dieser Nummer festgelegten Toleranz, muss das FID-Ansprechverhalten neuerlich gemäß Absatz 8.1.10.1.3 optimiert werden.
- (c) Es ist ein neuer $RF_{CH_4[THC-FID]}$ gemäß Absatz 8.1.10.1.4 zu ermitteln. Dieser neue Wert $RF_{CH_4[THC-FID]}$ wird für die Berechnungen zur HC-Ermittlung nach Anhang VII Abschnitt 2 (massenbasierter Ansatz) oder Anhang VII Abschnitt 3 (molbasierter Ansatz) herangezogen.

8.1.10.2. Nicht-stöchiometrische Überprüfung der Rohabgas-FID-O₂-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-O₂-Querempfindlichkeit überprüft werden.

8.1.10.2.2. Messgrundsätze

Unterschiede in der O₂-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-O₂-Querempfindlichkeiten zu überprüfen.

8.1.10.2.3. Systemanforderungen

Jeder für die Emissionsprüfung verwendete FID-Analysator muss der Überprüfung der FID-O₂-Querempfindlichkeit anhand des in diesem Abschnitt beschriebenen Verfahrens standhalten.

8.1.10.2.4. Verfahren

Die FID-O₂-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 Nummer 9.5.1 erfüllen und die die zur Justierung der Analysatoren vor der Emissionsprüfung verwendete C₃H₈-Konzentration aufweisen. Für FID, die mit CH₄ ohne Nichtmethan-Cutter kalibriert wurden, sind CH₄-Justierbezugsgase auszuwählen. Die drei Ausgleichsgaskonzentrationen sind so zu wählen, dass die O₂- und N₂-Konzentrationen dem bei der Prüfung erwarteten O₂-Mindest-, Höchst- und Zwischenwert entsprechen. Die Anforderung, dass die durchschnittliche O₂-Konzentration zu verwenden ist, muss nicht erfüllt werden, wenn der FID mit Justergas kalibriert wird, das die durchschnittlich erwartete Sauerstoffkonzentration aufweist.
- (b) Es muss bestätigt werden, dass der FID-Analysator alle Spezifikationen gemäß Nummer 8.1.10.1 erfüllt.
- (c) Der FID-Analysator ist wie bei einer Emissionsprüfung einzuschalten 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 Justergases zu justieren.

- (f) Das Nullgasansprechen ist mit Hilfe des während der Emissionsprüfung verwendeten Nullgases zu überprüfen. Mit dem nächsten Schritt kann fortgefahren werden, wenn das mittlere Nullgasansprechen von in einem Zeitraum von 30 s erfassten Daten innerhalb von $\pm 0,5\%$ des laut Buchstabe e dieser Nummer 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 O₂ aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Probendaten ist als $x_{O2minHC}$ zu erfassen.
- (h) Das Nullgasansprechen des FID-Analysators ist mit Hilfe 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 $\pm 0,5\%$ 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 Durchschnittskonzentration an O₂ aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Probendaten ist als $x_{O2avgHC}$ zu erfassen.
- (j) Das Nullgasansprechen des FID-Analysators ist mit Hilfe 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 $\pm 0,5\%$ 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 maximale Konzentration an O₂ aufweist. Das mittlere Ansprechverhalten von 30 s an stabilisierten Probendaten ist als $x_{O2maxHC}$ zu erfassen.
- (l) Das Nullgasansprechen des FID-Analysators ist mit Hilfe des bei der Emissionsprüfung verwendeten Nullgases zu überprüfen. Mit dem nächsten Schritt kann fortgefahren werden, wenn das mittlere Nullgasansprechen der stabilisierten Probendaten aus einem Zeitraum von 30 s innerhalb von $\pm 0,5\%$ des laut Buchstabe e dieses Absatzes angewendeten Justierbezugswerts liegt, andernfalls muss das Verfahren ab Buchstabe d dieser Nummer 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 $x_{O_2\min HC}$ und seiner Bezugsgaskonzentration ist zu berechnen. Die maximale prozentuale Differenz zwischen den drei Werten ist zu berechnen. Beim Ergebnis handelt es sich um die O₂-Querempfindlichkeit.

- (n) Liegt die O₂-Querempfindlichkeit im Bereich von $\pm 3\%$, hat der FID der Überprüfung der O₂-Querempfindlichkeit standgehalten, andernfalls muss der Mangel mit Hilfe 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 Justergase mit einer höheren oder niedrigeren O₂-Konzentration gewählt, und die Überprüfung wird wiederholt.
 - (iii) Die FID-Brennerluft, der FID-Brennstoff und der Probendurchsatz werden geändert. Werden diese Durchsätze bei einem THC-FID verändert, damit dieser der Überprüfung der O₂-Querempfindlichkeit standhält, muss der Wert RF_{CH_4} für die nächste RF_{CH_4} -Überprüfung zurückgesetzt werden. Nach Änderung der Durchsätze wird die Überprüfung der O₂-Querempfindlichkeit wiederholt und der Wert RF_{CH_4} wird ermittelt.
 - (iv) Der FID wird repariert oder ausgetauscht und die Überprüfung der O₂-Querempfindlichkeit wird wiederholt.

8.1.10.3. Durchlassanteil des Nichtmethan-Cutters (reserviert)

8.1.11. NO_x-Messungen

8.1.11.1. Überprüfung der CLD-CO₂- und H₂O-Querempfindlichkeit

8.1.11.1.1. Umfang und Häufigkeit

Wird ein CLD-Analysator zur Messung von NO_x eingesetzt, müssen die H₂O- und die CO₂-Querempfindlichkeit nach der Installation des CLD-Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

8.1.11.1.2. Messgrundsätze

H₂O und CO₂ können das NO_x-Ansprechverhalten eines CLD durch Stoßlöschung, bei der die vom CLD zur Erfassung von NO_x genutzte Chemilumineszenzreaktion gehemmt wird, stören, so dass zu niedrige Werte angezeigt werden. Dieses Verfahren und die Berechnungen nach Nummer 8.1.11.2.3 dienen zur Ermittlung der Querempfindlichkeit und zur Skalierung der Ergebnisse auf die maximale H₂O-Molfraktion und die während der Emissionsprüfung erwartete maximale CO₂-Konzentration. Wenn der CLD-Analysator Algorithmen zur Kompensierung der Querempfindlichkeit verwendet, die H₂O- und/oder CO₂-Messgeräte einsetzen, müssen diese zur Ermittlung der

Querempfindlichkeit eingeschaltet sein und die Kompensierungsalgorithmen müssen dabei angewendet werden.

8.1.11.1.3. Systemanforderungen

Bei der Messung verdünnter Abgase darf ein CLD-Analysator die kombinierte H₂O- und CO₂-Querempfindlichkeit von $\pm 2\%$ nicht überschreiten. Bei der Messung von Rohabgas darf ein CLD-Analysator die kombinierte H₂O- und CO₂-Querempfindlichkeit von $\pm 2,5\%$ nicht überschreiten. Bei der kombinierten Querempfindlichkeit handelt es sich um die Summe aus der gemäß Nummer 8.1.11.1.4 ermittelten CO₂-Querempfindlichkeit und der gemäß Nummer 8.1.11.1.5 ermittelten H₂O-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 CO₂-Querempfindlichkeit

Zur Ermittlung der CO₂-Querempfindlichkeit mit einem den Spezifikationen gemäß Absatz 9.4.5.6 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 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 Nummer 9.5.1 entsprechendes CO₂-Justiergas ist in einer Konzentration zu verwenden, die in etwa dem Doppelten der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen CO₂-Konzentration entspricht.
- (e) Ein den Spezifikationen gemäß Nummer 9.5.1 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 Geräteherstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete NO-Konzentration geringer ist als der vom Gerätehersteller 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 dieser Nummer 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 dieser Nummer 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 CO₂-Justiergas wird mit dem Justieranschluss des Gasteilers verbunden.
- (h) Das NO-Justiergas ist mit dem Verdünnungsanschluss des Gasteilers zu verbinden.
- (i) Während NO und CO₂ durch den Gasteiler geleitet werden, ist das vom Gasteiler erzeugte Gemisch zu stabilisieren. Die CO₂-Konzentration des Gasteiler-Gemischs wird ermittelt; dabei sind, um eine präzise Gasteilung zu gewährleisten, die Gaseigenschaften bei Bedarf zu korrigieren. Die ermittelte Konzentration x_{CO_2act} wird aufgezeichnet und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Nummer 8.1.11.2.3 herangezogen. Anstelle eines Gasteilers kann auch eine andere einfache Gasmischvorrichtung verwendet werden. In diesem Fall ist mit dem Analysator die CO₂-Konzentration zu bestimmen. Wird ein NDIR-Analysator zusammen mit einer einfachen Gasmischvorrichtung benutzt, muss er den Anforderungen des vorliegenden Abschnitts entsprechen und mit dem in Buchstabe d dieser Nummer genannten CO₂-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 CO₂-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. Teile der Stabilisierungszeit können das Durchspülen der Übertragungsleitung und das Ansprechen des Analysators berücksichtigen. Während der Analysator die Probenkonzentration misst, werden 30 s an erfassten Daten aufgezeichnet. Aus diesen Daten wird das arithmetische Mittel der Konzentration x_{NOmeas} berechnet. Der Wert x_{NOmeas} wird aufgezeichnet und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Nummer 8.1.11.2.3 herangezogen.
- (k) Die tatsächliche NO-Konzentration x_{NOact} wird am Austritt des Gasteilers auf der Grundlage der Justergaskonzentrationen und des Werts x_{CO_2act} anhand der Gleichung 6-24 berechnet. Der ermittelte Wert wird für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit anhand der Gleichung 6-23 herangezogen.
- (l) Die nach den Nummern 8.1.11.1.4 und 8.1.11.1.5 aufgezeichneten Werte dienen zur Berechnung der Querempfindlichkeit gemäß Nummer 8.1.11.2.3.

8.1.11.1.5. Verfahren zur Überprüfung der H₂O-Querempfindlichkeit

Zur Ermittlung der H₂O-Querempfindlichkeit kann das nachstehend beschriebene Verfahren oder die vom Gerätehersteller vorgeschriebene Methode verwendet werden; stattdessen kann nach bestem fachlichen Ermessen 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 Nummer 9.5.1 entsprechendes NO-Justiergas ist in einer Konzentration zu verwenden, die in etwa der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen Konzentration entspricht. Auf Empfehlung des Geräteherstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete NO-Konzentration geringer ist als der vom Gerätehersteller angeführte Mindestbereich für die Überprüfung.
- (d) Der CLD-Analysator ist zu nullen und zu justieren. Der CLD-Analysator wird mit dem in Buchstabe c dieser Nummer genannten NO-Justiergas justiert; die Justiergaskonzentration ist als $x_{NO_{dry}}$ aufzuzeichnen und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit nach Nummer 8.1.11.2.3 zu verwenden.
- (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 ein H₂O-Pegel erzeugt wird, der in etwa der während der Emissionsprüfung erwarteten maximalen H₂O-Molfraktion entspricht. Wird die befeuchtete NO-Justiergasprobe nicht durch einen Probentrockner geleitet, wird die gemessene H₂O-Querempfindlichkeit im Zuge der Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Nummer 8.1.11.2.3 auf die maximale während der Emissionsprüfung erwartete H₂O-Molfraktion skaliert. Wird die befeuchtete NO-Justiergasprobe für diese Überprüfung durch einen Trockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H₂O-Pegel erzeugt wird, der mindestens so hoch ist wie der gemäß Nummer 9.3.2.3.1 ermittelte Wert. In diesem Fall wird die gemessene H₂O-Querempfindlichkeit im Zuge der Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Nummer 8.1.11.2.3 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 Nummer 8.1.8.5.8 standhalten;

- (g) Die H₂O-Molfraktion im befeuchteten NO-Justiergas wird gemessen. Falls ein Probentrockner verwendet wird, wird die H₂O-Molfraktion $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ im befeuchteten NO-Justiergas hinter dem Probentrockner gemessen. Es wird empfohlen, $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ so nah wie möglich am Eintritt des CLD-Analysators zu messen. $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ kann aus Messungen des Taupunkts T_{dew} und des absoluten Drucks p_{total} errechnet werden.
- (h) Kondensatbildung in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken oder Ventilen zwischen dem Punkt, an dem $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ gemessen wird, und dem Analysator ist nach bestem fachlichen Ermessen zu vermeiden. Das System sollte so konzipiert sein, dass die Wandtemperaturen in den Übertragungsleitungen, Verbindungsstücken und Ventilen zwischen dem Punkt, an dem $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ gemessen wird, und dem Analysator mindestens 5 K über dem lokalen Taupunkt des Probengases liegen.
- (i) Die Konzentration des befeuchteten NO-Justergases wird mit dem CLD-Analysator gemessen. Der Stabilisierung des Ansprechens der Analysatoren muss hinreichend Zeit gelassen werden. Teile der Stabilisierungszeit können das Durchspülen der Übertragungsleitung und das Ansprechen des Analysators berücksichtigen. Während der Analysator die Probenkonzentration misst, werden 30 s lang Daten aufgezeichnet. Aus diesen Daten wird das arithmetische Mittel x_{NOwet} berechnet. Der Wert x_{NOwet} wird aufgezeichnet und für die Berechnungen zur Überprüfung der Querempfindlichkeit gemäß Nummer 8.1.11.2.3 herangezogen.

8.1.11.2. Berechnungen zur Überprüfung der CLD-Querempfindlichkeit

Die Berechnungen zur Überprüfung der CLD-Querempfindlichkeit sind wie in dieser Nummer beschrieben durchzuführen.

8.1.11.2.1. Während der Emissionsprüfung erwartete Wassermenge

Die während der Emissionsprüfung erwartete maximale Wassermolfraktion $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ wird geschätzt. Diese Schätzung ist dort vorzunehmen, wo die Einleitung des befeuchteten NO-Justergases gemäß Nummer 8.1.11.1.5 Buchstabe f erfolgt ist. Bei der Schätzung der maximalen erwarteten Wassermolfraktion ist gegebenenfalls der maximale erwartete Wassergehalt in Verbrennungsluft, Kraftstoffverbrennungsprodukten und Verdünnungsluft zu berücksichtigen. Wird das befeuchtete NO-Justiergas bei der Überprüfung vor einem Probentrockner in das Probenahmesystem eingeleitet, muss die maximale erwartete Wassermolfraktion nicht geschätzt werden und $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ wird gleich $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ gesetzt.

8.1.11.2.2. Während der Emissionsprüfung erwartete CO₂-Menge

Die während der Emissionsprüfung erwartete maximale CO₂-Konzentration x_{CO2exp} wird geschätzt. Diese Schätzung ist dort vorzunehmen, wo gemäß Nummer 8.1.11.1.4 Buchstabe j das vermischte NO- und CO₂-Justiergas ins Probenahmesystem eingeleitet wird. Bei der Schätzung der maximalen erwarteten CO₂-Konzentration ist der maximale erwartete CO₂-Gehalt in Kraftstoffverbrennungsprodukten und Verdünnungsluft zu berücksichtigen.

8.1.11.2.3. Berechnung der kombinierten H₂O- und CO₂-Querempfindlichkeit

Die kombinierte H₂O- und CO₂-Querempfindlichkeit ist anhand der Gleichung 6-23 zu berechnen:

$$quench = \left[\left(\frac{\frac{x_{\text{NOwet}}}{1 - x_{\text{H2Omeas}}} - 1}{x_{\text{NODry}}} \right) \cdot \frac{x_{\text{H2Oexp}}}{x_{\text{H2Omeas}}} + \left(\frac{x_{\text{NOmeas}}}{x_{\text{NOact}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{CO2exp}}}{x_{\text{CO2act}}} \right] \cdot 100\% \quad (6-23)$$

Dabei ist:

$quench$ der Wert der CLD-Querempfindlichkeit

x_{NODry} die gemessene NO-Konzentration oberhalb einer Waschflasche gemäß Nummer 8.1.11.1.5 Buchstabe d

x_{NOwet} die gemessene NO-Konzentration unterhalb einer Waschflasche gemäß Nummer 8.1.11.1.5 Buchstabe i

x_{H2Oexp} die maximale erwartete Wassermolfraktion während der Emissionsprüfung gemäß Nummer 8.1.11.2.1

x_{H2Omeas} die gemessene Wassermolfraktion während der Querempfindlichkeitsüberprüfung gemäß Nummer 8.1.11.1.5 Buchstabe g

x_{NOmeas} die gemessene NO-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO₂-Justiergas gemäß Nummer 8.1.11.1.4 Buchstabe j

x_{NOact} die tatsächliche NO-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO₂-Justiergas gemäß Nummer 8.1.11.1.4 Buchstabe k, berechnet mithilfe von Gleichung 6-24

x_{CO2exp} die maximale erwartete CO₂-Konzentration während der Emissionsprüfung gemäß Nummer 8.1.11.2.2

x_{CO2act} die tatsächliche CO₂-Konzentration bei der Mischung von NO-Justiergas mit CO₂-Justiergas gemäß Nummer 8.1.11.1.4 Buchstabe i

$$x_{\text{NOact}} = \left(1 - \frac{x_{\text{CO2act}}}{x_{\text{CO2span}}} \right) \cdot x_{\text{NOspan}} \quad (6-24)$$

Dabei ist:

x_{NOspan} die Konzentration des in den Gasteiler geleiteten NO-Justiergases gemäß Nummer 8.1.11.1.4 Buchstabe e

x_{CO2span} die Konzentration des in den Gasteiler geleiteten CO₂-Justiergases gemäß Nummer 8.1.11.1.4 Buchstabe d

8.1.11.3. Überprüfung der HC- und H₂O-Querempfindlichkeit des NDUV-Analysators

8.1.11.3.1. Umfang und Häufigkeit

Wird NO_x mithilfe eines NDUV-Analysators gemessen, muss die H₂O- und Kohlenwasserstoff-Querempfindlichkeit nach der Erstinstallation des Analysators und nach umfangreichen Wartungstätigkeiten überprüft werden.

8.1.11.3.2. Messgrundsätze

Kohlenwasserstoffe und H₂O können den Betrieb eines NDUV-Analysators stören, indem sie ähnliche Antworten erzeugen wie NO_x. Wenn der NDUV-Analysator für die Störungsfeststellung 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 H₂O- und Kohlenwasserstoff-Querempfindlichkeit eines NO_x-NDUV-Analysators muss im Bereich von ± 2 % der erwarteten 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 Geräteherstellers einzuschalten, zu betreiben, zu nullen 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 Nummer 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. Teile der Stabilisierungszeit können das Durchspülen der Übertragungsleitung und das Ansprechen des Analysators berücksichtigen.
- (e) Während alle Analysatoren die Konzentration der Probe messen, werden 30 s lang 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 dieser Nummer standgehalten, wenn das Ergebnis im Bereich von $\pm 2\%$ der beim Standardwert gemäß Gleichung 6-25 erwarteten NO_x-Konzentration liegt:

$$\left| \bar{x}_{\text{NOx,CLD,meas}} - \bar{x}_{\text{NOx,NDUV,meas}} \right| \cdot \left(\frac{\bar{x}_{\text{HC,exp}}}{\bar{x}_{\text{HC,meas}}} \right) \leq 2\% \cdot (\bar{x}_{\text{NOx,exp}}) \quad (6-25)$$

Dabei ist:

$\bar{x}_{\text{NOx,CLD,meas}}$	die mittlere mit dem CLD gemessene NO _x -Konzentration in [$\mu\text{mol/mol}$] oder [ppm]
$\bar{x}_{\text{NOx,NDUV,meas}}$	die durchschnittliche mit dem NDUV gemessene NO _x -Konzentration in [$\mu\text{mol/mol}$] oder [ppm]
$\bar{x}_{\text{HC,meas}}$	die durchschnittliche gemessene HC-Konzentration in [$\mu\text{mol/mol}$] oder [ppm]
$\bar{x}_{\text{HC,exp}}$	die durchschnittliche beim Standardwert erwartete HC-Konzentration in [$\mu\text{mol/mol}$] oder [ppm]
$\bar{x}_{\text{NOx,exp}}$	die durchschnittliche beim Standardwert erwartete NO _x -Konzentration in [$\mu\text{mol/mol}$] oder [ppm]

8.1.11.4 NO₂-Durchlassanteil des Probentrockners

8.1.11.4.1. Umfang und Häufigkeit

Bei Einsatz eines Probentrockners oberhalb eines NO_x-Messinstrumentes, dem kein NO₂-NO-Konverter vorgeschaltet ist, ist diese Überprüfung für den NO₂-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. In einem mangelhaft konzipierten Kühlbad verbleibende Wasserflüssigkeit kann der Probe jedoch NO₂ entziehen. Somit kann der Probe vor der NO_x-Messung NO₂ entzogen werden, wenn ein Probentrockner ohne vorgeschalteten NO₂-NO-Konverter verwendet wird.

8.1.11.4.3. Systemanforderungen

Der Probentrockner muss bei der höchsten erwarteten NO₂-Konzentration die Messung von mindestens 95 % des gesamten NO₂ 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 zu einzustellen.
- (b) Einrichtung des Systems und Datenerfassung.
 - (i) Die Gasanalysatoren zur Messung der Gesamt-NO_x sind wie vor einer Emissionsprüfung zu nullen und zu justieren.
 - (ii) Ein NO₂-Kalibriergas (Ausgleichsgas aus Trockenluft) mit einer NO₂-Konzentration, die in etwa dem während der Emissionsprüfung erwarteten Höchstwert entspricht, ist auszuwählen. Entsprechend den Empfehlungen des Geräteherstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete NO₂-Konzentration geringer ist als der vom Gerätehersteller 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 lang 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 Probentrockner geleitet, bis davon auszugehen ist, dass der Probentrockner 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 lang erfassten Gesamt- NO_x -Daten wird ein Mittelwert berechnet und dieser Wert als x_{NOxmeas} aufgezeichnet.
 - (viii) x_{NOxmeas} wird auf der Grundlage der Wasserdampfdrückstände, 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 instanzzusetzen oder zu ersetzen.

8.1.11.5. Überprüfung 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 des 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

Der NO₂-NO-Konverter muss bei der höchsten erwarteten NO₂-Konzentration die Messung von mindestens 95 % des gesamten NO₂ ermöglichen.

8.1.11.5.4. Verfahren

Die Leistung eines NO₂-NO-Konverters ist mit dem nachstehenden Verfahren zu überprüfen:

- (a) Die Anweisungen der Hersteller des Analysators und des NO₂-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 NO₂-NO-Konverters verbunden.
- (c) Zur Durchführung der Überprüfung sind die folgenden Schritte zu unternehmen:
 - (i) Die Luftzufuhr des Ozongenerators wird unterbrochen, der Ozongenerator wird ausgeschaltet und der NO₂-NO-Konverter wird in den Umgehungs-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 NO₂-Gehalt des Gasgemisches 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 Geräteherstellers und nach bestem fachlichen Ermessen kann zur exakten Überprüfung eine höhere Konzentration verwendet werden, wenn die erwartete NO-Konzentration geringer ist als der vom Gerätehersteller angeführte Mindestbereich für die Überprüfung.
 - (iii) Die O₂-Versorgung des Ozongenerators wird eingeschaltet und der O₂-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; dieser Wert ist als x_{NOmeas} aufzuzeichnen.
- (v) Der NO_x-Analysator wird auf den NOx-Modus umgeschaltet und die Gesamt-NO_x gemessen. Die NO_x-Konzentration wird durch Berechnung des Mittelwerts aus 30 s an vom Analysator erfassten Daten ermittelt; dieser Wert ist als $x_{NOxmeas}$ aufzuzeichnen.
 - (vi) Der Ozongenerator wird ausgeschaltet, der Gasdurchfluss durch das System jedoch fortgesetzt. Der NO_x-Analysator misst die im Gemisch aus NO und O₂ 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 $x_{NOx+O2mix}$ aufzuzeichnen.
 - (vii) Die O₂-Zufuhr wird ausgeschaltet. Der NO_x-Analysator misst die im ursprünglichen NO-in-N₂-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_{NOxref} 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 6-26 berechnet:
- $$Efficiency[\%] = \left(1 + \frac{x_{NOxmeas} - x_{NOx+O2mix}}{x_{NO+O2mix} - x_{NOmeas}} \right) \times 100 \quad (6-26)$$
- (e) Entspricht das Ergebnis weniger als 95 %, muss der NO₂-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 Abschnitt 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 Vertreter) 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, wobei die verwendeten Gewichte den Spezifikationen gemäß Nummer 9.5.2 entsprechen müssen. 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 Nummer 9.5.2 entsprechen.

8.1.12.1.4. Wägung von Vergleichsproben

Alle Massenablesungen während eines Wägedurchgangs sind durch Wägung von PM-Vergleichsmedien (z. B. Filter) vor und nach dem Durchgang zu überprüfen. Ein Wägedurchgang kann so kurz sein wie gewünscht, darf jedoch nicht länger als 80 Stunden dauern und kann sowohl Massenablesungen vor als auch nach der Prüfung beinhalten. Bei aufeinanderfolgenden Massenbestimmungen jedes PM-Vergleichsmediums muss sich derselbe Wert $\pm 10 \mu\text{g}$ oder $\pm 10 \%$ der erwarteten PM-Gesamtmasse ergeben, wobei der größere Wert gilt. Wird dieses Kriterium bei aufeinanderfolgenden Wägevorgängen von PM-Probenahmefiltern nicht erfüllt, werden alle zwischen den aufeinanderfolgenden Massenbestimmungen der Vergleichsfilter durchgeführten Massenablesungen für ungültig erklärt. Diese Filter können in einem anderen Wägedurchgang erneut gewogen werden. Wird ein Filter nach der Prüfung für ungültig erklärt, ist das Prüfintervall ungültig. Diese Überprüfung ist folgendermaßen durchzuführen:

- (d) 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.
- (e) 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 Nummer 9.3.4.4 entsprochen hat.

- (f) Die Waage wird mehrmals mit einer Vergleichsprobe getestet, ohne dass die Messwerte aufgezeichnet werden.
- (g) 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.
- (h) Jedes der Vergleichsmedien (z. B. Filter) wird gewogen und die jeweilige Masse wird aufgezeichnet. Wenn in der Regel Mittelwerte bestimmt werden, indem der Wägebereich 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.
- (i) Taupunkt, Umgebungstemperatur und Luftdruck in der Umgebung der Waage sind aufzuzeichnen.
- (j) Die aufgezeichneten Umgebungsbedingungen dienen zur Korrektur der Ergebnisse um die Auftriebskraft gemäß Nummer 8.1.13.2. Die auftriebsbereinigte Masse der Vergleichsmedien ist aufzuzeichnen.
- (k) Die auftriebsbereinigte Vergleichsmasse jedes Vergleichsmediums (z. B. Filter) ist von seiner zuvor gemessenen und aufgezeichneten auftriebsbereinigten Masse abzuziehen.
- (l) Verändert sich die ermittelte Masse eines Vergleichsfilters stärker als laut diesem Abschnitt zulässig, sind alle seit der letzten erfolgreichen Validierung der Masse des Vergleichsmediums (z. B. Filter) durchgeföhrten 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 dieser Nummer herangezogen, sondern ausgesondert und ersetzt.
- (m) Verändert sich eine der Vergleichsmassen stärker als laut dieser Nummer 8.1.13.1.4 zulässig, müssen alle zwischen den beiden Bestimmungen der Vergleichsmasse ermittelten PM-Ergebnisse für ungültig erklärt werden. Werden PM-Vergleichsmedien nach Buchstabe i dieser Nummer ausgesondert, muss mindestens eine den Kriterien von Nummer 8.1.13.1.4 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/m^3 angenommen.
- (b) Für PTFE-Membranmedien (Folie) mit integriertem Stützring aus Polymethylpenten, auf den 95 % der Medienmasse entfallen, wird eine Dichte des Probenahmemediums von 920 kg/m^3 angenommen.
- (c) Für PTFE-Membranmedien (Folie) mit integriertem Stützring aus PTFE wird eine Dichte des Probenahmemediums von 2144 kg/m^3 angenommen.

8.1.12.2.3. Luftdichte

Da die Umgebung der PM-Waage streng auf die Einhaltung einer Umgebungstemperatur von $295 \pm 1 \text{ K}$ ($22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) und eines Taupunkts von $282,5 \pm 1 \text{ K}$ ($9,5 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) zu kontrollieren ist, handelt es sich bei der Luftdichte primär um eine Funktion des Luftdrucks. Aus diesem Grund ist eine Auftriebskorrektur vorgeschrieben, die nur eine Funktion des Luftdrucks darstellt.

8.1.12.2.4. Dichte des Kalibriergewichts

Die angegebene Dichte des Materials des Metall-Kalibriergewichts ist zu verwenden.

8.1.12.2.5. Berechnung des Korrekturwerts

Die Auftriebskorrektur für den PM-Probenahmefilter erfolgt anhand der Gleichung 6-27:

$$m_{\text{cor}} = m_{\text{uncor}} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{weight}}}}{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{media}}}} \right) \quad (6-27)$$

Dabei ist:

m_{cor}	die auftriebsbereinigte Masse des PM-Probenahmefilters
m_{uncor}	die Masse des PM-Probenahmefilters ohne Auftriebskorrektur
ρ_{air}	die Luftdichte in der Waagenumgebung
ρ_{weight}	die Dichte des zur Justierung der Waage verwendeten Kalibriergewichts
ρ_{media}	die Dichte des PM-Probenahmefilters

wobei gilt:

$$\rho_{\text{air}} = \frac{P_{\text{abs}} \cdot M_{\text{mix}}}{R \cdot T_{\text{amb}}} \quad (6-28)$$

Dabei ist:

P_{abs}	der absolute Druck in der Waagenumgebung
M_{mix}	die Molmasse der Luft in der Waagenumgebung
R	die molare Gaskonstante
T_{amb}	die 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 Durchsatzmessgeräten sind die aufgezeichneten Proben- und Gesamtdurchsätze oder ihr 1-Hz-Mittel für die statistischen Berechnungen gemäß

Anhang VII Anlage 3 anzuwenden. Der Standardfehler des Schätzwertes (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 Durchsatzmessgeräten ist anhand der aufgezeichneten Proben- und Gesamtdurchsätze oder ihres 1-Hz-Mittels zu zeigen, dass sich jeder Durchsatz konstant innerhalb von $\pm 2,5\%$ seines jeweiligen mittleren Durchsatzes oder Sollwerts bewegt hat. Anstelle der Aufzeichnung des jeweiligen Durchsatzes jedes Messgerätetyps kann auf die folgenden Optionen zurückgegriffen werden:

- (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 $\pm 2,5\%$ der mittleren Dichte oder des Sollwerts lag. Für das Venturirohr mit kritischer Strömung eines CVS kann dies gezeigt werden, indem nachgewiesen wird, dass die absolute Temperatur am Venturieintritt während jedes Prüfintervalls konstant bei $\pm 4\%$ der mittleren absoluten Temperatur oder des Sollwerts lag.
- (b) Verdrängerpumpe. Die aufgezeichneten Bedingungen am Pumpeneintritt oder ihr 1-Hz-Mittel sind zu verwenden. Es ist zu zeigen, dass die Durchsatzdichte am Pumpeneintritt während jedes Prüfintervalls konstant bei $\pm 2,5\%$ der mittleren Dichte oder des Sollwerts lag. Für die Pumpe eines CVS kann dies gezeigt werden, indem nachgewiesen wird, dass die absolute Temperatur am Pumpeneintritt während jedes Prüfintervalls konstant bei $\pm 2\%$ der mittleren absoluten Temperatur oder des Sollwerts lag.

8.2.1.1.3. Nachweis der Verhältnisgleichheit der Probenahmen

Für jede verhältnisgleiche Stichprobe wie einen Beutel oder PM-Filter ist zu zeigen, dass eine verhältnisgleiche Probenahme nach einem der nachstehend beschriebenen Verfahren erfolgt ist, wobei bis zu 5 % der Gesamtmenge der Messpunkte als Ausreißer unberücksichtigt bleiben können.

Nach bestem fachlichen Ermessen ist mit Hilfe 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. CO₂) dienen zur Ermittlung des Mindestverdünnungsverhältnisses für PM-Stichprobenahmen während des Prüfintervalls.

8.2.1.2. Validierung des Teilstrom-Verdünnungssystems

Zur Steuerung eines Teilstrom-Verdünnungssystems zur Entnahme einer verhältnisgleichen Rohabgasprobe ist ein rasches Ansprechen des Systems erforderlich; dies zeigt sich an der Schnelligkeit des Teilstrom-Verdünnungssystems. Die Wandlungszeit des Systems ist nach dem Verfahren von Absatz 8.1.8.6.3.2 zu bestimmen. Die tatsächliche Steuerung des Teilstrom-Verdünnungssystems beruht auf den aktuell gemessenen Bedingungen. Liegt die kombinierte Wandlungszeit des Abgasdurchsatzmesssystems und des Teilstromsystems bei $\leq 0,3$ s, sind Online-Steuerungssysteme zu verwenden. Überschreitet die Wandlungszeit 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 in das Teilstrom-Verdünnungssystem) 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) Der Standardfehler des Schätzwertes von $q_{mp,i}$ gegenüber $q_{mew,i}$ darf nicht größer als 5 % des Maximalwertes von q_{mp} sein.
- (c) Der q_{mp} -Wert 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 während der eigentlichen Prüfung gesammelten Daten zu verwenden, wobei $q_{mew,i}$ um $t_{50,F}$ bezogen auf $q_{mp,i}$ zeitlich angeglichen wird (kein Einfluss von $t_{50,P}$ auf die zeitliche Angleichung). Die Zeitverschiebung zwischen q_{mew} und q_{mp} entspricht der Differenz der in Nummer 8.1.8.6.3.2 bestimmten Wandlungszeiten.

8.2.2. Validierung des Messbereichs des Gasanalysators, Überprüfung und Korrektur der Drift

8.2.2.1. Validierung des Messbereichs

Wird ein Analysator zu einem beliebigen Zeitpunkt während der Prüfung mit mehr als 100 % seines Messbereichs betrieben, ist folgendermaßen vorzugehen:

8.2.2.1.1. Stichprobenahme

Bei der Stichprobenahme muss die Probe unter Anwendung des niedrigsten Analysatorbereichs, der zu einem maximalen Ansprechen des Messgeräts unter 100 % führt, neuerlich analysiert werden. Das Ergebnis für die gesamte Prüfung ist ausgehend vom niedrigsten Bereich unter 100 % des Bereichs, in dem der Analysator arbeitet, anzugeben.

8.2.2.1.2. Kontinuierliche Probenahme

Bei der kontinuierlichen Probenahme muss die gesamte Prüfung unter Anwendung des nächsthöheren Analysatorbereichs wiederholt werden. Arbeitet der Analysator erneut über 100 % seines Bereichs, muss die Prüfung mit dem nächsthöheren Bereich wiederholt werden. Die Prüfung wird so lange wiederholt, bis der Analysator während der gesamten Prüfung immer unter 100 % seines Bereichs arbeitet.

8.2.2.2. Validierung und Korrektur der Drift

Liegt die Drift innerhalb von $\pm 1\%$, können die Daten entweder ohne Korrektur oder nach erfolgter Korrektur akzeptiert werden. Übersteigt die Drift $\pm 1\%$, sind für jeden Schadstoff, für den bremsspezifische Grenzwerte gelten und für CO₂ 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 VII Nummer 2.6 und Anhang VII Anlage 1. Der Vergleich muss in % der nicht korrigierten Werte ausgedrückt werden. Die Differenz zwischen nicht korrigierten und den korrigierten bremsspezifischen Emissionswerten muss innerhalb von $\pm 4\%$ entweder der nicht korrigierten bremsspezifischen Emissionswerte oder $\pm 4\%$ des Emissionsgrenzwertes liegen, wobei der größere Wert gilt. 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 Nummer 8.1.12 standhalten. Der Vergleichsfilter ist unmittelbar vor den Prüffiltern zu wiegen, um einen geeigneten Bezugspunkt festzulegen (für weitere Informationen zum Verfahren siehe Nummer 8.1.12.1). 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 Nummer 9.3.4 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. Gebrauchte Filter können 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 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, wobei folgendermaßen vorzugehen ist:

- (a) Bei der automatischen Wägung sind die Anweisungen des Herstellers des Automatisierungssystems zur Vorbereitung der Proben für die Wägung zu beachten; dies kann beinhalten, dass die Proben in einen besonderen Behälter gelegt werden.
- (b) Bei der manuellen Wägung ist nach bestem fachlichen Ermessen vorzugehen.
- (c) Optional ist eine Substitutionswägung zulässig (siehe Nummer 8.2.3.10).
- (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 Nummer 8.1.13.2 zu unterziehen.

8.2.3.8. Häufigkeit

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 Nullpunkt drift 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/cm³ beträgt. Nachstehend eine beispielhafte Auflistung der Verfahrensschritte bei einer Substitutionswägung:

- (a) Es ist eine elektrisch geerdete Pinzette oder ein Erdungsband gemäß Nummer 9.3.4.6 zu verwenden.
- (b) Zur Minimierung der elektrostatischen Ladung ist jedes Objekt, bevor es in die Waagschale gelegt wird, mit einem Elektrostatik-Neutralisator gemäß Nummer 9.3.4.6 zu neutralisieren.
- (c) Es ist ein Substitutionsgewicht zu verwenden, das den Spezifikationen für Kalibriergewichte gemäß Nummer 9.5.2 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. Bei gebrauchten Filtern 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 Nummern 8.2.3.7 bis 8.2.3.9 zu folgen.

8.2.4. Konditionieren und Wägen von Partikelmaterieproben nach der Prüfung

Benutzte PM-Probefilter 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-Probefilter 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 Nummer 8.1.13.1 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 Nummer 9.3.4.4 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 mit Hilfe 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 Nummer 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 Nummer 9.3.4.3 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 entsprochen hat:

- (a) Ist davon auszugehen, dass die PM-Oberflächen-Gesamtkonzentration eines Filters bei einer Beladung von $400 \mu\text{g}$ auf einem wirksamen Filterbereich mit $38 \text{ mm Durchmesser } 0,353 \mu\text{g/mm}^2$ 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 $0,353 \mu\text{g/mm}^2$ 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 Nummer 8.2.3 (Nummern 8.2.3.6 bis 8.2.3.9) 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 VII heranzuziehen ist.

9. Messausrüstung

9.1. Spezifikation des Motorleistungsprüfstands

9.1.1. Arbeit an 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) ein Prüfstand oder mehrere.

9.1.2.

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 Kontrollsysteem 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 Abgasnachbehandlungssystemen erforderlich sind, ist zu berücksichtigen; die Nebenaggregate sind nach Nummer 6.3 anzubringen.

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; für PM-Messungen ist jedoch in der Regel eine Verdünnung erforderlich. 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 Nummer 9.2.2 bzw. für PFD mit unterschiedlichem Verdünnungsverhältnis in Nummer 9.2.3 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 VII für Berechnungen zur Kompensation von Hintergrundkonzentrationen.
- (b) Die folgenden Änderungen an den Anforderungen der Abschnitte 7.2, 9.3 und 9.4 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 Hochleistungs-Schwebstofffiltern (HEPA-Filtern) mit einem anfänglichen Mindestabscheidegrad von 99,97 % zu filtern (für Verfahren im Zusammenhang mit HEPA-Filterwirkungsgraden siehe Artikel 2 Absatz 19).

- (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-Filterung sind ohne Druckbeschränkung zulässig.

9.2.2. Vollstrom-Verdünnungssystem

Vollstrom-Verdünnung, Constant Volume Sampling (CVS). Der Vollstrom des Rohabgases wird in einem Verdünnungstunnel verdünnt. Ein konstanter Durchsatz kann gewährleistet werden, indem Temperatur und Druck am Durchsatzmessgerät 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 6.6):

- (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 Abgasgegendruck darf durch das Verdünnungsluft-Einlasssystem nicht künstlich gesenkt werden. Der statische Druck an der Stelle, an der Rohabgas in den Tunnel eingeleitet wird, muss innerhalb von $\pm 1,2 \text{ kPa}$ 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) Verdünnungsgas. Zur PM-Probenahme muss die Temperatur der Verdünnungsgase (Umgebungsluft, synthetische Luft oder Stickstoff gemäß Nummer 9.2.1) 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 VII definiert. Die ordnungsgemäße Vermischung wird überprüft, indem eine Probenahmesonde vertikal und horizontal durch den Durchmesser des Tunnels geführt wird. Zeigt der Messwert des Analysators eine Abweichung von mehr als $\pm 2 \%$ von der mittleren gemessenen Konzentration, muss das CVS mit einem höheren Durchsatz betrieben werden oder zur Verbesserung der Durchmischung wird eine Mischplatte bzw. -blende angebracht.
- (f) Vorkonditionierung für die Durchsatzmessung. Vor der Messung des Durchsatzes kann das verdünnte Abgas vorkonditioniert werden, sofern diese Konditionierung

nach den beheizten HC- oder PM-Probenahmesonden erfolgt und folgendermaßen vorgegangen wird:

- (i) Es können Strömungsgleichrichter und/oder Pulsationsdämpfer verwendet werden.
 - (ii) Ein Filter kann verwendet werden.
 - (iii) Zur Temperaturkontrolle vor einem Durchsatzmessgerät 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.

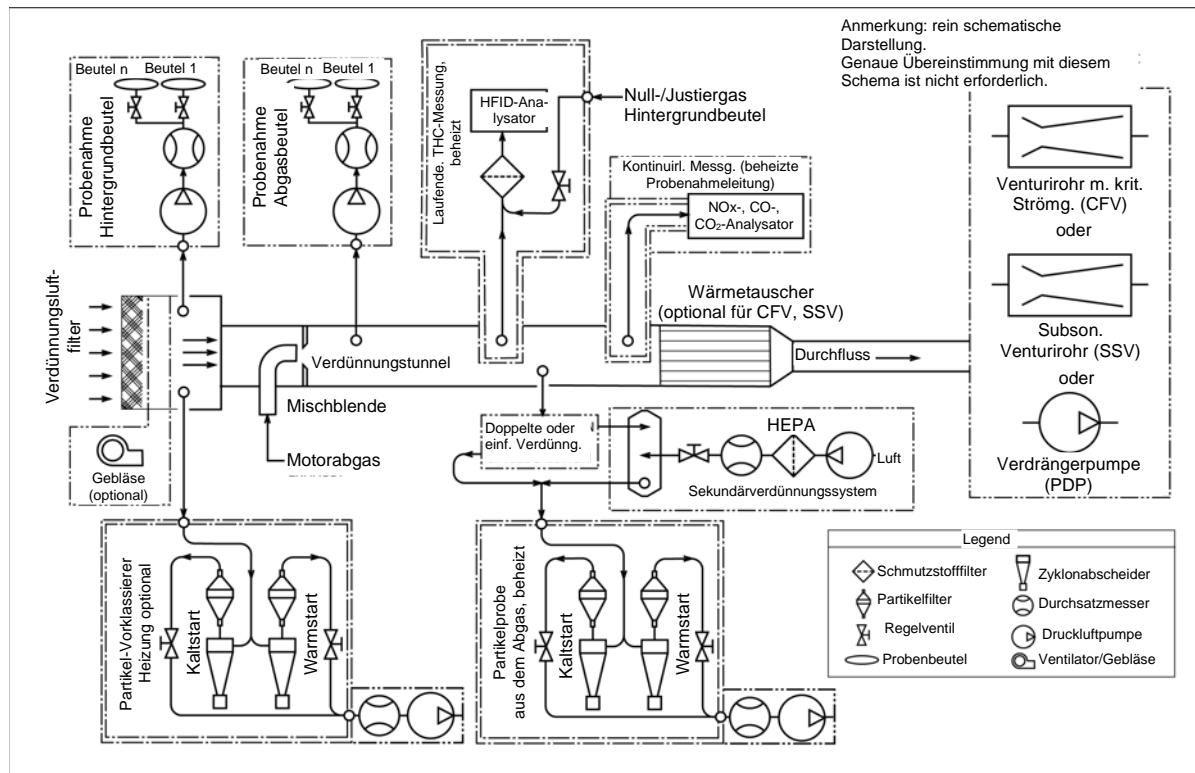
Um zu gewährleisten, dass ein Durchsatz gemessen wird, der einer gemessenen Konzentration entspricht, wird entweder die Wasserkondensierung zwischen der Position der Probenahmesonde und dem Eintritt des Durchsatzmessgeräts in den Verdünnungstunnel verhindert, oder die Wasserkondensierung wird zugelassen und die Feuchtigkeit am Eintritt des Durchsatzmessgeräts 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 9.2 dargestellt und in Nummer 9.2.3.2 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 6.6:
Beispiele für Probenahmekonfigurationen mit Vollstromverdünnung



9.2.3. Teilstrom-Verdünnungssystem (PFD)

9.2.3.1. Beschreibung des Teilstromsystems

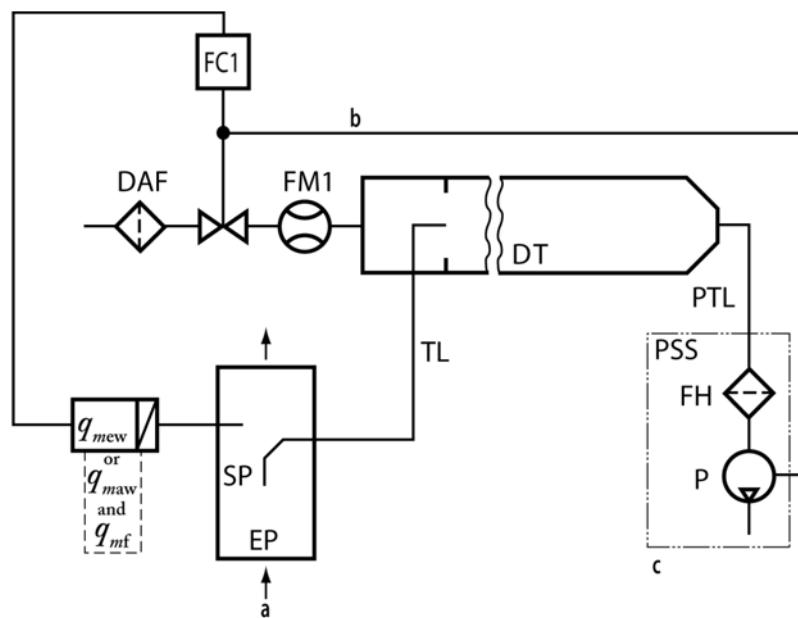
Abbildung 6.7 zeigt eine schematische Darstellung eines PFD-Systems. Der schematische Überblick bildet die Grundsätze der Probenextraktion, -verdünnung und PM-Probenahme ab. Die Darstellung ist nicht so zu verstehen, dass alle abgebildeten Komponenten für potenzielle andere zur Abscheidung von Proben 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 genügen, etwa den Anforderungen gemäß Nummer 8.1.8.6 (regelmäßige Kalibrierung) und 8.2.1.2 (Validierung) bei PFD mit veränderlicher Verdünnung und den Anforderungen gemäß Nummer 8.1.4.5 sowie Tabelle 8.2 (Linearitätsprüfungen) und Nummer 8.1.8.5.7 (Überprüfung) bei PFD mit konstanter Verdünnung.

Wie in Abbildung 6.7 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 6.7:

Schematische Darstellung eines Teilstrom-Verdünnungssystems (Gesamtprobenahme)



a = Abgasstrom oder primärverdünnter Strom

b = optional c = PM-Probenahme

Komponenten der Abbildung 6.7:

DAF: Verdünnungsluftfilter

DT: Verdünnungstunnel oder Sekundärverdünnungssystem

EP: Auspuffrohr oder Primärverdünnungssystem

FC1: Durchflussregler

FH: Filterhalter

FM1: Durchsatzmessgerät 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} der Massendurchsatz des Abgases, feucht

q_{maw} der Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht

q_{mf} der Massendurchsatz des Kraftstoffs

9.2.3.2. Verdünnung

Die Temperatur der Verdünnungsgase (Umgebungsluft, synthetische Luft oder Stickstoff gemäß Nummer 9.2.1) in unmittelbarer Nähe des Eintritts des Verdünnungstunnels muss zwischen 293 K 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, so dass am Prüffilter eine Temperatur gemäß Nummer 9.3.3.4.3 erreicht wird. Dafür ist es wesentlich, dass das Verdünnungsverhältnis in einer Weise bestimmt wird, welche die Genauigkeitsanforderungen gemäß Nummer 8.1.8.6.1 erfüllt.

Um zu gewährleisten, dass ein Durchsatz gemessen wird, der einer gemessenen Konzentration entspricht, wird entweder die Wasserkondensierung zwischen der

Position der Probenahmesonde und dem Eintritt des Durchsatzmessgeräts in den Verdünnungstunnel verhindert, oder die Wasserkondensierung wird zugelassen und die Feuchtigkeit am Eintritt des Durchsatzmessgeräts 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 bis in den bzw. die Filterhalter, zwischen 0,5 s 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. Geltungsdauer

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 9.2). 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 Nummer 8.1.8.6 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, wobei ihre Innen- und Außenflächen in Kontakt mit dem Abgas kommen. 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 Auslasses eines Auspuffs 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, Speichermittel 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 von Stichproben gemäß Nummer 7.2 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 validiert.

9.3.2. Gasprobenahme

9.3.2.1. Probenahmesonden

Zur Probenahme bei gasförmigen Emissionen werden Sonden mit einem oder mehreren Anschlüssen eingesetzt. Bezogen auf den Rohabgasstrom oder den verdünnten Abgasstrom können die Sonden beliebig ausgerichtet werden. Bei manchen Sonden muss die 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. 191 °C zu halten.

9.3.2.1.1. Mischkammer (Klasse NRSh)

Falls gemäß Nummer 9.3.1.1.1 eine Mischkammer verwendet wird, muss deren Volumen mindestens das Zehnfache des Hubraums 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, VitonTM 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 NO₂-NO-Konverter, der den Spezifikationen gemäß Nummer 8.1.11.5 entspricht, oder einem Kühlapparat, der den Spezifikationen gemäß Nummer 8.1.11.4 entspricht, ist eine zur Verhinderung einer Wasserkondensierung geeignete Probentemperatur einzuhalten.
- (b) Für THC-Übertragungsleitungen ist in der gesamten Leitung eine Wandtemperaturtoleranz von (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 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 (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 Nummer 9.3.2.3.1.1 und 9.3.2.3.1.2 entsprechen. Der Feuchtigkeitsgehalt von 0,8 Volumenprozent wird für die Gleichung 7-13 benötigt.

Bei der höchsten erwarteten Wasserdampfkonzentration H_m muss die Feuchtigkeit durch das Entfeuchtungsverfahren bei $\leq 5 \text{ g Wasser/kg Trockenluft}$ (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 ca. 25 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 298 K (25 °C) und 101,3 kPa. Der Nachweis hierfür kann erbracht werden durch

- (a) Messung der Temperatur am Austritt des Probentrockners
- (b) Messung der Feuchtigkeit an einem Punkt unmittelbar vor dem CLD unter

Durchführung des Prüfungsverfahrens nach Nummer 8.1.8.5.8.

9.3.2.3.1.2. Arten von einsetzbaren Probentrocknern und Verfahren zur Schätzung des Feuchtigkeitsgehalts nach dem Trockner

Beide unter dieser Nummer beschriebenen Arten von Probentrocknern 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 erfüllen. Der Taupunkt T_{dew} und der absolute Druck p_{total} hinter einem osmotischen Membrantrockner sind zu überwachen. Die Wassermenge ist gemäß Anhang VII 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 NO₂-NO-Konverter oder in einem Probenahmesystem ohne NO₂-NO-Konverter verwendet, muss der Kühlapparat der NO₂-Verlust-Leistungsüberprüfung gemäß Nummer 8.1.11.4 standhalten. Der Taupunkt T_{dew} und der absolute Druck p_{total} hinter einem thermischen Kühlapparat sind zu überwachen. Die Wassermenge ist gemäß Anhang VII 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 Anhang VII herangezogen werden. Wenn angenommen werden kann, dass T_{chiller} gleich T_{dew} ist, kann T_{chiller} im Einklang mit Anhang VII 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 dieser Nummer 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 Speichermittel 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 NO₂-NO-Konverter, der den Spezifikationen gemäß Nummer 8.1.11.5 entspricht, oder einem Kühlapparat, der den Spezifikationen gemäß Nummer 8.1.11.4 entspricht, verwendet, ist sie zu heizen, um eine Wasserkondensierung zu verhindern.
- (b) Wird vor einem THC-Analysator oder Speichermittel 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 NH₃, eine Kontaminierung des NO₂-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 Beutelprobennahme werden Gasvolumen in hinreichend reinen Behältern gespeichert, die nur minimal ausgasen oder von Gasen durchdringen 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 6.6 entsprechen.

Tabelle 6.6:

Materialien für Behälter zur Entnahme gasförmiger Stichproben

CO, CO ₂ , O ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , NO, NO ₂ ¹	Polyvinylfluorid (PVF) ² , zum Beispiel Tedlar TM , Polyvinylidenfluorid ² , zum Beispiel Kynar TM , Polytetrafluorethylen ³ , zum Beispiel Teflon TM , 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

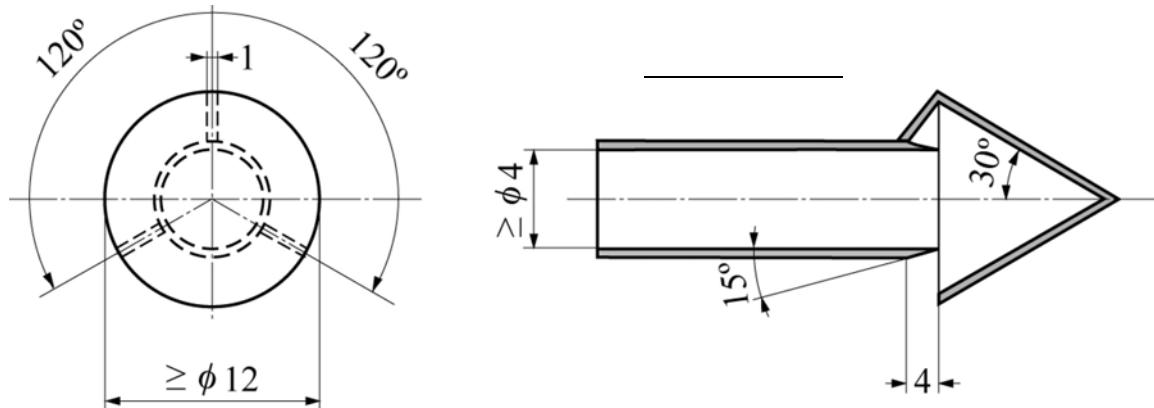
9.3.3.1. Probenahmesonden

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 6.8 entspricht, abgeschirmt werden. In diesem Fall darf der in Nummer 9.3.3.3 beschriebene Vorklassierer nicht verwendet werden.

Abbildung 6.8:

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 6.8), 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 Nummern 9.3.3.4.1 bis 9.3.3.4.4 erfüllt.

9.3.3.4.1. Spezifikation der Filter

Bei allen Filtertypen muss der Abscheidegrad mindestens 99,7 % 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) 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 $46,50 \text{ mm} \pm 0,6 \text{ mm}$ (Auffangfläche mindestens 37 mm) im Durchmesser betragen. Filter mit größerem Durchmesser können mit vorheriger Zustimmung der Genehmigungsbehörde 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 Nummer 9.3.3.2 hinsichtlich der Übertragungsleitungen). Die Probentemperatur muss innerhalb einer Toleranz von $320 \pm 5 \text{ K}$ ($47 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) geregelt werden, wobei dieser Wert an einer beliebigen Stelle innerhalb von 200 mm vor oder 200 mm nach dem PM-Speichermedium gemessen werden kann. Die PM-Probe soll vornehmlich unter den Verdünnungsvoraussetzungen gemäß Nummer 9.2.1 Buchstabe a 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 Filteranströmttemperatur, geteilt durch die exponierte Fläche des Filters. Der Druck im Rohr des Auspuffsystems 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 $12,5^\circ$ 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 gemeinsamen 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 mit Hilfe von Vergleichsfiltern gemäß Nummer 8.1.12.1.4 zu überprüfen.

9.3.4.3. Temperatur der Kammer

Die Temperatur der Kammer (oder des Raumes), in der (dem) die Partikelfilter konditioniert und gewogen werden, ist während der gesamten Dauer des Konditionierungs- und Wägevorgangs auf $295\text{ K} \pm 1\text{ K}$ ($22^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$) zu halten. Die Luftfeuchtigkeit ist auf einem Taupunkt von $282,5 \pm 1\text{ K}$ ($9,5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$) und auf einer relativen Feuchtigkeit von $45\% \pm 8\%$ zu halten. Wenn Stabilisierung und Wägung in getrennten Räumen erfolgen, muss die Temperatur der Stabilisierungsumgebung in einem Toleranzbereich von $295 \pm 3\text{ K}$ ($22^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$) gehalten werden.

9.3.4.4. Überprüfung der Umgebungsbedingungen

Bei der Verwendung von Messgeräten, die den Spezifikationen gemäß Nummer 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 in einem Zeitraum von 60 min vor der Wägung der Filter die in Nummer 9.3.4.3 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 $\pm 100\text{ Pa}$ des gemeinsamen Luftdrucks bewegt. Bei der Wägung muss die Möglichkeit bestehen, für jede einzelne PM-Probe den

aktuellsten Luftdruck aufzuzeichnen. Dieser Wert dient dann zur Berechnung der PM-Auftriebskorrektur gemäß Nummer 8.1.12.2.

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 Schutz.

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 elektrostatische Aufladung der PM-Proben zu neutralisieren.

9.4. Messgeräte

9.4.1. Einleitung

9.4.1.1. Anwendungsbereich

Diese Nummer 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 dieser Verordnung genannten Messgeräte sind so einzusetzen, wie in dieser Verordnung beschrieben (siehe Tabelle 6.5 für die Messgrößen dieser Geräte). Wird ein in dieser Verordnung angeführtes Gerät anders eingesetzt als angegeben, oder wird an seiner Stelle ein anderes Gerät verwendet, finden die in Nummer 5.1.1 festgelegten Bestimmungen zur Gleichwertigkeit Anwendung. Ist für eine bestimmte Messung mehr

als ein Gerät angeführt, wird auf Antrag eines von diesen von der Typgenehmigungs- oder Zertifizierungsbehörde 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 Typgenehmigungs- oder Zertifizierungsbehörde können zur Berechnung der Prüfergebnisse einer Einzelprüfung für alle in dieser Nummer 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 Bedienervorgaben, Prüfstand, Probenahmesystem und Messgeräten in der Lage sein. Die eingesetzten Datenerfassungs- und Steuerungssysteme müssen zur Aufzeichnung der in Tabelle 6.7 angegebenen Mindestfrequenzen geeignet sein (diese Tabelle ist nicht auf Prüfungen mit dem Einzelphasen-NRSC anwendbar).

Tabelle 6.7:
Mindestfrequenzen für die Datenaufzeichnung und Steuerung

Anwendbarer Abschnitt des Prüfprotokolls	Messwert	Mindestbefehls- und Steuerungsfrequenz	Mindestaufzeichnungsfrequenz
7.6.	Drehzahl und Drehmoment während einer schrittweisen Abbildung 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 und Messwerte für Drehzahl- und Drehmoment bei Einzelphasen-NRTC und RMC	1 Hz	1 Hz
7.3.	Kontinuierliche Konzentrationen von Analysatoren für Rohabgas	Entfällt	1 Hz
7.3.	Kontinuierliche Konzentrationen von Analysatoren für verdünntes Abgas	Entfällt	1 Hz
7.3.	Stichprobenkonzentrationen von Analysatoren für Rohabgas oder verdünntes Abgas	Entfällt	1 Mittelwert pro Prüfintervall
7.6. 8.2.1.	Durchsatz des verdünnten Abgases in einem CVS mit einem Wärmetauscher vor dem Durchsatzmessgerät	Entfällt	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)	Entfällt	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 Nummer 8.1 genannten Kalibrierungen, Überprüfungen und Validierungskriterien für die Prüfung einschließlich den Anforderungen hinsichtlich der Linearitätsprüfung gemäß den Nummern 8.1.4 und 8.2 entsprechen. Die Geräte müssen für alle bei der Prüfung verwendeten Bereiche den Spezifikationen laut Tabelle 6.7 entsprechen. Zudem sind Nachweise des Geräteherstellers, aus denen hervorgeht, dass die Spezifikationen gemäß Tabelle 6.7 eingehalten werden, aufzubewahren.

9.4.3.2. Anforderungen an Komponenten

Tabelle 6.8 enthält die Spezifikationen für Drehmoment-, Drehzahl- und Druckaufnehmer, Sensoren für Temperatur und Taupunkt sowie andere Geräte. Das Gesamtsystem zur Messung der jeweiligen physikalischen und/oder chemischen Größen muss der Linearitätsprüfung gemäß Nummer 8.1.4 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 6.8.
Empfohlene Leistungsspezifikationen für Messgeräte

Messgeräte	Symbol für die Messgröße	vollständiges System Anstiegzeit	Aufzeichnung Aktualisierungsfrequenz	Genauigkeit ^(a)	Wiederholbarkeit ^(a)
Aufnehmer für die Motordrehzahl	n	1 s	1-Hz-Mittel	2,0 % des Mittelwerts oder 0,5 % max	1,0 % des Mittelwerts oder 0,25 % max
Aufnehmer für das Motordrehmoment	T	1 s	1-Hz-Mittel	2,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % max	1,0 % des Mittelwerts oder 0,5 % max
Kraftstoffdurchsatzmesser (Kraftstoffzähler)		5 s Entfällt	1 Hz Entfällt	2,0 % des Mittelwerts oder 1,5 % max	1,0 % des Mittelwerts oder 0,75 % max
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 % max	1,0 % des Mittelwerts oder 0,75 % max
Durchsatzmessgeräte für Verdünnungsluft, Ansaugluft, Abgas und Probe		1 s	1-Hz-Mittel von 5-Hz-Proben	2,5 % des Mittelwerts oder 1,5 % max	1,25 % des Mittelwerts oder 0,75 % max
Analysator für die kontinuierliche Messung von Rohabgas	χ	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	χ	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	χ	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	m_{PM}	Entfällt	Entfällt	2,0 % des Mittelwerts oder 2,0 % des Messwerts	1,0 % des Mittelwerts oder 1,0 % des Messwerts
Gravimetrische PM-Waage	m_{PM}	Entfällt	Entfällt	Siehe Nummer 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 Nummer 9.4.3. genannten erfassten Daten bestimmt und basieren auf absoluten Werten. „Mittelwert“ bezieht sich auf den am Emissionsgrenzwert erwarteten Gesamtmittelwert; „max.“ bezieht sich auf den während des Lastzyklus am Emissionsgrenzwert erwarteten Spitzennwert (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 dieser Nummer festgelegten Spezifikationen entsprechen. Die Verwendung von Sensoren, Aufnehmern und Messgeräten, die die Spezifikationen gemäß Tabelle 6.8 erfüllen, wird empfohlen. Gesamtsysteme zur Messung der zugeführten und erbrachten Leistung müssen der Linearitätsprüfung nach Nummer 8.1.4 standhalten.

9.4.4.1.2. Kurbelwellenarbeit

Arbeit und Leistung sind aus den Messwerten der Drehzahl- und Drehmomentaufnehmer gemäß Nummer 9.4.4.1 zu berechnen. Gesamtsysteme zur Messung von Drehzahl und Drehmoment müssen laut den Nummern 8.1.7 und 8.1.4 kalibriert und überprüft werden.

Ein durch die Trägheit von mit dem Schwungrad verbundenen beschleunigenden und verlangsamen 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 Nummer 8.1.7 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 das zu messende Fluid geeignet sein.

9.4.5. Durchsatzbezogene Messungen

Bei allen Arten von Durchsatzmessgeräten (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, Begradiungsrippen, 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. Kraftstoffdurchsatzmesser

Ein Gesamtsystem zur Messung des Kraftstoffdurchsatzes ist gemäß Nummer 8.1.8.1 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. Ansaugluftdurchsatzmesser

Ein Gesamtsystem zur Messung des Ansaugluftdurchsatzes ist gemäß Nummer 8.1.8.2 zu kalibrieren.

9.4.5.3. Rohabgasdurchsatzmesser

9.4.5.3.1. Anforderungen an Komponenten

Das Gesamtsystem zur Messung des Rohabgasdurchsatzes muss die Linearitätsanforderungen gemäß Nummer 8.1.4 erfüllen. Ein Rohabgas-Messgerät 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 Durchsatzmessers

Zur Steuerung eines Teilstrom-Verdünnungssystems bei der Entnahme einer verhältnisgleichen Rohabgasprobe ist eine raschere Ansprechzeit des Durchsatzmessgeräts als in Tabelle 9.3 angegeben erforderlich. Die Ansprechzeit eines Durchsatzmessgeräts für onlinegesteuerte Teilstrom-Verdünnungssysteme muss den Spezifikationen gemäß Nummer 8.2.1.2 entsprechen.

9.4.5.3.3. Abgaskühlung

Diese Nummer gilt nicht für die Kühlung des Abgases aufgrund der Gestaltung des Motors, einschließlich, aber nicht beschränkt auf wassergekühlte Abgaskräümmer oder Turbolader.

Die Kühlung des Abgases vor dem Durchsatzmessgerät ist mit folgenden Einschränkungen zulässig:

- (a) PM-Proben dürfen nicht nach der Kühlung 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 NO_x-Proben nicht nach der Kühlung entnommen werden, es sei denn, der Kühler hält der Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 stand.

- (d) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung vor dem Eintritt in das Durchsatzmessgerät, sind der Taupunkt T_{dew} und der Druck p_{total} am Eintritt des Durchsatzmessgeräts zu messen. Diese Werte sind für die Emissionsberechnungen Anhang VII heranzuziehen.

9.4.5.4. Durchsatzmessgeräte 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 Durchsatzmessgeräts für verdünntes Abgas zu ermitteln. Der Rohabgas-Durchsatz oder der Rohabgas-Gesamtdurchsatz innerhalb eines Prüfintervalls kann aus der Differenz zwischen den Messwerten eines Messgeräts 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 Nummern 8.1.8.4 und 8.1.8.5 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 Ultraschalldurchsatzmessgerät 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 Durchsatzmessgerät 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 Ultraschalldurchsatzmessgerät, ein subsonisches Venturirohr, ein Venturirohr mit kritischer Strömung oder mehrere parallel angeordnete Venturirohre mit kritischer Strömung, ein Verdrängungsmessgerät, ein thermischer Massendurchflussmesser, ein Mittelungs-Pitotrohr oder ein Hitzedrahtanemometer verwendet werden.

9.4.5.4.3. Abgaskühlung

Verdünntes Abgas vor einem Durchsatzmessgerät für verdünntes Abgas darf gekühlt werden, sofern die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- (a) PM-Proben dürfen nicht nach der Kühlung 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 NO_x-Proben nicht nach der Kühlung entnommen werden, es sei denn, der Kühler hält der Leistungsüberprüfung gemäß Absatz 8.1.11.4 stand.
- (d) Verursacht die Kühlung eine Wasserkondensierung vor dem Eintritt in ein Durchsatzmessgerät, sind der Taupunkt T_{dew} und der Druck p_{total} am Eintritt des Durchsatzmessgeräts zu messen. Diese Werte sind für die Emissionsberechnungen Anhang VII heranzuziehen.

9.4.5.5. Durchsatzmessgerät für die Stichprobenahme

Ein Probendurchsatzmessgerät dient zur Ermittlung des Probendurchsatzes oder des Gesamtdurchsatzes eines Systems für die Entnahme von Stichproben innerhalb eines Prüfintervalls. Die Differenz zwischen den Messwerten zweier Durchsatzmessgeräte kann zur Berechnung des Probendurchsatzes in einen Verdünnungstunnel herangezogen werden, z. B. für die PM-Messung mit einem Teilstrom-Verdünnungssystem oder einem Sekundärverdünnungssystem. Nummer 8.1.8.6.1 enthält Spezifikationen für die Messung des Differenzdurchsatzes bei der Entnahme einer verhältnisgleichen Rohabgasprobe, Nummer 8.1.8.6.2 beschäftigt sich mit der Kalibrierung für die Messung des Differenzdurchsatzes.

Die Kalibrierung des Gesamtsystems zur Messung des Probendurchsatzes muss den Anforderungen nach Nummer 8.1.8 entsprechen.

9.4.5.6. Gasteiler

Zur Vermischung von Kalibriergasen kann ein Gasteiler eingesetzt werden.

Der verwendete Gasteiler muss Gase entsprechend den Spezifikationen gemäß Nummer 9.5.1 vermischen und dabei die während der Prüfung erwarteten Konzentrationen erzielen. Eingesetzt werden können Gasteiler mit kritischer Strömung, Kapillarrohr-Gasteiler oder thermische Massendurchsatzmesser. 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 Nummer 8.1.4.5 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 CO₂-Messungen

Zur Messung der CO- und CO₂-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 Nummer 8.1.8.1 standhalten.

9.4.7. Messung von Kohlenwasserstoffen

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 (C₁) 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 Motoren mit Fremdzündung kann der Kohlenwasserstoffanalysator ein unbeheizter Flammenionisierungsdektor (FID) sein.

9.4.7.1.2. Anforderungen an Komponenten

Das FID-basierte System zur THC-Messung muss allen Überprüfungen für Kohlenwasserstoffmessungen gemäß Nummer 8.1.10 standhalten.

9.4.7.1.3. FID-Brennstoff und -Brennerluft

FID-Brennstoff und -Brennerluft müssen den Spezifikationen gemäß Absatz 9.5.1 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 Nummern 9.4.8.1 bzw. 9.4.8.2 genannten Kriterien erfüllt. Der Chemilumineszenzdetektor dient als Referenzverfahren zum Vergleich mit gemäß Nummer 5.1.1 vorgeschlagenen alternativen Messverfahren.

9.4.8.1. Chemilumineszenzdetektor

9.4.8.1.1. Anwendung

Ein mit einem NO₂-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 auf einem CLD basierende System muss der Querempfindlichkeitsprüfung gemäß Nummer 8.1.11.1 standhalten. Verwendet werden kann ein beheizter oder unbeheizter CLD, der bei normalem Luftdruck oder Unterdruck betrieben werden kann.

9.4.8.1.3. NO₂-NO-Konverter

Ein interner oder externer NO₂-NO-Konverter, der der Überprüfung gemäß Nummer 8.1.11.5 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 NO₂-NO-Konverter befindet, welcher der Überprüfung gemäß Nummer 8.1.11.5 standhält.
- (b) Ein CLD wird nach einem Trockner oder thermischen Kühlapparat angeschlossen, welcher der Überprüfung gemäß Nummer 8.1.11.4 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 System auf der Grundlage eines NDUV muss den Prüfungen gemäß Nummer 8.1.11.3 standhalten.

9.4.8.2.3. NO₂-NO-Konverter

Ist der NDUV-Analysator nur zur Messung von NO in der Lage, muss vor dem NDUV-Analysator ein interner oder externer NO₂-NO-Konverter, welcher der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.5 standhält, positioniert werden. Zur Durchführung dieser Überprüfung ist für den Konverter eine Umgehungs möglichkeit 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 NO₂-NO-Konverter befindet, welcher der Überprüfung gemäß Absatz 8.1.11.5 standhält.
- (b) Ein NDUV wird nach einem Trockner oder thermischen Kühlapparat angeschlossen, welcher der Überprüfung gemäß Nummer 8.1.11.4 standhält.

9.4.9. O₂-Messungen

Zur Messung der O₂-Konzentration in Rohabgas oder verdünntem Abgas bei der Stichprobenahme oder kontinuierlichen Probenahme wird ein Analysator zur paramagnetischen Erfassung (paramagnetic detection, PMD) oder magnetopneumatischen Erfassung (magneto pneumatic detection, MPD) verwendet.

9.4.10. Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses

Zur Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses in Rohabgas bei der kontinuierlichen Probenahme kann ein Zirkonanalysator (ZrO₂) verwendet werden. Zur Berechnung des Abgasdurchsatzes gemäß Anhang VII können O₂-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 6.8 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 Nummer 9.5.2 entsprechen.

Die Waage ist am Aufstellungsort im Hinblick auf die optimale Einschwingzeit und Stabilität zu konfigurieren.

9.4.12. Ammoniak (NH₃)-Messungen

Gemäß den Anweisungen des Gerätelieferanten kann ein FTIR (Fourier-Transform Infrarot)-, ein NDUV- oder ein Laser-Infrarot-Analysator verwendet werden.

9.5. Analysegase und Massennormale

9.5.1. Analysegase

Analysegase müssen den in diesem Abschnitt 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, so dass ein Null-Kalibrierungsnormal eine Nullantwort auslöst, sind gereinigte Gase zu verwenden. Die Verunreinigung der verwendeten Gase darf den höchsten der nachstehenden Werte im Gaszyylinder oder am Austritt eines Nullgasgenerators nicht überschreiten:
 - (i) Verunreinigung von 2 %, gemessen bezogen auf die mittlere beim Standardwert erwartete Konzentration. Wird beispielsweise eine CO-Konzentration von 100,0 $\mu\text{mol/mol}$ erwartet, wäre die Verwendung eines Nullgases mit einer CO-Verunreinigung von 2,000 $\mu\text{mol/mol}$ oder weniger zulässig;
 - (ii) Verunreinigung gemäß Tabelle 6.9, anwendbar für Messungen von Rohabgas oder verdünntem Abgas.
 - (iii) Verunreinigung gemäß Tabelle 6.10, anwendbar für Messungen von Rohabgas.

Tabelle 6.9.

Verunreinigungsgrenzwerte, anwendbar für Messungen von Rohabgas oder verdünntem Abgas [$\mu\text{mol/mol} = \text{ppm}$ (3,2)]

<i>Bestandteile</i>	<i>Gereinigte synthetische Luft</i> a	<i>Gereinigtes N_2</i> ^a
THC (C ₁ -Äquivalent)	$\leq 0,05 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,05 \mu\text{mol/mol}$
CO	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$
CO ₂	$\leq 1, \mu\text{mol/mol}$	$\leq 10 \mu\text{mol/mol}$
O ₂	0,205 bis 0,215 mol/mol	$\leq 2 \mu\text{mol/mol}$
NO _x	$\leq 0,02 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,02 \mu\text{mol/mol}$

^a Diese Reinheitsgrade müssen nicht auf internationale und/oder nationale Normen rückführbar sein.

Tabelle 6.10:

Verunreinigungsgrenzwerte, anwendbar für Messungen von Rohabgas [$\mu\text{mol/mol} = \text{ppm}$ (3,2)]

<i>Bestandteile</i>	<i>Gereinigte synthetische Luft</i> ^a	<i>Gereinigtes N_2</i> ^a
THC (C ₁ -Äquivalent)	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$
CO	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$
CO ₂	$\leq 400 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 400 \mu\text{mol/mol}$
O ₂	0,18 bis 0,21 mol/mol	-
NO _x	$\leq 0,1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,1 \mu\text{mol/mol}$

^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 H₂-Konzentration von (0,39 bis 0,41) mol/mol (Rest He oder N₂) 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 dieser Nummer entsprechen.
 - (iii) FID-Nullgas. Flammenionisationsdetektoren sind mit gereinigtem Gas zu nullen, das den Spezifikationen gemäß Buchstabe a dieser Nummer entspricht, allerdings darf das gereinigte Gas jede beliebige O₂-Konzentration aufweisen.
 - (iv) FID-Propanjustergas. Der THC-FID ist mit Justierkonzentrationen von Propangas (C₃H₈) zu justieren und zu kalibrieren. Die Kalibrierung muss auf der Basis der Kohlenstoffzahl Eins (C₁) erfolgen.
 - (v) Reserviert
- 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) Reserviert
 - (ii) Reserviert
 - (iii) C₃H₈, Rest gereinigte synthetische Luft und/oder gereinigter N₂ (je nach Sachlage);
 - (iv) CO, Rest gereinigter N₂;
 - (v) CO₂, Rest gereinigter N₂;
 - (vi) NO, Rest gereinigter N₂;
 - (vii) NO₂, Rest gereinigte synthetische Luft;
 - (viii) O₂, Rest gereinigter N₂;
 - (ix) C₃H₈, CO, CO₂, NO, Rest gereinigter N₂;
 - (x) C₃H₈, CH₄, CO, CO₂, NO, Rest gereinigter N₂.
- (d) Gase anderer Spezies als die in Buchstabe c dieser Nummer 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 entsprechen.

- (e) Eigene Kalibriergase können mit Hilfe eines Präzisionsmischers, z. B. eines Gasteilers, zur Verdünnung von Gasen mit gereinigtem N₂ oder gereinigter synthetischer Luft erzeugt werden. Entspricht der Gasteiler den Spezifikationen gemäß Nummer 9.4.5.6 und erfüllen die vermischten Gase die Vorgaben laut den Buchstaben a und c dieser Nummer, kann davon ausgegangen werden, dass die erzeugten Gemische den Anforderungen von Nummer 9.5.1.1 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 dieser Nummer zulässig.
- (b) Kalibriergase dürfen nach Ablauf ihres Verfallsdatums umetikettiert und verwendet werden, wenn dies im Vorhinein von der Typgenehmigungs- oder Zertifizierungsbehörde 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.

Die Haltbarkeitsdauer aller Kalibriergase ist zu beachten. Das vom Hersteller angegebene Verfallsdatum der Kalibriergase ist aufzuzeichnen.

9.5.2. Massennormale

Zu verwenden sind zertifizierte, mit einer Unsicherheit von 0,1 % auf anerkannte internationale und/oder nationale Normen rückführbare Kalibriergewichte für PM-Waagen. Kalibriergewichte können von jedem Kalibrierlabor zertifiziert werden, das die Rückführbarkeit auf anerkannte internationale und/oder nationale Normen gewährleisten kann. Es ist sicherzustellen, dass die Masse des leichtesten Kalibriergewichts maximal dem Zehnfachen der Masse eines unbenutzten PM-Probenahmemediums entspricht. Aus dem Kalibrierbericht muss auch die Dichte der Gewichte hervorgehen.

Anlage 1

Ausrüstung für die Partikelzahlmessung

1. Messprüfverfahren

1.1. Probenahme

Die Zahl der emittierten Partikel wird mittels einer kontinuierlichen Probenahme entweder aus einem Teilstrom-Verdünnungssystem gemäß Nummer 9.2.3 dieses Anhangs oder aus einem Vollstrom-Verdünnungssystem gemäß Nummer 9.2.2 dieses Anhangs gemessen.

1.1.1. Filterung 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 Artikel 2 Absatz 23 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.

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.

1.3. Ausgleich des Partikel-Probenahmestroms – Teilstrom-Verdünnungssysteme

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 Durchsatzmesseinrichtung in das Verdünnungssystem zurückgeleitet oder eine rechnerische Berichtigung gemäß Nummer 1.3.2 vorgenommen. Bei Gesamtpartikelprobenahmen aus Teilstrom-Verdünnungssystemen ist für den Massendurchsatz, der für die Partikel-Probenahme

entnommen wurde, in der Berechnung der Partikelmasse ebenfalls eine Berichtigung gemäß Nummer 1.3.3 vorzunehmen.

- 1.3.2. Der momentane Wert des Abgasdurchsatzes in 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 6-20 in Nummer 8.1.8.6.1 dieses Anhangs durch die Gleichung 6-29 zu ersetzen:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad (6-29)$$

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 $\pm 0,1\%$ 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 6-20 in Nummer 8.1.8.6.1 dieses Anhangs durch die Gleichung 6-30 zu ersetzen:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad (6-30)$$

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

Die Differenz zwischen q_{ex} und q_{sw} , das an die Teilstromsystemkontrolle gesendet wird, darf zu keinem Zeitpunkt mehr als $\pm 0,1\%$ vom q_{mdew} -Wert abweichen. Die Signale müssen mit einer Frequenz von mindestens 1 Hz gesendet werden.

- 1.3.3. Berichtigung der Messung der Partikelmasse

Wird ein Probestrom für die Partikelzahl bei einer Gesamtpartikelprobenahme aus einem Teilstrom-Verdünnungssystem entnommen, ist die gemäß Anhang VII Nummer 2.3.1.1 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 6-31:

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})} \quad (6-31)$$

Dabei ist:

- m_{PM} die nach Anhang VII Nummer 2.3.1.1 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

1.3.4. Verhältnisgleichheit der Partikel-Probenahme aus einem Teilstrom-Verdünnungssystem

Für die Partikelzahlmessung ist der Massendurchsatz des Abgases, der nach einem der Verfahren nach den Nummern 8.4.1.3 bis 8.4.1.7 dieses Anhangs ermittelt wird, zur Kontrolle des Teilstrom-Verdünnungssystems zu verwenden, indem eine dem Massendurchsatz des Abgases verhältnisgleiche Probe entnommen wird. Die Qualität der Verhältnisgleichheit ist nach Nummer 8.2.1.2 dieses Anhangs durch eine Regressionsanalyse zwischen Probenstrom und Abgasstrom zu überprüfen.

1.3.5. Partikelzahlberechnung

Die Verfahren zur Ermittlung und Berechnung der PN sind in Anhang VII Anlage 5 festgelegt.

2. Messausrustung

2.1. Spezifikation

2.1.1. Beschreibung des Systems

- 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 Nummer 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.

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 6.8 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.

2.1.2. Allgemeine Anforderungen

2.1.2.1. Die Partikel-Probenahmestelle muss sich in einem Verdünnungssystem befinden.

Die Sondenspitze oder die Partikel-Probenahmestelle sowie das Übertragungsroh (particle transfer tube, PTT) bilden zusammen das Partikelübertragungssystem (particle transfer system, PTS). Die Probe wird durch das Partikelübertragungssystem aus dem Verdünnungstunnel zur Einflussöffnung des Entferners flüchtiger Partikel geleitet. Das Partikelübertragungssystem muss folgende Voraussetzungen erfüllen:

Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen und Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Teilprobenahme (gemäß Nummer 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 Nummer 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 Probenahmenleitung 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.

Das durch das Partikelübertragungssystem geleitete Gas muss folgende Voraussetzungen erfüllen:

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

- (b) Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen muss die Reynolds-Zahl (Re) im Partikelübertragungsrohr, d. h. hinter der Probenahmesonde oder der Probenahmestelle, kleiner als 1 700 sein.
- (c) Seine Verweildauer im Partikelübertragungssystem darf höchstens 3 Sekunden betragen.
- (d) Andere Probenahmeeinstellungen des Partikelübertragungssystems sind zulässig, wenn ein gleichwertiger Partikeldurchsatz in der Größenordnung von 30 nm nachgewiesen wird.
- (e) Das Auslassrohr (outlet tube, OT), durch das die verdünnte Probe vom Entferner flüchtiger Partikel zum Einlass des Partikelzählers geleitet wird, muss folgende Eigenschaften besitzen:
- (f) Es muss einen Mindestinnendurchmesser von 4 mm haben.
- (g) Die Verweildauer des Probengasstroms durch das Auslassrohr darf höchstens 0,8 Sekunden betragen.
- (h) Andere Probenahmeanordnungen für das Auslassrohr sind zulässig, wenn ein gleichwertiger Partikeldurchsatz in der Größenordnung von 30 nm nachgewiesen wird.

2.1.2.2. Der Entferner flüchtiger Partikel muss über Funktionen verfügen, die die Verdünnung der Probe und das Entfernen flüchtiger Partikel ermöglichen.

2.1.2.3. Alle mit dem Rohabgas oder dem verdünnten Abgas in Berührung kommenden Teile des Verdünnungssystems und des Probenahmesystems vom Auspuffrohr bis zum Partikelzähler sind so zu gestalten, dass sich möglichst wenig Partikel auf ihnen ablagern. Alle Teile müssen aus elektrisch leitenden Werkstoffen bestehen, die mit den Bestandteilen der Abgase nicht reagieren, und zur Vermeidung elektrostatischer Effekte geerdet sein.

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 Querschnittsänderungen sind zulässig.

2.1.3. Besondere Anforderungen

2.1.3.1. Die Partikelprobe darf vor dem Erreichen des Partikelzählers nicht durch eine Pumpe strömen.

2.1.3.2. Es wird empfohlen, einen Probenahmenvorklassierer zu verwenden.

2.1.3.3. Die Einrichtung zur Vorkonditionierung der Proben muss folgenden Anforderungen genügen:

2.1.3.3.1. Sie muss 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.

2.1.3.3.2. Sie muss 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.

2.1.3.3.3. Sie muss die Stufen der Hitzeverdünnung so kontrollieren, dass die Nennbetriebstemperaturen mit einer Abweichung von ± 10 °C konstant innerhalb des in Absatz 2.1.4.3.2 genannten Bereiches liegen. Sie muss mit einer Funktion versehen sein, die anzeigt, ob die Betriebstemperaturen der Hitzeverdünnungsstufen im vorgeschriebenen Bereich liegen.

2.1.3.3.4. Sie muss einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration ($f_r(d_i)$) gemäß Absatz 2.2.2.2 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.

2.1.3.3.5. In Bezug auf Tetracontanpartikel ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$) von einer Größe von 30 nm einen Verdampfungswert von mehr als 99,0 % erzielen, wobei die Konzentration am Einlass mindestens $10\,000 \text{ cm}^{-3}$ betragen muss; zu diesem Zweck ist das Tetracontan zu erhitzen, und seine Partialdrücke sind zu verringern.

2.1.3.4. Der Partikelzähler muss folgende Bedingungen erfüllen:

2.1.3.4.1. Er arbeitet im Vollstrombetrieb.

2.1.3.4.2. Die Zählgenauigkeit auf der Grundlage einer verfolgbaren Norm liegt im gesamten Bereich von 1 cm^{-3} bis zur oberen Schwelle des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers bei ± 10 %. Betragen die Konzentrationen weniger als 100 cm^{-3} , werden gegebenenfalls Durchschnittsmessungen über längere Probenahmezeiträume erforderlich, um die Genauigkeit des Partikelzählers mit einem hohen Maß an statistischer Verlässlichkeit nachweisen zu können.

2.1.3.4.3. Die Ablesegenauigkeit beträgt mindestens 0,1 Partikel cm^{-3} bei Konzentrationen von weniger als 100 cm^{-3} .

2.1.3.4.4. Das Ansprechverhalten auf Partikelkonzentrationen ist im gesamten Messbereich im Einzelpartikel-Zählmodus linear.

2.1.3.4.5. Die Datenübermittlungsfrequenz beträgt mindestens 0,5 Hz.

2.1.3.4.6. Die Ansprechzeit im gesamten gemessenen Konzentrationsbereich beträgt weniger als 5 s.

2.1.3.4.7. Eine Funktion zur maximal zehnprozentigen Berichtigung der Koinzidenz ist vorhanden, und ein interner Kalibrierfaktor gemäß Nummer 2.2.1.3 kann zur Anwendung kommen; es darf jedoch kein sonstiger Algorithmus zur Berichtigung oder Bestimmung der Effizienz der Zählfunktion eingesetzt werden.

2.1.3.4.8. Die Effizienz der Zählfunktion für Partikelgrößen mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 23 nm (± 1 nm) und 41 nm (± 1 nm) muss 50 % (± 12 %) bzw. mehr als 90 % betragen. Diese Zähleffizienzen können mit internen Mitteln (z. B. der geeigneten Konstruktion der Geräte) oder externen Mitteln (z. B. der Größenvorklassierung) erreicht werden.

2.1.3.4.9. Wird im Partikelzähler eine Betriebsflüssigkeit verwendet, so ist diese gemäß der vom Instrumentenhersteller angegebenen Häufigkeit zu wechseln.

2.1.3.5. Werden der Druck und/oder die Temperatur an der Stelle, an der der Partikelzähler-Durchsatz kontrolliert wird, nicht auf einem bekannten konstanten Niveau gehalten, sind diese am Einlass zum Partikelzähler zu messen und zu melden, um die Messungen der Partikelkonzentration auf Standardbedingungen zu berichten.

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.

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 s erfolgen. Das für die Prüfung verwendete Aerosol muss eine Veränderung der Konzentration von mindestens 60 % des Skalenendwertes bewirken.

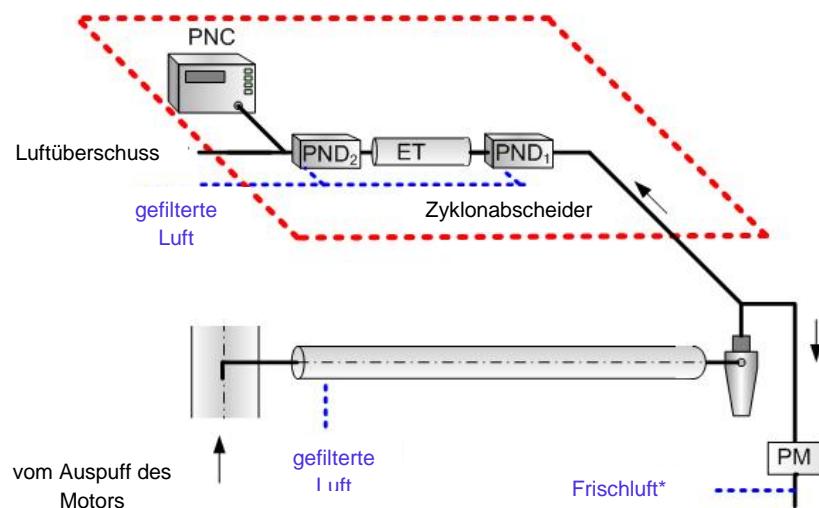
Die Konzentrationsspur ist aufzuzeichnen. Für den Zeitabgleich der Signale der Konzentration der Partikelanzahl und des Abgasstroms ist die Wandlungszeit definiert als der Zeitabstand vom Wechsel (t_0) bis zum Anstieg des angezeigten Messwerts auf 50 % des Endwertes (t_{50}).

2.1.4. Empfohlene Systemmerkmale

In dieser Nummer ist das empfohlene Verfahren zur Messung der Partikelzahl beschrieben. Jedoch ist jedes System zulässig, das die in den Nummern 2.1.2 und 2.1.3 genannten Leistungsspezifikationen erfüllt.

Die Abbildungen 6.9 und 6.10 enthalten schematische Darstellungen der empfohlenen Konfigurationen des Partikel-Probenahmesystems für Teilstrom- und Vollstrom- Verdünnungssysteme.

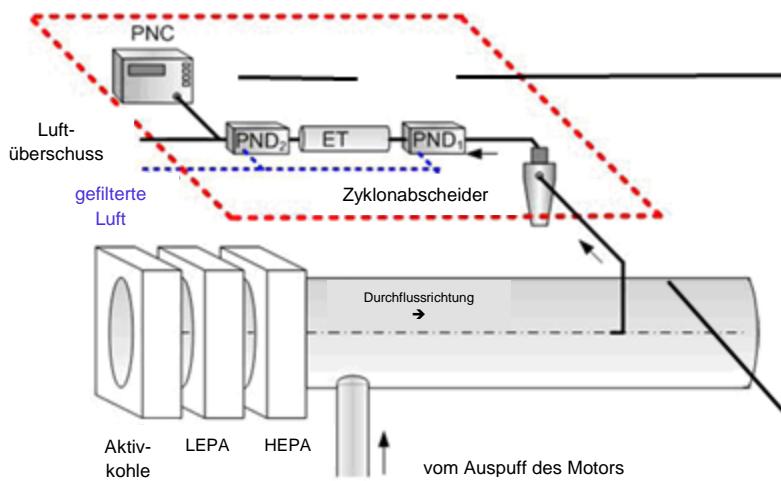
Abbildung 6.9:
Darstellung des empfohlenen Partikel-Probenahmesystems – Teilstrom-Probenahme



*Alternativ kann die
Steuerungssoftware den durch
das Partikelzählsystem
abgezweigten Durchfluss
berücksichtigen

Abbildung 6.10:

Darstellung des empfohlenen Partikel-Probenahmesystems – Vollstrom-Probenahme



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 (PNC) befindet. Der Entferner flüchtiger Partikel VPR muss über Funktionen verfügen, die die Verdünnung der Probe (Partikelzahlverdünner: PND₁ und PND₂) 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.

2.1.4.2. Partikelübertragungssystem

Die Sondenspitze oder die Partikel-Probenahmestelle sowie das Übertragungsrohr bilden zusammen das Partikelübertragungssystem. Die Probe wird durch das Partikelübertragungssystem aus dem Verdünnungstunnel zur Einlassöffnung des ersten

Partikelanzahlverdünners geleitet. Das Partikelübertragungssystem muss folgende Voraussetzungen erfüllen:

Bei Vollstrom-Verdünnungssystemen und Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Teilprobenahme (gemäß Nummer 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 Nummer 9.2.3 dieses Anhangs) muss sich die Partikel-Probenahmestelle im Partikelübertragungsrohr vor dem Partikelfilterhalter, der Durchsatzzesseinrichtung und gegebenenfalls vorhandenen Gabelungen oder Abzweigungen der Probenahmenleitung befinden. Die Partikel-Probenahmestelle oder die Probenahmesonde ist so anzubringen, dass die Probe aus einem homogenen Gemisch aus Verdünnung und Abgasen entnommen werden kann.

Das durch das Partikelübertragungssystem geleitete Gas muss folgende Voraussetzungen erfüllen:

Die Reynolds-Zahl (Re) muss kleiner als 1700 sein.

Seine Verweildauer im Partikelübertragungssystem darf höchstens 3 Sekunden betragen.

Andere Probenahmeeinstellungen für das Partikelübertragungssystem sind zulässig, wenn für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm ein gleichwertiger Partikeldurchsatz nachgewiesen wird.

Das Auslassrohr, durch das die verdünnte Probe vom Entferner flüchtiger Partikel zum Einlass des Partikelzählers geleitet wird, muss folgende Eigenschaften besitzen:

Es muss einen Mindestinnendurchmesser von 4 mm haben.

Die Verweildauer des Probengasstroms im Auslassrohr darf höchstens 0,8 Sekunden betragen.

Andere Probenahmeeinstellungen für das Partikelübertragungssystem sind zulässig, wenn für Partikel mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm ein gleichwertiger Partikeldurchsatz nachgewiesen wird.

2.1.4.3. Partikelvorklassierer

Der empfohlene Partikelvorklassierer muss sich vor dem Entferner flüchtiger Partikel befinden. Der Partikeldurchmesser in Bezug auf den 50 %-Trennschnitt des

Partikelvorklassierers muss bei dem Durchfluss, der für die Emissionen zur Partikelanzahl-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 Partikelanzahl-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.

2.1.4.4. Entferner flüchtiger Partikel

Der Entferner flüchtiger Partikel besteht aus einem Partikelanzahlverdünner (PND₁), einem Verdampfungsrohr und einem zweiten Partikelanzahlverdünner (PND₂); diese Bauteile müssen hintereinander angeordnet sein. Mit dieser Verdünnungsfunktion soll die Konzentration der Partikelzahl der Probe, die in das Bauteil zur Messung der Partikelkonzentration strömt, auf weniger als den oberen Schwellenwert des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers verringert und die Keimbildung in der Probe unterdrückt werden. Der Entferner flüchtiger Partikel muss mit einer Funktion versehen sein, die anzeigt, ob die Betriebstemperaturen des PND₁ und des Verdampfungsrohrs im vorgeschriebenen Bereich liegen.

Der Entferner flüchtiger Partikel muss in Bezug auf Tetracontanpartikel ($(CH_3(CH_2)_{38}CH_3)$) von einer Größe von 30 nm einen Verdampfungswert von mehr als 99,0 % erzielen, wobei die Konzentration am Einlass mindestens $10\,000\text{ cm}^{-3}$ betragen muss; zu diesem Zweck ist das Tetracontan zu erhitzten, und seine Partialdrücke sind zu verringern. 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.

2.1.4.4.1. Erster Partikelzahlverdünner (PND₁)

Der erste Partikelzahlverdünner muss speziell für die Verdünnung der Konzentration der Partikelanzahl 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 Abweichung von ± 10 °C auf einer konstanten Nennbetriebstemperatur gehalten werden und nicht die Wandtemperatur des Verdampfungsrohrs überschreiten (Nummer 2.1.4.4.2). Der Verdünner sollte mit verdünnter Luft aus einem HEPA-Filter versorgt werden und einen 10- bis 200-fachen Verdünnungsfaktor erzielen können.

2.1.4.4.2. Verdampfungsrohr (ET)

Die gesamte Länge des Verdampfungsrohres ist auf eine Wandtemperatur hin zu kontrollieren, die mindestens der Temperatur des ersten Partikelanzahlverdünners entspricht, und die Wandtemperatur sollte auf einer festen Nennbetriebstemperatur zwischen 300 °C und 400 °C mit einer Abweichung von ± 10 °C gehalten werden.

2.1.4.4.3. Zweiter Partikelanzahlverdünner (PND₂)

Der zweite Partikelanzahlverdünner (PND₂) muss speziell für die Verdünnung der Konzentration der Partikelzahl ausgelegt sein. Der Verdünner sollte mit verdünnter Luft aus einem HEPA-Filter versorgt werden und einen einzigen 10- bis 30-fachen Verdünnungsfaktor aufrechterhalten können. Für den Verdünnungsfaktor des zweiten Partikelanzahlverdünners ist ein Wert zwischen der 10- bis 15-fachen Verdünnung dahingehend auszuwählen, dass die Konzentration der Partikelanzahl hinter dem zweiten Verdünner unterhalb der oberen Schwelle des Einzelpartikelzählmodus des Partikelzählers liegt und die Gastemperatur am Einlass des Partikelzählers weniger als 35 °C beträgt.

2.1.4.5. Partikelzähler

Der Partikelzähler muss die Bedingungen von Nummer 2.1.3.4 erfüllen.

2.2. Kalibrierung/Validierung des Partikel-Probenahmesystems¹

2.2.1. Kalibrierung des Partikelzählers

2.2.1.1 Der technische Dienst gewährleistet, dass für den Partikelzähler ein Kalibrierzertifikat vorliegt, aus dem für den zwölfmonatigen Zeitraum vor den Emissionsprüfungen der Nachweis über die Übereinstimmung mit einer verfolgbaren Norm hervorgeht.

2.2.1.2 Der Partikelzähler ist nach jeder größeren Wartung erneut zu kalibrieren, und ein neues Kalibrierzertifikat ist auszustellen.

2.2.1.3 Die verfolgbare Kalibrierung ist auf der Grundlage einer genormten Kalibrierungsmethode wie folgt durchzuführen:

- (a) Durch Vergleich des Ansprechens des Partikelzählers während des Kalibriervorgangs mit dem Ansprechen eines kalibrierten Aerosol-Elektrometers, wenn gleichzeitig Probenahmen von elektrostatisch klassifizierten Kalibrierungspartikeln erfolgen oder
- (b) durch Vergleich des Ansprechens des Partikelzählers während des Kalibriervorgangs mit dem Ansprechen eines zweiten Partikelzählers, der direkt mit der oben genannten Methode kalibriert wurde.

¹

Beispiele für Kalibrierungs- und Validierungsmethoden sind auf folgender Internetseite verfügbar:
www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmpfcp.

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. In diesen Punkten ist ein Nullpunkt für die Nennkonzentration enthalten, der durch die Anbringung von HEPA-Filtern, die mindestens der Klasse H13 gemäß EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entsprechen, am Einlass jedes Instruments erzielt wird. Wird kein Kalibrierungsfaktor auf den zu kalibrierenden Partikelzähler angewendet, so müssen die gemessenen Konzentrationen bei jeder zugrunde gelegten Konzentration mit einer Abweichung von $\pm 10\%$ der standardisierten Konzentration entsprechen, mit Ausnahme des Nullpunktes, andernfalls ist der zu kalibrierende Partikelzähler abzulehnen. Der Gradient einer linearen Regression der beiden Datensätze ist zu berechnen und aufzuzeichnen. Ein Kalibrierungsfaktor, der dem Kehrwert des Gradienten entspricht, ist auf den zu kalibrierenden Partikelzähler anzuwenden. Die Linearreaktion wird als das Quadrat aus dem Korrelationskoeffizienten (Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson) (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. In diesen Punkten ist ein Nullpunkt für die Nennkonzentration enthalten, der durch die Anbringung von HEPA-Filtern, die mindestens der Klasse H13 gemäß EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entsprechen, am Einlass jedes Instruments erzielt wird. Wird kein Kalibrierungsfaktor auf den zu kalibrierenden Partikelzähler angewendet, so müssen die gemessenen Konzentrationen bei jeder zugrunde gelegten Konzentration mit einer Abweichung von $\pm 10\%$ der standardisierten Konzentration entsprechen, mit Ausnahme des Nullpunktes. Andernfalls ist der zu kalibrierende Partikelzähler abzulehnen. Der Gradient einer linearen Regression der beiden Datensätze ist zu berechnen und aufzuzeichnen. Ein Kalibrierungsfaktor, der dem Kehrwert des Gradienten entspricht, ist auf den zu kalibrierenden Partikelzähler anzuwenden. Die Linearreaktion wird als das Quadrat aus dem Korrelationskoeffizienten (Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson) (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 führen.

- 2.2.1.4. Bei der Kalibrierung ist auch zu überprüfen, ob die Vorschriften von Nummer 2.1.3.4.8 hinsichtlich der Nachweiseffizienz des PNC bei Partikeln mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 23 nm eingehalten sind. Eine Überprüfung der Zähleffizienz bei Partikeln mit einem Durchmesser von 41 nm ist nicht erforderlich.

2.2.2. Kalibrierung/Validierung des Entferners flüchtiger Partikel

- 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 sorgt dafür, dass in den sechs Monaten vor den Emissionsprüfungen für den Entferner flüchtiger Partikel ein Kalibrier- oder Validierungszertifikat vorliegt. Verfügt der Entferner flüchtiger Partikel über Alarmvorrichtungen für die Temperaturüberwachung, ist ein zwölfmonatiges Validierungsintervall zulässig.

Der Entferner flüchtiger Partikel muss für einen Minderungsfaktor der Partikelkonzentration mit festen Partikeln von einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von 30 nm, 50 nm und 100 nm ausgelegt sein. 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. Für die Validierung muss der Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration innerhalb von $\pm 10\%$ des Minderungsfaktors des Mittelwerts der Partikelkonzentration (\bar{f}_r) liegen, der bei der Primärkalibrierung des Entfernerns flüchtiger Partikel ermittelt wurde.

- 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 cm^{-3} betragen. Die Partikelkonzentrationen sind vor und hinter den Bauteilen zu messen.

Für jede Partikelgröße ist der Minderungsfaktor der Partikelkonzentration ($f_r(d_i)$) nach der Gleichung 6-32 zu berechnen:

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad (6-32)$$

Dabei ist:

- $N_{in}(d_i)$ die Partikelkonzentration bei Partikeln mit dem Durchmesser d_i (stromaufwärts gemessen)
- $N_{out}(d_i)$ die Partikelkonzentration bei Partikeln mit dem Durchmesser d_i (stromabwärts gemessen)
- d_i der elektrische Mobilitätsdurchmesser der Partikel (30 nm, 50 nm oder 100 nm)

$N_{in}(d_i)$ und $N_{out}(d_i)$ sind zu denselben Bedingungen zu berichtigen.

Der Minderungsfaktor des Mittelwerts der Partikelkonzentration (\bar{f}_r) bei einem bestimmten Verdünnungswert wird nach Gleichung 6-33 berechnet:

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30\text{nm}) + f_r(50\text{nm}) + f_r(100\text{nm})}{3} \quad (6-33)$$

Es wird empfohlen, den Entferner flüchtiger Partikel als vollständiges Bauteil zu kalibrieren und zu validieren.

- 2.2.2.3. Der technische Dienst sorgt dafür, dass für den Entferner flüchtiger Partikel in den sechs Monaten vor den Emissionsprüfungen ein Validierungszertifikat vorliegt, aus dem der Nachweis über die Funktionsfähigkeit hervorgeht. Verfügt der Entferner flüchtiger Partikel über Alarmvorrichtungen für die Temperaturüberwachung, ist ein zwölfmonatiges Validierungsintervall zulässig. Der Entferner flüchtiger Partikel muss in Bezug auf Tetracontanpartikel ($(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3)$ mit einem elektrischen Mobilitätsdurchmesser von mindestens 30 nm nachweislich mehr als 99,0 % dieser Partikel entfernen können, wobei die Konzentration am Einlass mindestens $10\,000\text{ cm}^{-3}$ betragen muss; ferner sind der Mindestverdünnungswert und die vom Hersteller empfohlene Betriebstemperatur zu wählen.

2.2.3. Verfahren zur Überprüfung des Partikelzählsystems

- 2.2.3.1. Vor jeder Prüfung muss der Partikelzähler eine gemessene Konzentration von weniger als 0,5 Partikel cm^{-3} anzeigen, nachdem ein HEPA-Filter, der mindestens der Klasse H13 gemäß EN 1822:2008 oder gleichwertiger Leistungsstärke entspricht, am Einlass des vollständigen Partikel-Probenahmesystems (Entferner flüchtiger Partikel und Partikelzähler) angebracht wurde.
- 2.2.3.2. Einmal pro Monat muss die mit einem kalibrierten Durchsatzmesser vorgenommene Messung des Stroms in den Partikelzähler einen Wert anzeigen, der innerhalb von 5 % des Nenndurchsatzes des Partikelzählers liegt.
- 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 cm^{-3} aufweisen, wenn er Umgebungsluft ausgesetzt wird, und eine Abnahme auf höchstens 0,2 cm^{-3} , wenn der HEPA-Filter wieder angebracht wird.
- 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.
- 2.2.3.5. Vor Beginn jeder Prüfung muss gewährleistet sein, dass das Messsystem anzeigt, dass der Partikelanzahlverdünner PND₁ seine vorgeschriebene Betriebstemperatur erreicht hat.

Anlage 2

Einbauvorschriften für Ausrüstung und Hilfseinrichtungen

<i>Anzahl</i>	<i>Ausrüstungsteile und Hilfseinrichtungen</i>	<i>Für Emissionsprüfung angebaut</i>
1	Ansaugsystem Ansaugkrümmer Kurbelgehäuseentlüftung Luftdurchsatzmesser Luftfilter Ansauggeräuschkrämer	Ja Ja Ja Ja Ja ^(a) Ja ^(a)
2	Auspuffanlage	
	Abgasnachbehandlungssystem Auspuffkrümmer Verbindungsrohre Schalldämpfer Auspuffendrohr Staudruckbremse Einrichtung zur Aufladung	Ja Ja Ja ^(b) Ja ^(b) Ja ^(b) Nein ^(c) Ja
3	Kraftstoffpumpe	Ja ^(d)
4	Kraftstoffeinspritzung Vorfilter Filter Pumpe	Ja Ja Ja Ja
5	Hochdruckleitung Einspritzdüse Elektronisches Steuergerät, Sensoren usw. Regler/Steuersystem Automatischer Regelstangen-	Ja Ja Ja Ja Ja

<i>Anzahl</i>	<i>Ausrüstungsteile Hilfseinrichtungen</i>	<i>und</i>	<i>Für Emissionsprüfung angebaut</i>
Volllastanschlag in Abhängigkeit von den atmosphärischen Bedingungen			

6	Flüssigkeitskühlung Kühler Lüfter Lüfterabdeckung Wasserpumpe Thermostat	Nein Nein Nein Ja ^(e) Ja ^(f)
7	Luftkühlung Luftleiteinrichtung Lüfter oder Gebläse Einrichtung zur Temperaturregelung	Nein ^(g) Nein ^(g) Nein
8	Einrichtung zur Aufladung Ladeluftkühler Kühlmittelpumpe oder Kühlgebläse (motorgetrieben) Kühlmittel-Durchsatzregler	Ja Ja ^{(g)(h)} Nein ^(g) Ja
9	Hilfsgebläse am Prüfstand	Ja, falls notwendig
10	Einrichtung zur Abgasreinigung	Ja
11	Anlasssystem	Ja, Prüfstandausstattung ⁽ⁱ⁾ oder
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. Dazu gehören beispielsweise: 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 gleichartiges System verwendet werden; dann ist jedoch darauf zu achten, dass der Ansaugdruck um nicht mehr als 100 Pa von dem oberen vom Hersteller für einen sauberen Luftfilter angegebenen Grenzwert abweicht.
- b) Die vollständige Abgasanlage ist entsprechend der vorgesehenen Verwendung 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 1 000 Pa von dem vom Hersteller angegebenen oberen Grenzwert abweicht.
- c) Wenn der Motor über eine Staudruckbremse 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 mit Hilfe 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 Kühlgelände oder der Lüfter für die Prüfung montiert ist, ist die aufgenommene Leistung zu den Ergebnissen zu addieren; ausgenommen sind Kühlgelände 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 Kühlungssystem 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 Leistung für elektrische oder sonstige Anlasssysteme ist durch den Prüfstand bereitzustellen.

Anlage 3

Überprüfung der Drehmomentsignal-Sendefunktion des elektronischen Steuergeräts

1. Einleitung

Die Anlage enthält die Vorschriften für die Überprüfung für den Fall, dass der Hersteller beabsichtigt, bei entsprechend ausgerüsteten Motoren die Drehmoment-Sendefunktion des elektronischen Steuergeräts im Rahmen von Überwachungsprüfungen im Betrieb gemäß der delegierten Verordnung 2016/BBB der Kommission über die Überwachung der Emissionen von in Betrieb befindlichen Motoren zu nutzen.

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

2. Drehmomentsignal des elektronischen Steuergeräts

Es ist dafür zu sorgen, dass das Drehmomentsignal, das vom elektronischen Steuergerät des zur Erstellung der Motorabbildungskurve auf dem Prüfstand installierten Motors ausgesendet wird, entsprechend den Anforderungen von Anhang I Anlage 6 der delegierten Verordnung 2016/BBB der Kommission über die Überwachung der Emissionen von in Betrieb befindlichen Motoren, gelesen werden kann.

3. Überprüfungsverfahren

Bei der Durchführung des Abbildungsverfahrens nach Nummer 7.6.2 sind die vom Prüfstand gemessenen Drehmomentwerte und das Drehmomentsignal der elektronischen Steuereinheit gleichzeitig an mindestens 3 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 7 %) beträgt. In diesem Fall ist im Typgenehmigungsbogen zu vermerken, dass das Drehmomentsignal des elektronischen Steuerungsgeräts 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 im Typgenehmigungsbogen zu vermerken. Ist im Typgenehmigungsbogen ein Faktor angegeben, ist dieser auf das Drehmomentsignal des elektronischen Steuergeräts anzuwenden, wenn Emissionsprüfungen im Betrieb gemäß der delegierten Verordnung 2016/BBB der Kommission über die Überwachung der Emissionen von in Betrieb befindlichen Motoren durchgeführt werden.

Anlage 4

Verfahren zur Messung von Ammoniak

1. Nachfolgend ist das Verfahren zur Messung von Ammoniak (NH_3) beschrieben. Bei nichtlinearen Analysatoren ist die Verwendung von Linearisierungsschaltkreisen zulässig.
2. Drei Messprinzipien sind für die NH_3 -Messung spezifiziert und jedes Prinzip kann angewendet werden, sofern es die unter den Nummern 2.1, 2.2 bzw. 2.3 angegebenen Kriterien erfüllt. Gastrockner sind für die NH_3 -Messung nicht zulässig.
 - 2.1. FTIR-Analysator (FTIR — Fourier Transform Infrarot)
 - 2.1.1. Messgrundsatz

Das FTIR verwendet das Prinzip der Infrarotspektroskopie im breiten Wellenbereich. Er ermöglicht die simultane Messung von Bauteilen des Auspuffsystems, 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.

- 2.1.2. Einbau und Probenahme

Das FTIR ist entsprechend den Anweisungen des Geräteherstellers 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.

- 2.1.3. Kreuzinterferenz

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

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

- 2.2.1. Messgrundsatz

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 Nullpunkt drift 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 kompensiert werden. Da die Gasfüllung der Küvette sehr stabil ist, führt diese Kalibermethode zu einer sehr hohen Langzeitstabilität des Fotometers.

2.2.2. Einbau

Der Analysator ist in einem Analysenschränk, 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.

2.2.3. Querempfindlichkeit

Um Querempfindlichkeiten von Begleitgasen möglichst gering zu halten, ist ein geeigneter Spektralbereich zu wählen. Typische Bestandteile, die bei der NH₃-Messung zu Querempfindlichkeiten führen, sind SO₂, NO₂ 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

2.3. Laser-Infrarot-Analysator

2.3.1. Messgrundsatz

Ein Infrarotlaser, etwa eine abstimmbare Laserdiode 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.

2.3.2. Einbau

Der Analysator ist entweder direkt im Auspuffrohr (in situ) anzubringen oder in einem Analysenschränk, der die extraktive Probenahme gemäß den Vorschriften des Geräteherstellers nutzt. Bei Einbau in einen Analysenschränk 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 der Messung durch Abgastemperatur und -druck, Umgebung der Anbringung und Erschütterungen 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.

2.3.3. Kontrolle der Querempfindlichkeit für Laser-Infrarot- NH_3 -Analysatoren

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.

2.3.3.2. Messgrundsätze 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 H₂O von der vom Gerätehersteller gewählten NH₃-Infrarot-Absorptionsbande abhängig ist. Für jeden Analysator ist die NH₃-Infrarot-Absorptionsbande zu bestimmen. Für jede HN₃-Infrarot-Absorptionsbande ist nach bestem fachlichen Ermessen zu bestimmen, welche Querempfindlichkeitsgase bei der Überprüfung zu verwenden sind.

3. Emissionsprüfverfahren
 - 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 Kalibriegasansprechen muss festgestellt werden, wenn die Vorschriften von Nummer 3.4.2 nicht für das Instrument gelten. Für das Justiergasansprechen ist ein NH₃-Gas, das den Spezifikationen von Nummer 4.2.7 entspricht, zu verwenden. Die Verwendung von Bezugszellen, die NH₃-Justergase enthalten, ist zulässig.

- 3.2. Erfassung emissionsrelevanter Daten

Mit Beginn der Prüffolge ist gleichzeitig die NH₃-Datenerfassung zu beginnen. Die NH₃-Konzentration ist kontinuierlich zu messen und mit mindestens 1 Hz in einem Computersystem zu speichern.

- 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 Nummer 3.4.1 ist nur dann erforderlich, wenn die Informationen in Abschnitt 3.4.2 nicht verfügbar sind.

- 3.4. Analysator-Drift

- 3.4.1. So bald wie möglich, aber nicht später als 30 Minuten, nachdem der Prüfzyklus abgeschlossen wurde, oder während der Abstellphase, sind das Nullgas- und das Kalibriegasansprechen des Analysators zu bestimmen. Die Driftdifferenz zwischen den Messergebnissen vor und nach der Prüfung muss unter 2 % vom Skalenendwert liegen.
- 3.4.2. Die Bestimmung der Analysator-Drift ist in den folgenden Situationen nicht erforderlich:

- (a) Wenn die vom Gerätehersteller in den Nummern 4.2.3 und 4.2.4 angegebene Nullpunkt drift und Messbereichsdrift den Anforderungen in Nummer 3.4.1 entspricht;
- (b) wenn das Zeitintervall der vom Gerätehersteller in den Nummern 4.2.3 und 4.2.4 angegebenen Nullpunkt drift und Messbereichsdrift die Dauer der Prüfung überschreitet.

4. Spezifikationen der Analysatoren und Überprüfung

4.1. Linearitätsanforderungen

Der Analysator muss den in Tabelle 6.5 dieses Anhangs angegebenen Linearitätsanforderungen entsprechen. Die Linearitätsprüfung gemäß Nummer 8.1.4 dieses Anhangs ist mindestens bei der Minimalfrequenz nach Tabelle 6.4 dieses Anhangs durchzuführen. Mit vorheriger Zustimmung der Genehmigungsbehörde sind weniger als 10 Referenzpunkte zulässig, wenn eine gleiche Genauigkeit nachgewiesen werden kann.

Für die Linearitätsprüfung ist ein NH₃-Gas, das den Spezifikationen von Nummer 4.2.7 entspricht, zu verwenden. Die Verwendung von Bezugszellen, die NH₃-Justiergase enthalten, ist zulässig.

Geräte, deren Signale für Kompensierungsalgorithmen verwendet werden, müssen den Linearitätsanforderungen entsprechen, die in Tabelle 6.5 dieses Anhangs angegeben sind. Die Linearität ist in den Abständen zu prüfen, die in hausinternen Audit-Verfahren, vom Gerätehersteller oder in Normen der ISO 9000-Reihe festgelegt sind.

4.2. Spezifikationen zu den Analysatoren

Messbereich und Ansprechzeit der Analysegeräte müssen den Genauigkeitsanforderungen für die Messung der NH₃-Konzentrationen im dynamischen und stationären Betrieb entsprechen.

4.2.1. Minimale Nachweisgrenze

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

4.2.2. Genauigkeit

Die Genauigkeit, definiert als die Abweichung des abgelesenen Messwertes vom Bezugswert, darf ± 3 % vom Ablesewert oder ± 2 ppm nicht überschreiten; es gilt der jeweils größere Wert.

4.2.3. Nullpunkt drift

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

4.2.4. Messbereichsdrift

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

4.2.5. Systemansprechzeit

Die Systemansprechzeit darf ≤ 20 s sein.

4.2.6. Anstiegzeit

Die Anstiegzeit des Analysegeräts darf ≤ 5 s sein.

4.2.7. NH₃-Kalibriergas

Das Gasgemisch mit folgender chemischer Zusammensetzung muss verfügbar sein.

NH₃ und gereinigter Stickstoff.

Die tatsächliche Konzentration des Kalibriergases darf um höchstens ± 3 % vom Nennwert abweichen. Die NH₃-Konzentration ist als Volumenanteil auszudrücken (Volumenprozent oder ppm als Volumenanteil).

Das vom Hersteller angegebene Verfallsdatum der Kalibriergase ist aufzuzeichnen.

4.2.8. Querempfindlichkeits-Prüfverfahren

Die Überprüfung der Querempfindlichkeit ist folgendermaßen durchzuführen:

- (a) Der NH₃-Analysator ist wie bei einer Emissionsprüfung einzuschalten, 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 Wasser geleitet wird. Wird die Probe nicht durch einen Probentrockner geleitet, muss die Gefäßtemperatur so reguliert werden, dass ein H₂O-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 $x_{\text{H}_2\text{O}}$ des befeuchteten Querempfindlichkeits-Prüfgases wird so nahe wie möglich am Eintritt des Analysators gemessen. Beispielsweise

sind zur Berechnung von $x_{\text{H}_2\text{O}}$ 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 $x_{\text{H}_2\text{O}}$ gemessen wird, und dem Analysator ist nach bestem fachlichen Ermessen zu vermeiden.
- (f) Für die Stabilisierung des Ansprechverhaltens des Analysators ist hinreichend Zeit vorzusehen.
- (g) Während der Analysator die Probenkonzentration misst, werden mindestens 30 s lang Daten aufgezeichnet. Das arithmetische Mittel dieser Daten ist zu berechnen.
- (h) Der Analysator arbeitet vorschriftsmäßig, wenn das Ergebnis der Messung nach Buchstabe g dieses Abschnitts der Toleranz gemäß dieser Nummer entspricht.
- (i) Querempfindlichkeitsprüfungen für einzelne Querempfindlichkeitsgase können auch getrennt durchgeführt werden. Falls die verwendeten Querempfindlichkeitgas-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 Querempfindlichkeitsprüfungen 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 dieser Nummer spezifizierten Toleranzen für kombinierte Querempfindlichkeiten liegen.
- (j) Die kombinierte Querempfindlichkeit des Analysators muss innerhalb von $\pm 2\%$ der nach dem Durchsatz gewichteten mittleren NH_3 -Konzentration entsprechen, die am Emissionsgrenzwert erwartet wird.

5. Alternative Systeme

Andere Systeme oder Analysatoren können von der Genehmigungsbehörde zugelassen werden, wenn mit ihnen erwiesenermaßen gleichwertige Ergebnisse gemäß Nummer 5.1.1 dieses Anhangs erzielt werden. In diesem Fall ist in dieser Nummer mit „Ergebnis“ die für den anwendbaren Zyklus berechnete mittlere NH_3 -Konzentration gemeint.

Anlage 5

Beschreibung des Systemansprechverhaltens

1. Diese Anlage enthält die Bezeichnung der Zeiten, die bei der Beschreibung des Ansprechverhaltens von Analysesystemen und sonstigen Messsystemen auf ein Eingangssignal bedeutsam sind.
2. Es werden folgende Zeiten gemäß Abbildung 6-11 unterschieden:
 - 2.1. Die Ansprechverzögerung ist der Zeitunterschied zwischen der Änderung der am Bezugspunkt zu messenden Komponente und dem Systemansprechen von 10 % der Endablesung (t_{10}), wobei die Probenahmesonde als Bezugspunkt gilt.
 - 2.2. Die Ansprechzeit ist der Zeitunterschied zwischen der Änderung der am Bezugspunkt zu messenden Komponente und dem Systemansprechen von 90 % der Endablesung (t_{90}), wobei die Probenahmesonde als Bezugspunkt gilt.
 - 2.3. Die Anstiegzeit ist die Zeit für den Anstieg des angezeigten Messwertes von 10 % auf 90 % des Endwertes ($t_{90} - t_{10}$).
 - 2.4. Die Wandlungszeit ist der Zeitunterschied zwischen der Änderung der am Bezugspunkt zu messenden Komponente und dem Systemansprechen von 50 % der Endablesung (t_{50}), wobei die Probenahmesonde als Bezugspunkt gilt.

Abbildung 6-11

Darstellung des Systemansprechverhaltens

