



KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN

Brüssel, 27.12.2002
KOM(2002) 765 endgültig

2002/0304 (COD)

Vorschlag für eine

RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

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

(von der Kommission vorgelegt)

BEGRÜNDUNG

1. ZWECK DES VORSCHLAGS

In der Richtlinie 97/68/EG werden Vorschriften für die Emissionen von Luftschadstoffen aus Kompressionszündungsmotoren festgelegt, die zur Verwendung in mobilen Maschinen und Geräten mit einer Motorleistung von 18-560 kW bestimmt sind. Die Richtlinie umfasst zwei Stufen von Emissionsstandards. Die Standards der Stufe I sind für sämtliche Leistungsbereiche bereits in Kraft getreten, während die Standards der Stufe II je nach Leistungsbereich zwischen dem 31. Dezember 2000 und dem 31. Dezember 2003 in Kraft treten werden. Im Dezember 2000 legte die Kommission im Einklang mit dem Erwägungsgrund 5) der genannten Richtlinie einen Vorschlag zur Einbeziehung kleiner Fremdzündungs-(Benzin-)motoren (bis zu 19 kW) in den Geltungsbereich der Richtlinie vor. Dieser Vorschlag lag dem Europäischen Parlament im Juli 2002 zur Abstimmung in zweiter Lesung vor, und der Rat akzeptierte das Ergebnis dieser Abstimmung.

Ferner sieht Artikel 19 der Richtlinie eine Verschärfung der Emissionsstandards für Kompressionszündungsmotoren vor. Die Kommission sollte auf der Grundlage der generellen Verfügbarkeit von Technologien zur Begrenzung luftverunreinigender Emissionen von Kompressionszündungsmotoren und des Zustands der Luftqualität einen Vorschlag über eine weitere Senkung der Emissionsgrenzwerte vorlegen.

2. HINTERGRUND

2.1. Zustand der Luftqualität

2.1.1. Allgemeines

Das Auto-Öl-Programm (KOM (2000) 626 endg.) war zu dem Ergebnis gekommen, dass sich die Luftqualität in der Gemeinschaft zwar verbessert hat und infolge der bereits getroffenen Maßnahmen noch weiter verbessern wird, die Umweltprobleme der Öluftqualität jedoch fortbestehen werden. Es wies besonders darauf hin, dass die Entstehung von Ozon (Emissionen von Stickoxiden, NO_x und flüchtigen organischen Verbindungen) und Partikelemissionen bekämpft werden muss. Darüber hinaus gebe es in einigen Städten noch immer örtliche Luftqualitätsprobleme in Form hoher NO₂-Mengen.

2.1.2. Emissionen von Kompressionszündungsmotoren in mobilen Maschinen und Geräten

Im Zusammenhang mit den noch verbleibenden Luftqualitätsproblemen, die im Programm Auto-Öl-II behandelt werden, sind bei Kompressionszündungsmotoren die Schadstoffe NO_x und Partikelbestandteile von Bedeutung. Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, des anderen Ozonvorläufers, sind bei diesen Motoren im Allgemeinen niedrig.

Abgesehen von wenigen Ausnahmen werden mobile Maschinen und Geräte nicht registriert. Darüber hinaus sind die Verwendungsarten der verschiedenen Typen von mobilen Maschinen und Geräten sehr vielfältig. Daher lassen sich die tatsächlichen Emissionen dieser Geräte nur schwer mit einem gewissen Genauigkeitsgrad abschätzen.

Auf der Ebene der Gemeinschaft wurde 1994 als Grundlage für die Umsetzung der Richtlinie 97/68/EG ein relativ umfassendes Verzeichnis aufgestellt. Die Studie weist natürlich einige

Unsicherheiten auf und ist bereits einige Jahre alt, sie liefert jedoch eine grobe Schätzung der Emissionen mobiler Maschinen und Geräte - einschließlich Zugmaschinen. Nach diesem Verzeichnis beliefen sich die Emissionen vor der Einführung der Stufe I der Richtlinie 97/68/EG auf folgende Werte:

Motoren	NOx (kt)	Partikelbestandteile (kt)
Alle unter die Richtlinie 97/68/EG fallenden Kompressionszündungs-motoren und land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen	1.630	190

Die Umsetzung der Stufen I und II der derzeitigen Rechtsvorschriften hat zu einer Reduzierung dieser Emissionen geführt, die sich noch fortsetzen wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Motor der Stufe II, verglichen mit einem "nicht reglementierten" Motor, etwa 40% weniger NOx und 60% weniger Partikelbestandteile emittiert. Bis zu einem gewissen Grad wurde diese Reduzierung durch die gestiegene Zahl der Motoren wieder aufgehoben. Auf der Grundlage dieses Verzeichnisses werden sich die Emissionen von mobilen Maschinen und Geräten mit einer Leistung von 19 kW und darüber, einschließlich Zugmaschinen, sobald alle Motoren durch Motoren der Stufe II ersetzt sind, insgesamt auf die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Werte belaufen.

Um einen Überblick über die Gesamtemissionsmengen zu erhalten, wurden die Daten aus dem Abschlussbericht Auto-Öl-II in die nachstehende Tabelle aufgenommen.

Quellen	NOx (kt)	Partikelbestandteile (kt)
Alle unter die Richtlinie 97/68/EG fallenden Kompressionszündungs-motoren sowie land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen - Schätzungen für 2020 (alle Motoren, die die Grenzwerte der Stufe II einhalten)	1.000	80
Gesamtemissionen 2020 (Auto-Öl-II-Bericht)	6.015	1538
Emissionen aus dem Straßenverkehr 2020 (Auto-Öl-II-Bericht)	985	83 (1)

(1) Nur Auspuffemissionen

2.1.3. Schlussfolgerungen

Abschließend kann gesagt werden, dass weitere Maßnahmen erforderlich sind, um die Luftqualitätsprobleme künftig in den Griff zu bekommen. Dies wurde in Artikel 19 der derzeitigen Richtlinie 97/68/EG als eine der Voraussetzungen für die Stufe III erwähnt. Ferner ist schon jetzt klar, dass Emissionen von mobilen Maschinen und Geräten an diesen Luftqualitätsproblemen einen erheblichen Anteil haben, auch wenn die Ungewissheit der Emissionsverzeichnisse berücksichtigt wird.

2.2. Weltweit verfügbare Technologie

Für mobile Maschinen und Geräte werden weitaus weniger Motoren produziert als für Straßenfahrzeuge. Daher hat sich für diese Produkte ein globaler Markt entwickelt. Aus diesem Grund wurde in Artikel 19 der derzeitigen Richtlinie 97/68/EG auf die Verfügbarkeit von Technologien zur Begrenzung luftverunreinigender Emissionen auf globaler Basis hingewiesen.

Hauptsächlich aufgrund des höheren Produktionsvolumens hat die Entwicklung fortgeschrittener Technologien zur Verminderung der Schadstoffemissionen von Kompressionszündungsmotoren im Allgemeinen im Bereich der Anwendungen auf Straßenfahrzeuge stattgefunden. Diese technischen Lösungen werden dann einige Jahre später mit den entsprechenden Veränderungen im Bereich mobiler Maschinen und Geräte angewandt. Es ist also ganz vernünftig, bei Prognosen über die künftige Verfügbarkeit fortgeschrittener Begrenzungstechnologien von den Rechtsvorschriften und technischen Entwicklungen im Bereich des Straßenverkehrs auszugehen. Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass mobile Maschinen und Geräte in einem unterschiedlichen Umfeld funktionieren und auf Straßenfahrzeuge angewendete Technologien sich nicht immer unmittelbar auf sämtliche Arten mobiler Maschinen und Geräte übertragen lassen.

2.2.1. Rechtsvorschriften für Straßenfahrzeuge in Europa

Als Folge des Auto-Öl-Programms sind die Emissionsstandards für Straßenfahrzeuge stufenweise zu verschärfen. 2005 werden Euro-IV-Standards mit sehr niedrigen Grenzwerten für Partikelemissionen eingeführt. Bei der Entscheidung über diese Rechtsvorschriften wurde davon ausgegangen, dass die Hersteller Partikelfilter oder Technologien mit vergleichbarem Wirkungsgrad anwenden müssen, um diese Grenzwerte einzuhalten.

Für schwere Nutzfahrzeuge sollen die NO_x-Grenzwerte ab 2008 weiter verschärft werden, auch wenn eine Überprüfungsklausel vorgesehen ist. Zur Einhaltung dieser Grenzwerte müssen die Hersteller eine Art Nachbehandlungseinrichtung verwenden.

2.2.2. Rechtsvorschriften für Straßenfahrzeuge in den USA

Im Dezember 2000 beschlossen die US-Behörden die Einführung einer weiteren Reihe von Grenzwerten für schwere Nutzfahrzeuge. Diese Grenzwerte sollen ab 2007 in Kraft treten. Der Grenzwert für Partikelemissionen ist mehr oder weniger der gleiche wie der europäische Euro IV/V-Wert, und für NO_x-Emissionen beträgt der Grenzwert im Prinzip ein Sechstel des Euro V-Grenzwerts. Demzufolge müssen die Hersteller zur Einhaltung dieser US-Standards sowohl für Partikel- als auch für NO_x-Emissionen Nachbehandlungseinrichtungen verwenden.

2.2.3. Rechtsvorschriften für Straßenfahrzeuge in Japan

Die Emissionsvorschriften für Kompressionszündungsmotoren schwerer Nutzfahrzeuge sind in Japan traditionsgemäß weniger streng als die entsprechenden Rechtsvorschriften in den USA oder in der EU. Aufgrund der Verschlechterung der Luftqualität hat Japan jedoch beschlossen, stufenweise weitreichende Rechtsvorschriften zur Reduzierung der NOx- und der Partikelemissionen einzuführen. Eine erste Stufe in der gleichen Größenordnung wie die Euro IV-Standards wird 2005 eingeführt, und eine weitere Stufe ist geplant.

2.2.4. Schlussfolgerungen

Abschließend kann gesagt werden, dass die Technologie für eine weitere Begrenzung der Luftschadstoffemissionen von Kompressionszündungsmotoren grundsätzlich verfügbar ist oder auf dem Weltmarkt in 3 bis 5 Jahren verfügbar sein wird (zweite Vorbedingung in Artikel 19). Da diese Technologie jedoch zur Anwendung in Straßenfahrzeugen entwickelt wurde, wird sie in vielen Fällen für mobile Maschinen und Geräte noch anzupassen sein. Das könnte sich für bestimmte Anwendungen als technisch unmöglich oder sehr kostspielig erweisen. Diese Frage wird an anderer Stelle dieser Begründung näher erläutert.

3. WICHTIGE VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE UMSETZUNG DER STUFE III

3.1. Globale Anpassung

Wie bereits erwähnt, werden Motoren zur Verwendung in mobilen Maschinen und Geräten weitgehend für den Weltmarkt produziert. Die einzelnen Motortypen werden häufig nur in geringen Stückzahlen hergestellt, so dass die Entwicklungskosten kaum tragbar wären, wenn auf regionaler Ebene Emissionsvorschriften eingeführt würden.

Demzufolge wurde bei der Ausarbeitung der geltenden Rechtsvorschriften der globalen Angleichung eine hohe Bedeutung beigemessen. Dies gelang insoweit, als die derzeitigen Emissionsvorschriften der Richtlinie 97/68/EG vergleichbar sind mit denjenigen in Japan und den USA, so dass die Motorhersteller auf diesen Märkten jeweils das gleiche Konzept anbieten konnten.

Was die künftigen Rechtsvorschriften angeht, so haben die USA bereits beschlossen, für Motoren von 37 kW bis 560 kW Standards der Stufe (Tier) III einzuführen. Diese Standards, die lediglich gasförmige Emissionen abdecken, sollen je nach Leistungsbereich der Motoren zwischen 2006 und 2008 eingeführt werden. Eine spätere Klasse IV wird derzeit von den US-Behörden diskutiert, und nach Angaben der EPA (US Environmental Protection Agency) wird ein Gesetzesvorschlag (NPRM) für Anfang 2003 erwartet. Die EPA erklärte ferner ihre Absicht, diesen Vorschlag an den bereits getroffenen Entscheidungen für Straßenfahrzeuge zu orientieren, d.h. der Verwendung von Nachbehandlungseinrichtungen.

Ferner enthalten die derzeitigen US-Rechtsvorschriften für den Leistungsbereich 19-37 kW Grenzwerte, die über die derzeitigen Grenzwerte der Stufe II der Richtlinie 97/68/EG hinausgehen.

Japan hat bisher noch keine weitere Verschärfung der Emissionsstandards, die über die derzeitigen EU-Standards der Stufe II hinausgehen, beschlossen, beteiligt sich jedoch an den internationalen Verhandlungen, die gegenwärtig zwischen den Regierungsstellen und der Industrie stattfinden.

3.1.1. Schlussfolgerungen

Die globale Angleichung ist in Bezug auf die künftigen Emissionsstandards von größter Bedeutung. Daher wurden die Maßnahmen zur Änderung der Richtlinie 97/68/EG im Hinblick auf die Grenzwerte der Stufe III in enger Zusammenarbeit mit der Industrie und den Behörden der USA und Japan diskutiert. Ziel ist es, eine Situation herbeizuführen, bei der es keine Verlierer gibt, und bei der die Industrie auf einem globalen Markt ein und dasselbe Konzept anbieten kann und das dadurch eingesparte Geld zum Teil in die Erzielung eines hohen Umweltschutzniveaus investieren kann.

3.2. Geltungsbereich der Richtlinie

3.2.1. Motorleistungsbereich

Die derzeit geltende Richtlinie 97/68/EG deckt Kompressionszündungsmotoren mit einer Leistung von 18 kW bis 560 kW ab. Die entsprechenden US-Rechtsvorschriften decken den Leistungsbereich 19-560 kW ab. In der Praxis spielt es keine Rolle, ob der Leistungsbereich bei 19 oder 18 kW beginnt, im Interesse der künftigen Angleichung der Richtlinie 97/68/EG sollte in künftigen Vorschriften jedoch 19 kW anstatt 18 kW festgelegt werden.

In den USA sind Motoren unter 19 kW und über 560 kW ebenfalls reglementiert, und es könnte im Hinblick auf eine weitere Angleichung argumentiert werden, dass in der Richtlinie 97/68/EG auch für diese Motoren Grenzwerte festgelegt werden sollten. Aus dem Verzeichnis unter Ziffer 1.1.2 geht jedoch nicht hervor, dass diese Motoren nennenswert zu den Gesamtemissionen in der EU beitragen. Daher lässt sich derzeit die Festlegung von Rechtsvorschriften für diese Kategorie von Kompressionszündungsmotoren nur schwer rechtfertigen. Diese Frage sollte im Interesse einer weiteren Angleichung der Rechtsvorschriften jedoch weiter untersucht und als Teil der technischen Überprüfung unter Absatz 3.9 erörtert werden.

Ferner wird im Rahmen einer vor kurzem vom Rat und vom Europäischen Parlament beschlossenen Änderung die Richtlinie auch kleine Benzinmotoren (bis zu 19 kW) abdecken.

3.2.2. Ausgenommene Anwendungen

Zusätzlich zu den auf der Motorleistung beruhenden Begrenzungen sind einige Anwendungen derzeit vom Geltungsbereich der Richtlinie ausgenommen, insbesondere

Motoren zum Antrieb von

- Kraftfahrzeugen (Straßenfahrzeugen) im Sinne der Richtlinien 70/156/EWG und 92/61/EWG,
- landwirtschaftlichen Zugmaschinen im Sinne der Richtlinie 74/150/EWG.

und

Anwendungen in

- Schiffen,
- Eisenbahnlokomotiven,

- Flugzeugen,
- Stromerzeugungsaggregaten,
- Sportfahrzeugen.

Für Straßenfahrzeuge sind die bestehenden und die für die Zukunft angenommenen Standards strenger als die Standards für mobile Maschinen und Geräte, und es gibt keinen Grund, diese in den Geltungsbereich der Richtlinie 97/68 aufzunehmen.

Zugmaschinen fallen unter eine andere Richtlinie - die Richtlinie 2000/25/EG – deren Anforderungen weitgehend denjenigen der Richtlinie 97/68/EG entsprechen (mit einigen Abweichungen hinsichtlich der Umsetzungstermine). In der Zugmaschinen-Richtlinie heißt es, dass, sobald die Vorschriften gemäß Artikel 19 der Richtlinie 97/68/EG angenommen sind, die Grenzwerte und die Umsetzungstermine unverzüglich anzugleichen sind. Demzufolge wird die Kommission, sobald eine förmliche Entscheidung über die Änderung der Richtlinie 97/68/EG gefallen ist, über das Ausschussverfahren einen Vorschlag zur Festlegung der gleichen Grenzwerte und Inkraftsetzungsdaten in der Richtlinie 2000/25/EG vorlegen.

Die obige Änderung über Fremdzündungsmotoren umfasste ferner Grenzwerte für Stromerzeugungsaggregate und andere Motoren mit konstanter Drehzahl – Kompressionszündungs- und Fremdzündungsmotoren - wodurch die Ausnahme für Stromerzeugungsaggregate aufgehoben wird.

Sportfahrzeuge sind lediglich in Bezug auf Benzinmotoren von Interesse und sind nicht Gegenstand dieses Änderungsvorschlags über Dieselmotoren.

Eisenbahnlokomotiven, die laut Definition nicht zur Beförderung von Fahrgästen oder Fracht bestimmt sind, werden in den USA durch separate Rechtsvorschriften abgedeckt. Die normalerweise darin verwendeten Motoren haben für gewöhnlich eine Leistung von über 560 kW. Sonstige Eisenbahnanwendungen, z.B. Motoren in Schienenfahrzeugen, fallen unter die normalen Rechtsvorschriften für mobile Maschinen und Geräte.

Die derzeitige Richtlinie 97/68/EG enthält keine Begriffsbestimmung für "Lokomotiven". Zur besseren Angleichung sollten wir die gleiche Definition benutzen wie die Definition in den US-Rechtsvorschriften. Dies würde dann auch "kleine" Motoren in Eisenbahnanwendungen abdecken.

Ferner behandelte die Kommission diese Frage in ihrer Mitteilung "Schaffung eines integrierten europäischen Eisenbahnraums" (KOM (2002) 18 endg.). In Bezug auf die Luftverunreinigung erklärte sie ihre Absicht, "Triebfahrzeuge mit leichten Dieselmotoren" in den Anwendungsbereich der Richtlinie 97/68/EG aufzunehmen und Spezifikationen für die technische Interoperabilität für schwere Dieselmotoren auszuarbeiten.

Es war der Einwand erhoben worden, dass Emissionsstandards für Eisenbahnanwendungen auf einem getrennten Prüfzyklus beruhen sollten, da das Fahrmuster eines Schienenfahrzeugs naturgemäß anders ist als das eines Baggers oder eines landwirtschaftlichen Zugfahrzeugs. Dies gilt besonders für Lokomotiven. Aus den unter dem Kapitel "Prüfverfahren" erläuterten Gründen wird jedoch vorgeschlagen, kein gesondertes Prüfverfahren in die Richtlinie 97/68/EG aufzunehmen.

Vor kurzem hat sich herausgestellt, das Schiffe maßgeblich an den Gesamt-NO_x- und Partikelemissionen beteiligt sind. Dies trifft insbesondere auf Seeschiffe zu, aber auch Binnenschiffe tragen zu den Emissionen bei.

In ihrem Weißbuch über eine gemeinsame Verkehrspolitik erklärte die Kommission, dass es sich nicht nur bei der Eisenbahn sondern auch bei der Binnenschifffahrt um umweltfreundliche Verkehrsträger handelt. Um dieser Rolle gerecht zu werden, müssen auf Binnenwasserstraßen eingesetzte Schiffe jedoch umweltverträglicher werden.

Auf internationaler Ebene hat die Internationale Seeschiffahrtsorganisation (IMO) Vorschriften für NO_x-Emissionen von Schiffen (MARPOL, Anhang VI) ausgearbeitet. Dieser Anhang ist jedoch aufgrund des Fehlens der erforderlichen Ratifizierung noch immer nicht in Kraft getreten. Außerdem betreffen sie nicht die Partikelemissionen, ein Thema mit hoher Priorität.

Motorhersteller haben sich für eine Umsetzung der in den USA für diese Art von Motoren geltenden Grenzwerte (und ISO-Prüfverfahren) ausgesprochen. Diese Grenzwerte sind vom umweltpolitischen Standpunkt aus sehr ehrgeizig und erfüllen das angestrebte Ziel der Angleichung, so dass sie durchaus in den EU-Rechtsvorschriften angewendet werden könnten.

Die Strategie für die Behandlung der Emissionen von Seeschiffen wird Gegenstand einer getrennten Mitteilung der Kommission sein.

Sportboote fallen unter eine andere Richtlinie – die Richtlinie 94/25/EG. Die Kommission hat im Oktober 2000 eine Änderung dieser Richtlinie vorgeschlagen, um Abgas- und Geräuschemissionsgrenzwerte für Motoren für den Betrieb von Sportbooten in die Richtlinie aufzunehmen (KOM(2000)639). Der am 22. April 2002 angenommene Gemeinsame Standpunkt des Rates zu dieser Änderung enthält in Artikel 2 eine die Überprüfung der Bestimmungen betreffende Klausel. Gemäß dieser Klausel muss die Kommission bis zum 31. Dezember 2005 einen Bericht über die Möglichkeiten für eine weitere Verringerung der Emissionen von Sportbooten und Wassermotorrädern vorlegen. Aufgrund dieses Berichts unterbreitet die Kommission dem Europäischen Parlament und dem Rat bis zum 31. Dezember 2006 geeignete Vorschläge für strengere Anforderungen und Emissionswerte. Daher besteht kein Grund, Sportboote in den Geltungsbereich der Richtlinie 97/68 aufzunehmen.

3.2.3. *Schlussfolgerungen*

Um eine weitere Angleichung an die US-Rechtsvorschriften zu erreichen, sollte die derzeitige untere Leistungsgrenze von 18 kW in 19 kW geändert werden. Motoren unter 19 kW und über 560 kW sollten bis auf weiteres aus dem Geltungsbereich der Richtlinie ausgeschlossen werden.

Für land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen sind die Umsetzungstermine und die Grenzwerte durch den Vorschlag der Kommission über eine Änderung der Richtlinie 2000/25/EG, der parallel zu diesem Vorschlag vorgelegt wird, anzugleichen.

Die Begriffsbestimmungen sollten genauer festgelegt werden, um auch Emissionen von Eisenbahnanwendungen einzubeziehen, außer von Lokomotiven, die als solche nicht zur Beförderung von Fahrgästen oder Fracht bestimmt sind, um die Angleichung an die US-Rechtsvorschriften herbeizuführen.

Binnenschiffe sollten in den Geltungsbereich der Richtlinie 97/68/EG einbezogen werden. Da sie bisher ausgeschlossen waren und andere technische Merkmale haben, sollten für sie getrennte Emissionsgrenzwerte und Inkrafttretungsdaten gelten.

3.3. Prüfverfahren

Das derzeit in der Richtlinie 97/68/EG vorgesehene Verfahren zur Messung der Emissionen beruht auf einem stationären Prüfzyklus (ISO 8178-4 C1 8-Phasen-Zyklus). Da mobile Maschinen und Geräte eine Vielzahl verschiedener Anwendungen mit unterschiedlichen praktischen Funktionen umfassen, wird es sehr schwierig sein, alle diese Anwendungen mit einem einzigen Prüfzyklus abzudecken. Daher enthält der derzeitige Prüfzyklus nicht alle derzeitigen Betriebsbedingungen mobiler Maschinen und Geräte. Auch einige Betriebsarten, bei denen die meisten Luftverunreinigungen entstehen, sind nicht enthalten. Bei den neuen strengen Emissionsgrenzwerten ist er jedoch ein guter Kompromiss.

Mit der Verschärfung der Emissionsgrenzwerte kommt einem Prüfverfahren, das die wichtigsten Betriebsarten abdeckt, zunehmende Bedeutung zu, um Diskrepanzen zwischen den tatsächlichen Emissionen und den Messungen im Labor zu vermeiden. Partikelbestandteile treten beispielsweise im Betrieb unter "dynamischen Bedingungen" wesentlich stärker auf. Dies hat sich auch bei der Ausarbeitung der derzeitigen EU-Rechtsvorschriften über Emissionen von Straßenfahrzeugen bestätigt, die zur Einführung eines dynamischen Prüfverfahrens geführt hatten.

Die meisten Motoren für mobile Maschinen und Geräte sind naturgemäß weitgehend dynamisch. Selbst Geräte wie Pumpen und Generatoren, die meistens mit konstanten Drehzahlen arbeiten, können aufgrund von Variationen der Motorlast mit der Zeit vom stationären Betrieb abweichen. Im Rahmen einer breit angelegten Zusammenarbeit zwischen den staatlichen Behörden und der Industrie in den USA, Japan und Europa wurden daher Anstrengungen unternommen, um einen neuen Prüfzyklus zu entwickeln, der dem besser Rechnung trägt.

Diese Zusammenarbeit hat zu einem neuen dynamischen Prüfzyklus geführt, der diese Anforderungen erfüllt. Der Prüfzyklus wurde so konzipiert, dass er auf Wirbelstrom-Leistungsprüfständen laufen kann, was wesentlich kostengünstiger (zwischen einem Drittel und einem Viertel der üblichen Kosten) ist als die herkömmliche Ausrüstung (Wechselstrom- oder Gleichstromleistungsprüfstand) für dynamische Prüfungen, ohne die Umweltziele zu beeinträchtigen.

Noch höhere Kosteneinsparungen (ein Fünftel der üblichen Kosten oder weniger) lassen sich erzielen, wenn die dynamische Prüfung unter Verwendung von Teilstrom-Verdünnungssystemen durchgeführt wird, die bereits für das stationäre Verfahren verwendet werden, anstatt die herkömmliche CVS (Constant Volume Sampling)-Einrichtung zu verwenden. Die Arbeiten an der ISO/FDIS 16183 "Heavy duty engines – Measurement of gaseous and particulate exhaust emissions under transient test conditions – Raw exhaust gas and partial flow dilution systems" sind nunmehr abgeschlossen und können nach Ansicht der Europäischen Kommission von Straßenfahrzeugmotoren auf Motoren mobiler Maschinen und Geräte übertragen werden.

Dieses neue Prüfverfahren sollte zur Messung der Partikelemissionen verbindlich vorgeschrieben werden, sobald die Werte der Stufe III B in Kraft treten. Für gasförmige Schadstoffe könnte der Hersteller das derzeitige Prüfverfahren anwenden, obwohl die Hersteller, sobald die Werte der Stufe III B gelten, vermutlich das dynamische Prüfverfahren

auch für gasförmige Schadstoffe anwenden werden, um zwei verschiedene Prüfverfahren zu vermeiden.

Es wurde darauf hingewiesen, dass Lokomotiven im Vergleich zu mobilen Maschinen und Geräten unterschiedliche Betriebsmuster haben und daher ein getrenntes Prüfverfahren angewandt werden sollte. Ein getrenntes Prüfverfahren gibt es bereits - den stationären Prüfzyklus ISO 8178-4, type F "Rail traction". Dieser Prüfzyklus des Typs F entspricht allem Anschein nach genau dem Betriebsverhalten des alten Kraftübertragungssystems, das in Eisenbahnen eingesetzt wird.

Dabei darf jedoch der Zweck der Emissionsvorschriften nicht außer Acht gelassen werden, der darin besteht, die Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit zu vermindern. Unter diesem Gesichtspunkt sind eher die lokalen Emissionen, die rund um Bahnhöfe in Stadtgebieten entstehen, und nicht der Anteil an den Gesamtemissionen für die Eisenbahn von Bedeutung. Diese Emissionen treten während der Beschleunigung und bei starker Motorlast auf, während die Emissionen bei konstanter Drehzahl, zumeist in ländlichen Gebieten sehr niedrig sind. Die Verwendung eines getrennten Prüfverfahrens würde eine Mittelwertbildung der Emissionen ermöglichen, die tatsächlichen Umweltprobleme jedoch nicht lösen.

Auf jeden Fall sollten weitere Untersuchungen durchgeführt und gegebenenfalls das Prüfverfahren geändert werden, bevor strenge Grenzwerte für Partikelemissionen in Kraft treten. Diese Frage kann in die technische Überprüfung einbezogen werden, die unter Absatz 3.9 erörtert wird.

Ferner wird darauf hingewiesen, dass in den entsprechenden US-Rechtsvorschriften ein getrenntes Prüfverfahren lediglich für Lokomotiven verwendet wird, die ohnehin nicht unter den Geltungsbereich der Richtlinie 97/68/EG fallen.

3.3.1. Schlussfolgerungen

Die künftigen Standards der Stufe III B für Partikelbestandteile sollten auf einem neuen eigenen dynamischen Prüfverfahren basieren, um den tatsächlichen Betriebsbedingungen besser Rechnung zu tragen und insbesondere die tatsächlichen Partikelemissionen wiederzugeben, damit sichergestellt wird, dass Emissionsminderungstechnologien für diese Betriebsbedingungen entwickelt werden.

Zur Messung gasförmiger Emissionen sollten die Hersteller die Möglichkeit haben, entweder den neuen dynamischen Prüfzyklus oder das bisherige stationäre Prüfverfahren zu verwenden.

Für alle Motoren mit variabler Drehzahl außer für die von Binnenschiffen sollten unterschiedliche Prüfverfahren verwendet werden, wobei jedoch Motoren mit konstanter Drehzahl und Eisenbahnanwendungen in der unter Absatz 3.9 erörterten technischen Überprüfung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Bei Motoren, die zum Antrieb von Binnenschiffen verwendet werden, sollten die international akzeptierten Prüfverfahren gemäß ISO 8178-4, Prüfzyklen E2 und E3, vergewendet werden.

Die derzeit bestehende Wahlmöglichkeit der Hersteller zwischen Vollstrom- oder Teilstromsystemen sollte bestehen bleiben.

3.4. Grenzwerte und Umsetzungstermine für die Stufe III

3.4.1. Grenzwerte

3.4.1.1. Grenzwerte für den Leistungsbereich 37-560 kW

Auch wenn theoretisch eine Vielzahl von Grenzwerten für die Stufe III gewählt werden kann, werden diese in der Praxis durch die Zahl der umsetzbaren technologischen Schritte begrenzt sein.

Grundsätzlich ist die Rede von zwei verschiedenen Interventionsebenen: Veränderungen an den Motoren und Verwendung von Nachbehandlungseinrichtungen. Diese "technischen Ebenen" müssen natürlich in Grenzwerte umgesetzt werden, die es den Herstellern ermöglichen, sich für die spezifischen technischen Lösungen zu entscheiden, die für die Einhaltung der Standards erforderlich sind.

Für die Ebene der Stufe III sind im Wesentlichen die folgenden Szenarien denkbar:

Szenario	Umwelt- verbesserungen (*)	Technologie heute verfügbar?	Technologie 2010 verfügbar?	Kraftstoff- anforderungen	Anmer- kungen
1.	NOx: - 30-40% PM: - 0-10%	Ja	Ja	S: 1000 ppm	
2.	NOx: - 30-40% PM: - 30-40%	Ja	Ja	S: 350 ppm	
3.	NOx: - 30-40% PM: - 80-90%	nein	Ja	S: 10-50 ppm	
4.	NOx: -70-80% PM: - 80-90%	nein	Ja	S: 10-50 ppm	

(*) Umweltverbesserungen in Form von Emissionsverminderungen [%] in Bezug auf Motoren der Stufe II.

Szenario 1 entspricht der in den USA bereits beschlossenen Stufe III (Tier III). Sie lässt sich durch Veränderungen am Motor einhalten, könnte mit einer kurzen Vorlaufzeit umgesetzt werden und entspräche dem Wunsch der Industrie nach Angleichung. Allerdings würde die Frage der Partikelemissionen nicht gelöst, der in der Mitteilung über das Programm Auto-Öl-II eine hohe Priorität zugewiesen wird und die von mehreren Mitgliedstaaten als ein wichtiges Problem bezeichnet wird. Es stellt sich daher die Frage, ob ein auf diesem Szenario beruhender Vorschlag den ermittelten Umwelterfordernissen gerecht werden würde. Längerfristig ließe sich mit diesem Szenario auch keine globale Angleichung erzielen, da in den USA zusätzliche Grenzwerte für Partikelbestandteile eingeführt werden sollen. Bei diesem Szenario sind keine weiteren Begrenzungen des Schwefelgehalts in Kraftstoff erforderlich, die über die bereits beschlossenen Begrenzungen (1000 ppm) hinausgehen.

Szenario 2 umfasst Grenzwerte für Partikelbestandteile. Diese können durch Veränderungen am Motor (einschließlich der Verwendung gekühlter AGR) entsprechend der Euro 3-Technologie bei Straßenfahrzeugen eingehalten werden. Es wird darauf hingewiesen, dass im Vergleich zu den Emissionen der Stufe II die Reduzierung der Partikelbestandteile in erster Linie auf den niedrigeren Schwefelgehalt des Kraftstoffs zurückzuführen ist, auch wenn sich durch Veränderungen an den Motoren die Emissionen voraussichtlich noch um weitere 10% senken lassen. Um die Anforderungen dieses Szenarios erfüllen zu können, muss die Verwendung von Kraftstoffen mit niedrigerem Schwefelgehalt (max. 350 ppm) durch die Änderung der Richtlinie 98/70/EG verbindlich vorgeschrieben werden. Dieses Szenario erfordert eine längere Vorlaufzeit als Szenario 1 und führt nicht zu einer globalen Angleichung.

Szenario 3 beruht auf der Annahme, dass zur Verminderung der Partikelemissionen Nachbehandlungseinrichtungen verwendet werden. Diese Technologie ist auf dem Sektor der Straßenfahrzeuge bereits verfügbar und dürfte mit einer vernünftigen Vorlaufzeit auch für die meisten Anwendungen im Bereich mobiler Maschinen und Geräte verfügbar sein. Die Verminderung von NO_x entspricht dem Szenario 2. Voraussetzung ist ein Schwefelgehalt von höchstens 50 ppm. Dieses Szenario könnte zu einer globalen Anpassung führen.

Szenario 4 unterscheidet sich von Szenario 3 insofern, als erwartet wird, dass durch die Nachbehandlungseinrichtung auch die NO_x-Emissionen gesenkt werden. In den USA hat die EPA inoffiziell angekündigt, dass sie künftig so etwas wie Szenario 4 anstrebe. Sie räumt jedoch ein, dass die Ungewissheit hinsichtlich der Technologie bei der Nachbehandlung von NO_x-Emissionen größer ist als bei Partikelfiltern auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte, und sie daher voraussichtlich für NO_x strengere Grenzwerte einführen wird als für Partikelbestandteile. Wie bei Szenario 3 darf der Schwefelgehalt 50 ppm nicht übersteigen. Dieses Szenario könnte zu einer globalen Anpassung führen.

Zweifellos kommt der Verfügbarkeit und Durchführbarkeit der Nachbehandlung bei der Entscheidung über die Grenzwerte der Stufe 3 große Bedeutung zu. In der Mitteilung über Auto-Öl II wurden Partikelbestandteile als ein Luftqualitätsproblem angesehen, das noch zu lösen bleibt. In vielen Berichten wird davon ausgegangen, dass kleine (ultrafeine) Partikelbestandteile die Gesundheit vermutlich am stärksten beeinträchtigen. Wie bereits erläutert, ist eine grundlegende Nachbehandlungstechnologie (Partikelfilter) auf dem Sektor der Straßenfahrzeuge und bis zu einem gewissen Grad auch auf dem Sektor der mobilen Maschinen und Geräte bereits verfügbar. Ferner geht aus einschlägigen Test hervor, dass die für Straßenfahrzeuge entwickelte Technologie im Allgemeinen auch bei einigen Anwendungen im Bereich mobiler Maschinen und Geräte eingesetzt werden kann, und bei einer genügend langen Vorlaufzeit möglicherweise auch bei den meisten anderen Anwendungen.

Natürlich ist es zutreffend, dass sich das Umfeld, in dem mobile Maschinen und Geräte betrieben werden, von dem des Straßenfahrzeugsektors unterscheidet. So könnte beispielsweise die Abgastemperatur für die Verwendung von Partikelfiltern mit passiver Regenerierung zu niedrig sein. Das könnte auch für Stadtbusse gelten, die nicht von den Euro IV-Standards ausgenommen sind. Dennoch könnte sich herausstellen, dass der Einsatz von Partikelfiltern oder Technologien mit ähnlichen Leistungsmerkmalen bei einigen Anwendungen nicht möglich ist, auch wenn der Industrie eine lange Vorlaufzeit eingeräumt wird. Um Klarheit zu erhalten, könnte vor Ablauf der Inkrafttretungstermine eine technische Überprüfung durchgeführt werden, um festzustellen, ob bestimmte Ausnahmen von den Standards vorgesehen werden müssen. Für eine solche Lösung hatte man sich bei der

Einführung der Euro V-Standards für schwere Nutzfahrzeuge in der Richtlinie 1999/96/EG entschieden.

Aus bilateralen Gesprächen mit der EPA geht klar hervor, dass diese die nächste Stufe der US-Rechtsvorschriften in diesem Bereich auf die Verwendung von Nachbehandlungseinrichtungen zu stützen gedenkt, die ursprünglich für den Sektor der Straßenfahrzeuge entwickelt wurden. Allem Anschein nach plant die EPA, diese strengen Anforderungen zuerst für Partikelbestandteile und einige Jahre später für NO_x einzuführen.

Was die Partikelemissionen angeht, gibt es keine grundlegenden Unterschiede zwischen der Lage in den USA und der in der EU. Dort wie hier wird Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt erforderlich sein, und die Technologie ist global und kann auf die gleiche Weise eingesetzt werden. Somit erscheint ein Standard der Stufe III für Partikelemissionen, der dem Tier IV-Standard in den USA entspricht, machbar.

Bei NO_x-Emissionen ist die derzeitige Lage jedoch etwas komplizierter. Auf dem Sektor der Straßenfahrzeuge wurden in den USA und in der EU Standards festgelegt, die Nachbehandlungseinrichtungen erfordern. Der Grenzwert in den EU-Rechtsvorschriften ist jedoch etwa achtmal höher als der US-Grenzwert. Die EPA hat ganz kategorisch erklärt, dass die von ihr bevorzugte Technologie die Verwendung von NO_x-Absorbern ist, während die Hersteller in Europa offenbar die Verwendung der SCR (selektive katalytische Reduktion) vorziehen, die ein getrenntes Ammonium-/Harnstoff-Verteilungssystem erfordert. Für den Sektor der Straßenfahrzeuge ist die Wahl der verschiedenen Strategien bis zu einem gewissen Grad weniger wichtig, da es sich nicht wie bei dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte um einen globalen Markt handelt. Für den Sektor mobiler Maschinen und Geräte könnte jedoch der derzeitige stark global orientierte Ansatz gefährdet werden, wenn Europa die technologische Entwicklung der SCR befürwortet und die USA sich für NO_x-Absorber entscheiden.

Ferner sind die Euro-V-Standards für NO_x in der EU vor Ende 2002 von der Kommission einer technischen Überprüfung zu unterziehen. Auch wenn diese Überprüfung voraussichtlich zu dem Ergebnis kommen wird, dass die erforderliche Technologie für den Straßenfahrzeugsektor bis 2008 verfügbar sein wird (wenn die Euro-V-Standards in Kraft treten), kann von der Kommission nicht erwartet werden, dass sie Schlussfolgerungen über die Anwendung dieser Technologie auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte vorlegt, bevor diese Überprüfung veröffentlicht ist. Ebenso wenig kann ausgeschlossen werden, dass die Euro-V-Grenzwerte als Folge der technischen Überprüfung verschärft werden.

Darüber hinaus untersucht die Kommission derzeit die künftige Lage in Bezug auf die Luftqualität sowie die Notwendigkeit von Maßnahmen im Rahmen des CAFE-Projekts (Clean Air For Europe). Das Ergebnis dieses Projekts wird 2004/2005 vorliegen und sollte als Input für eine Entscheidung über einen möglichen Grenzwert der Stufe IV für NO_x dienen. Diese Überlegungen sollten in die unter Absatz 3.9 erörterte technische Überprüfung einfließen.

3.4.1.2. Grenzwerte für den Leistungsbereich 19-37 kW.

Aufgrund der im Jahre 2004 umzusetzenden US-Rechtsvorschriften müssen Motoren mit einer Leistung zwischen 19 und 37 kW die Tier-II-Emissionsgrenzwerte einhalten. Die Emissionsgrenzwerte für diese Motoren erfordern nicht die Verwendung von Nachbehandlungseinrichtungen.

Motoren innerhalb des Leistungsbereichs 19-37 kW fallen bereits unter die Richtlinie 97/68, brauchen jedoch nur einen Satz von Grenzwerten einzuhalten. Die Tier-II-Grenzwerte in den US-Rechtsvorschriften sind etwas strenger als diejenigen der Richtlinie 97/68/EG, insbesondere in Bezug auf Partikelbestandteile (siehe unten). Aus dem im Jahre 1994 erstellten Inventar geht ferner hervor, dass diese Motoren nicht unerheblich zu den Gesamtemissionen dieser Motoren beitragen. Darüber hinaus hat die Industrie in den stattgefundenen Diskussionen erklärt, dass sie einer Angleichung durch Einbeziehung der US-Rechtsvorschriften in die Richtlinie 97/68/EG den Vorzug gibt.

Vorschriften/ Standard	HC+Nox (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	Partikel (g/kWh)
US Tier III 19-37 kW	7,5	-	-	0,60
Richtlinie 97/68,18-37 kW	-	1,5	8,0	0,8

3.4.2. Umsetzungstermine für die Stufe III

Ganz gleich, welches Szenario schließlich angenommen wird, es wird mit Umsetzungsterminen verbunden sein. In diesem Zusammenhang könnte für den *Leistungsbereich über 37 kW* Szenario 1 ab 2006 (stufenweise) eingeführt werden, da die Hersteller die Anforderungen ohnehin für den US-Markt erfüllen müssen. Für das Szenario 2 wird zumindest hinsichtlich der Partikelgrenzwerte eine längere Vorlaufzeit erforderlich sein, da den Motorherstellern zusätzliche Auflagen gemacht werden und die Verwendung von Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt in allen Mitgliedstaaten verbindlich vorgeschrieben werden muss. Auch für das Szenario 3 ist zur Einhaltung der Partikelgrenzwerte eine längere Vorlaufzeit erforderlich. Um den Herstellern eine genügend lange Entwicklungszeit einzuräumen, könnte das Inkrafttreten der Partikelstandards etwa für 2009-2011 ins Auge gefasst werden. Bei dem Szenario 4 ist die Ungewissheit darüber, ob NOx-Nachbehandlungseinrichtungen auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte verfügbar sein werden und welche Entscheidung für diesen in der EU schließlich getroffen werden wird, größer. Daher muss zunächst eine Reihe von Fragen geklärt werden, bevor eine Entscheidung über die Umsetzung der Grenzwerte, die sich auf die Verwendung von Nachbehandlungseinrichtungen für NOx stützt, getroffen werden kann.

Für den *Leistungsbereich 19-37 kW* sollen die entsprechenden US-Rechtsvorschriften im Jahre 2004 umgesetzt werden. Aus praktischen Gründen ist es jedoch nicht möglich, diese in der EU vor 2006 einzuführen.

Ein spezielles Thema sind Umsetzungstermine für *Motoren mit konstanter Drehzahl*. Diese sind von der Richtlinie 97/68/EG in der jetzigen Fassung ausgenommen. Nach der oben beschriebenen Änderung sollen diese Motoren jedoch der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte unterzogen werden, wenn auch erst ab 31. Dezember 2006. Um den Herstellern eine angemessene Vorlaufzeit einzuräumen, sollte das Inkrafttretungsdatum für diese Motoren einige Jahre später sein als für andere Motortypen.

Für einige unter die Richtlinie 97/68/EG fallende Gerätearten werden im Jahr 2006 neue Lärmgrenzwerte umgesetzt (Richtlinie 2000/14/EG). Es wäre vorteilhaft gewesen, die Umsetzungsdaten zu koordinieren. Ein Inkrafttretungsdatum für Stufe IIIA für alle Motoren

bis 2006 ist jedoch nicht möglich. Bei der für 2005 vorgesehenen Überarbeitung der Richtlinie 2000/14/EG über Lärm wird der Koordinierungsbedarf künftiger Umsetzungsdaten berücksichtigt werden.

3.4.3. Schlussfolgerungen

Um den Umwelterfordernissen gerecht zu werden, sollten die Grenzwerte der Stufe III sowohl für NO_x als auch für Partikelbestandteile eingeführt werden. Sie sollten auf den besten verfügbaren Technologien beruhen, auf mobile Maschinen und Geräte Anwendung finden und müssten auf globaler Ebene angeglichen werden.

Geschieht dies, entsprächen die Grenzwerte für gasförmige Schadstoffe (Stufe III A) den US-Tier-III-Standards für den Leistungsbereich über 37 kW und den Tier-II-Standards für den Leistungsbereich 19-37 kW. Sie sollten ab dem 31. Dezember 2006 stufenweise umgesetzt werden. Die Partikelgrenzwerte (Stufe III B) für den Leistungsbereich über 37 kW sollten auf der Annahme beruhen, dass Partikelfilter oder eine Technologie mit vergleichbarer Wirkung auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte verfügbar sind. Um die erforderliche Vorlaufzeit einzuräumen, sollten diese Grenzwerte in der EU stufenweise ab dem 31. Dezember 2009 umgesetzt werden. Allerdings wird der erforderliche Kraftstoff in den USA erst ein Jahr später verfügbar sein, so dass die Umsetzung erst ein Jahr später, am 31. Dezember 2010 beginnen sollte, damit die Angleichung aufrecht erhalten und der Industrie ein globaler Markt geboten wird.

Um sicherzustellen dass die erforderliche Technologie allgemein verfügbar ist, sollte eine Überprüfungsklausel vorgesehen werden, nach der die Kommission zur Bestätigung der Partikelgrenzwerte die technischen Fortschritte überprüft und spätestens 2006 eventuell notwendige Ausnahmen vorgeschlägt. Bei dieser Überprüfung sollte je nach Verfügbarkeit und Machbarkeit von Nachbehandlungseinrichtungen auch die Einführung einer Reihe von Grenzwerten für NO_x einer Stufe IV erwogen und eine weitere Verschärfung der Grenzwerte für Motoren im Leistungsbereich 19-37 kW ins Auge gefasst werden.

Somit sollte eine Reihe von Grenzwerten der Stufe III in der Richtlinie 97/68/EG in zwei Stufen wie folgt umgesetzt werden:

Kategorie: Nettoleistung (P) (kW)	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide HC+NO _x (g/kWh)	Partikel (PT) (g/kWh)
H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0,2
I: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	4,0	0,3
J: 37 kW ≤ P < 75 kW	5,0	4,7	0,4
K: 19 kW ≤ P < 37 kW	5,5	7,5	0,6

Tabelle: Grenzwerte Stufe III A

Kategorie: Nettoleistung (P) (kW)	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide HC+NO _x (g/kWh)	Partikel ¹ (PT) (g/kWh)
L: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0.02
M: 75 kW ≤ P < 130 kW	5,0	4,0	0.02
N: 37 kW ≤ P < 75 kW	5,0	4,7	0,02

Tabelle: Grenzwerte Stufe III B

Kategorie: Nettoleistung (P)	Inkrafttreten
H: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	31. Dezember 2005
I: 75 kW ≤ P < 130 kW	31. Dezember 2006
J: 37 kW ≤ P < 75 kW	31 December 2007
K: 19 kW ≤ P < 37 kW	31. Dezember 2005

Tabelle: Stufe III A. Inkrafttretungstermine (Daten des Inverkehrbringens). Für Motoren mit konstanter Drehzahl sollten die Umsetzungstermine für die Stufe III B auch für gasförmige Schadstoffe gelten.

Kategorie: Nettoleistung (P)	Inkrafttreten
L: 130 kW ≤ P ≤ 560 kW	31. Dezember 2010
M: 75 kW ≤ P < 130 kW	31. December 2010
N: 37 kW ≤ P < 75 kW	31. Dezember 2011

Tabelle: Stufe III B. Inkrafttretungstermine (Daten des Inverkehrbringens).

¹ Die Standards für Partikelbestandteile sollen bis Ende 2006 einer technischen Überprüfung unterzogen werden. Für Anwendungen, bei denen die Partikelfiltertechnologie oder ähnliche Technologien nicht möglich ist, könnten u.U. die folgenden Grenzwerte gelten: 0,15, 0,20, 0,25.

Für Binnenschiffe sollten die folgenden Grenzwerte und Umsetzungstermine gelten:

Kategorie: Hubraum / Nettoleistung (SV/P) (Liter je Zylinder/kW)	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide HC+NO _x (g/kWh)	Partikel (PT) (g/kWh)
V1:1 SV= 0,9 und P>37 kW	5,0	7,5	0,40
V1:2 0,9<SV=1,2	5,0	7,2	0,30
V1:3 1,2<SV=2,5	5,0	7,2	0,20
V1:4 2,5<SV=5	5,0	7,2	0,20
V2:1 5<SV=15	5,0	7,8	0,27
V2:2 15<SV=20 und P =3300 kW	5,0	8,7	0,50
V2:3 15<SV=20 und P>3300 kW	5,0	9,8	0,50
V2:4 20<SV=25	5,0	9,8	0,50
V2:5 25<SV=30	5,0	11,0	0,50

Tabelle: Grenzwerte für Binnenschiffe

Kategorie	Inkrafttreten
V1:1	31. Dezember 2006
V1:2	31. Dezember 2006
V1:3	31. Dezember 2006
V1:4	31 December 2008
V2	31. Dezember 2008

Tabelle: Inkrafttretungstermine für Grenzwerte für Binnenschiffe (Daten des Inverkehrbringens).

3.5. Die Bedeutung der Kraftstoffqualität

3.5.1. Allgemeines

Die beiden Stufen der Emissionsstandards in der derzeitigen Richtlinie 97/68/EG können eingehalten werden, ohne dass spezifische Kraftstoffanforderungen erforderlich wären. Demzufolge erlauben einige Mitgliedstaaten auch die Verwendung von Heizöl in mobilen Maschinen. Andere Mitgliedstaaten verlangen, dass die gleiche Kraftstoffqualität verwendet wird wie auf dem Sektor der Straßenfahrzeuge. Ein Mitgliedstaat – Spanien - hat für die Kraftstoffqualität auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte einen getrennten Standard eingeführt. Die Wahl der Kraftstoffqualität erfolgt hauptsächlich nach steuerlichen Beweggründen und richtet sich nicht nach den Produktionskosten der einzelnen Kraftstoffqualitäten. Die Besteuerung von Heizöl ist normalerweise niedrig während die von Motorkraftstoff hoch ist.

Bei strengeren Emissionsstandards, deren Einhaltung eine kompliziertere Technologie erfordert, kommt der Kraftstoffqualität eine zunehmende Bedeutung zu. Der wichtigste Parameter ist dabei der Schwefelgehalt. Ein höherer Schwefelgehalt verursacht mehr Partikelemissionen und kann darüber hinaus, sofern zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte Nachbehandlungseinrichtungen verwendet werden müssen, die Wirksamkeit der Nachbehandlungseinrichtung beeinträchtigen oder vermindern. Um das zu verhindern, muss der Schwefelgehalt mindestens unter 50 ppm liegen.

Die Vorschriften für den Schwefelgehalt von Gasöl sind in der Richtlinie 98/70/EG (über die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen) und der Richtlinie 1999/32/EG (über Heizöl) festgelegt. Gemäß der letzteren Richtlinie beträgt der maximale Schwefelgehalt von Gasöl, das zu anderen Zwecken als in Straßenfahrzeugen verwendet wird, 2000 ppm. Ab 2008 soll dieser Grenzwert auf 1000 ppm gesenkt werden.

Die Richtlinie 98/70/EG schreibt ab 1. Januar 2005 für Dieselmotorkraftstoff zur Verwendung in Straßenfahrzeugen einen maximalen Schwefelgehalt von 50 ppm vor. Eine vorgeschlagene Änderung dieser Richtlinie, die derzeit dem Rat und dem Europäischen Parlament zur endgültigen Entscheidung vorliegt, würde diese Höchstgrenze auf 10 ppm verschärfen. Aller Voraussicht nach werden der Rat und das Europäische Parlament diesen Grenzwert ab 2009 verbindlich vorschreiben.

Grundsätzlich fällt die Qualität von Dieselmotorkraftstoff zur Verwendung in mobilen Maschinen und Geräten auch unter die Richtlinie 98/70/EG. Da jedoch keine technische Notwendigkeit für spezifische Kraftstoffanforderungen besteht, um die Emissionsstandards der Stufen I und II einzuhalten, wurde die Entscheidung über den Schwefelgehalt den Mitgliedstaaten überlassen, solange dieser den in der Richtlinie 1999/32/EG festgelegten Grenzwert nicht übersteigt und dieser nicht strenger ist als für Straßenfahrzeuge. In dem gemeinsamen Standpunkt zu der oben erwähnten Änderung heißt es, dass die Kommission genauere Anforderungen für Dieselmotorkraftstoff auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte vorlegen sollte, wenn sie die Emissionsgrenzwerte für die Stufe III vorschlägt.

Etwa 9% des Gasölverbrauchs entfällt heute auf mobile Maschinen und Geräte - sofern die Binnenschifffahrt mit einbezogen wird. Davon wird etwa 50% vom Sektor mobiler Maschinen und Geräte verbraucht und etwa 40% als Heizöl. Auf europäischer Ebene gibt es keine getrennte Dieselqualität für mobile Maschinen und Geräte, und bei einem Marktanteil von weniger als 10% wird sich diese Situation vermutlich auch künftig nicht ändern. Auf

nationaler Ebene könnten jedoch durchaus besondere Kraftstoffqualitäten bereitgestellt werden.

Wie bereits erwähnt, gestatten einige Mitgliedstaaten aus steuerlichen Gründen die Verwendung von niedrig besteuertem Heizöl auch für mobile Maschinen und Geräte. In diesem Zusammenhang könnten spezifische Maßnahmen, insbesondere in der Landwirtschaft, erforderlich sein. Niedrig besteuertem Dieselöl wird inzwischen ein Markierungsmittel beigelegt, um die Rechtsvorschriften durchzusetzen und zu überprüfen, dass niedrig besteuert Kraftstoff nicht für Anwendungen verwendet wird, in denen die für Straßenfahrzeuge bestimmte Kraftstoffqualität verwendet werden soll. Sollte sich herausstellen, dass zur Einhaltung der Grenzwerte der Stufe III eine bessere Kraftstoffqualität erforderlich ist als die von Heizöl, könnten in Mitgliedstaaten, die weiterhin die Verwendung von niedrig besteuertem Öl erlauben wollen, bestimmte praktische Probleme auftreten.

Dies könnte auf verschiedene Weise gelöst werden, beispielsweise, indem eine eingefärbte Gasölsorte für Heizzwecke, eine zweite eingefärbte Gasölsorte für mobile Maschinen und Geräte, die von Landwirten mit einem Vorratstank auch als Heizöl verwendet werden kann, und ein drittes, nicht eingefärbtes (hoch besteuertes) Dieselöl für Straßenfahrzeuge bestimmt ist.

Es ist Sache der Mitgliedstaaten zu entscheiden, welche steuerlichen Maßnahmen sie treffen und wie sie das Vertriebssystem organisieren wollen. Durch das obige Beispiel soll lediglich veranschaulicht werden, dass es durchaus Lösungen gibt, die in jenen Mitgliedstaaten angewandt werden können, die auch weiterhin die Verwendung von niedrig besteuertem Dieselöl für mobile Maschinen und Geräte gestatten wollen.

Angesichts der obigen Schlussfolgerungen über Grenzwerte werden wir künftig in der Lage sein, dass bei der Verwendung von Heizöl Grenzwerte der Stufe III A für gasförmige Schadstoffe eingehalten werden können. Dagegen muss zur Einhaltung der Partikelgrenzwerte der Stufe III B ein Kraftstoff mit einem maximalen Schwefelgehalt von 10-50 ppm verwendet werden. Daher muss sichergestellt werden, dass Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt verwendet wird, sobald die Partikelgrenzwerte in Kraft treten oder die Mitgliedstaaten die vorzeitige Umsetzung dieser Grenzwerte fördern wollen.

3.5.2. Bezugskraftstoff

Der für die Zwecke der Typgenehmigung verwendete Bezugskraftstoff sollte die unter tatsächlichen Betriebsbedingungen verwendete Kraftstoffqualität aufweisen. Da die Rechtsvorschriften in den Mitgliedstaaten hinsichtlich des handelsüblichen Kraftstoffs unterschiedlich sind, stellt die Spezifikation des derzeitigen Bezugskraftstoffs einen Kompromiss dar. Der wichtigste Parameter - der Schwefelgehalt - muss zwischen 1000 und 2000 ppm liegen.

Die vorgeschlagenen Grenzwerte für Partikelemissionen der Stufe III B erfordern die Verwendung von Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt (10-50 ppm). Demzufolge sollte der Bezugskraftstoff geändert werden, um dem Vorschlag über die obligatorische Verwendung von Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt für alle Anwendungen mobiler Maschinen und Geräte Rechnung zu tragen. Ferner könnten einige Mitgliedstaaten geneigt sein, Anreize zu bieten, die die Hersteller veranlassen, die strengeren Partikelstandards einzuhalten, bevor diese verbindlich vorgeschrieben sein werden. In diesem Fall sollte den Herstellern gestattet werden, bei der Typgenehmigung der Motoren Bezugskraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt zu verwenden.

3.5.3. *Schlussfolgerungen*

Die Verfügbarkeit geeigneter Kraftstoffe wird jedoch bei der Einführung der Emissionsgrenzwerte der Stufe III für mobile Maschinen und Geräte kein Hindernis sein.

Die Grenzwerte der Stufe III A können ohne weitere Spezifikationen für die Kraftstoffqualität eingehalten werden. Zur Einhaltung der Grenzwerte der Stufe III B muss der Schwefelgehalt in der Größenordnung von höchstens 10-50 ppm liegen. Die Kommission wird eine Änderung der Richtlinie 98/70/EG vorschlagen, um die europaweite Einführung des entsprechenden Kraftstoffs sicherzustellen.

Um dem Rechnung zu tragen, sollte ein besonderer Bezugskraftstoff in Verkehr gebracht werden, sobald die Partikelgrenzwerte der Stufe III B in Kraft treten oder wenn ein Hersteller freiwillig bereits Motorfamilien typgenehmigt, die diese Grenzwerte einhalten.

3.6. **Dauerhaltbarkeitsanforderungen**

Die entsprechenden US-Rechtsvorschriften umfassen Angaben über die Lebensdauer, in der die Grenzwerte eingehalten werden müssen sowie Bestimmungen über Rückrufsysteme.

In Europa wurden solche Rechtsvorschriften im Allgemeinen erst später umgesetzt. Sie wurden für leichte Fahrzeuge durch die Richtlinie 98/69/EG eingeführt, und es sind Bestrebungen im Gange, ähnliche Bestimmungen für schwere Nutzfahrzeuge einzuführen, die im Jahre 2005 in Kraft treten sollen.

Grundsätzlich sollte diese Art von Rechtsvorschriften auch für mobile Maschinen und Geräte gelten. Da für diese jedoch keine Zulassung vorgesehen ist, sind Programme zur Überprüfung der Übereinstimmung während des Betriebs schwerer umzusetzen. Ein erster Schritt könnte jedoch darin bestehen, dass die Lebensdauer der einzelnen Motorkategorien bestimmt und von den Herstellern verlangt wird, für die Typgenehmigung geltende Verschlechterungsfaktoren festzulegen.

Eine weitere Stufe – die die Überprüfung von in Betrieb befindlichen Geräten und Rückrufaktionen umfassen sollte – könnte in der oben erwähnten technischen Überprüfung behandelt werden.

3.6.1. *Schlussfolgerungen*

Die Rechtsvorschriften sollten auch eine Definition der Lebensdauer der Geräte umfassen - 3000 Stunden für Motoren unter 37 kW und 5000 Stunden für Motoren über 37 kW.

Der Hersteller muss für jede Motorfamilie einen Verschlechterungsfaktor festlegen. Liegt dieser unter 1.0, ist 1.0 zu verwenden.

3.7. **Kosten und Kostenwirksamkeit**

3.7.1. *Kosten*

Die wichtigsten Ziele bei der Ausarbeitung der Grenzwerte der Stufe III bestanden darin, die Rechtsvorschriften auf der Grundlage der Umwelterfordernisse und der Verfügbarkeit von Emissionsminderungstechnologien weltweit anzugleichen. Gleichwohl kommt der Kosten-/Nutzenrechnung des Vorschlags große Bedeutung zu, die sich in der gleichen Größenordnung bewegen sollte wie andere bereits eingeführte Rechtsvorschriften zu den

gleichen Umweltthemen, wobei zu berücksichtigen ist, dass der Nutzen der Angleichung für die Hersteller nicht miteinbezogen werden kann.

Wie bereits gesagt, gibt es keine genauen Angaben über die Zahl mobiler Maschinen und Geräte und deren Verwendung. Ferner werden die Emissionsmodelle normalerweise für den Straßenverkehr entwickelt, und es ist nicht möglich, diese zur Berechnung der Emissionen mobiler Maschinen und Geräte zu verwenden. Um diesen Mangel an Informationen zu überwinden, wurden die Berechnungen auf der Grundlage der Motoren angestellt, wobei die Emissionen während der gesamten Lebensdauer sowie die Kosten der Motoren während dieser Lebensdauer berücksichtigt wurden. Für die verschiedenen Leistungsbereiche in der derzeitigen Richtlinie wurden in einer Studie, die die Kommission von einer Beraterfirma durchführen ließ, die folgenden Lebensdauerkosten zur Einhaltung der Grenzwerte der Stufe III (Stufe IIIA + Stufe IIIB) herangezogen. Diese Kosten umfassen die Kosten für Ausrüstung und technische Entwicklung. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Kosten für den Leistungsbereich 18-37 kW auch eine weitere Verschärfung der Partikelgrenzwerte im Vergleich zu der in dieser Änderung vorgeschlagenen Verschärfung umfasst. Mangels genauerer Schätzungen wurden in den Analysen diese Kosten zu Grunde gelegt.

Motorleistung (kW)	18-37	37-75	75-130	130-560
Kosten für Emissionstechnologien (€/Motor)	1800	3775	5300	8400

Tabelle: Zusätzliche Kosten (Technologie und Entwicklung) für die Umsetzung der Grenzwerte der Stufe III.

Quelle: Beraterstudie durch VTT Process.

Neben diesen Kosten entstehen zusätzliche Kosten für Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt, der für die Einhaltung der Grenzwerte der Stufe IIIB für Partikelbestandteile erforderlich ist. Für Motoren des Leistungsbereichs 18-37 kW ist Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt nicht erforderlich, da die Nachbehandlung entfällt. In der Praxis wird es jedoch schwierig sein, den Vertrieb von Kraftstoff mit höherem Schwefelgehalt nur für diese Motorkategorie zu organisieren. Daher wurden die zusätzlichen Kosten für Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt auch für diese Motorkategorie berücksichtigt.

In einer anderen, von Beicip-Franlab durchgeführten Beraterstudie wurden die Kosten für den Übergang von einem Kraftstoff mit einem Schwefelgehalt von 1000 ppm auf einen Kraftstoff mit einem Schwefelgehalt von 10 ppm mit 1,5-1,9 Euro-Cent je Liter veranschlagt. Der Nettobetrag von 1,5 Euro-Cent je Liter, der 1,9 C/Liter entspricht, wurde in den weiteren Analysen verwendet.

Motorleistung (kW)	18-37	37-75	75-130	130-560
Kraftstoffverbrauch während der gesamten Lebensdauer (Liter)	19.938	47.150	95.120	333.500
Zusätzliche Kosten für Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt (€)	299	707	1.426	5.002

Tabelle: Zusätzliche Kosten für die Verwendung von Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt.

Quellen: Beraterstudien durch VTT Process und Beicip-Franlab.

Kosten dieser Art lassen sich nur schwer mit hinreichender Genauigkeit schätzen, da es sich um Standards handelt, die erst in ferner Zukunft umgesetzt werden sollen. Die Erfahrungen im Sektor der Straßenfahrzeuge haben gezeigt, dass diese Kosten normalerweise zu hoch angesetzt werden, wenn die tatsächlichen Kosten mit den Schätzungen verglichen werden, die zum Zeitpunkt der Annahme der Rechtsvorschriften angestellt worden waren. Da der Markt darüber hinaus zu fast 100% global ist, könnte argumentiert werden, dass die Kosten für die Einhaltung der Standards der Stufe III A bereits angefallen sind, da die EPA bestätigte, dass sie mit ihren Tier-III-Standards weiterarbeiten wolle. Ferner hat der Berater seinen Kostenschätzungen die Verwendung von zwei verschiedenen Arten von Partikelfiltern für alle Motoren zu Grunde gelegt, was vermutlich nicht der Fall sein wird. Die entsprechenden (vorläufigen) Kostenberechnungen durch die US EPA führen zu wesentlich niedrigeren Ergebnissen.

3.7.2. Nutzen

In einer gesonderten, von der Firma Netcen durchgeführten Beraterstudie "Estimates of the marginal external costs of air pollution in Europe" (Schätzung der externen Grenzkosten der Luftverunreinigung in Europa) wurden die externen Grenzkosten für die einzelnen Schadstoffe wie folgt veranschlagt:

Nutzen von Emissionsminderungen in ländlichen Gebieten

Land	NOx (€/Tonne)	Partikel 2,5 (g/kWh)	SO ₂ (g/kWh)
Österreich	6.800	14.000	7.00
Belgien	4.700	22.000	7.900
Dänemark	3.300	5.400	3.300
Finnland	1.500	1.400	970
Frankreich	8.200	15.000	7.400
Deutschland	4.100	16.000	6.100
Griechenland	6.000	7.800	4.100
Irland	2.800	4.100	2.600
Italien	7.100	12.000	5.000
Niederlande	4.000	18.000	7.000
Portugal	4.100	5.800	3.300
Spanien	4.700	7.900	3.700
Schweden	2.600	1.700	1.700
UK	2.600	9.700	4.500
EU-15 Durchschnitt	4.200	14.000	5.200

Nutzen von Emissionsminderungen in städtischen Gebieten

Größe der Stadt	NOx (g/kWh)	Partikel 2,5 (g/kWh)	SO ₂ (g/kWh)
100.000 Einwohner	wie in ländl. Gebieten	33.000	6.000
500.000 Einwohner	wie in ländl. Gebieten	165.000	30.000
1.000.000 Einwohner	wie in ländl. Gebieten	247.500	45.000
Mehrere Millionen Einwohner	wie in ländl. Gebieten	495.000	90.000

Wie aus den Tabellen hervorgeht, sind die Grenzkosten je nach Gebiet sehr unterschiedlich. Im Jahre 1999 lebten 80% der Bevölkerung der EU in städtischen Gebieten. Da jedoch ein Großteil der Motoren in der Landwirtschaft verwendet wird und die Emissionen somit in ländlichen Gebieten verursacht werden, wird bei der Verwendung mobiler Maschinen und Geräte und deren Emissionen von den folgenden Annahmen ausgegangen: 50% der Emissionen treten in ländlichen Gebieten auf, 30% in Städten mit 100.000 Einwohnern, 8% in Städten mit 500.000 Einwohnern und 2% in Städten mit über 1 Million Einwohnern.

Bei diesen Annahmen ergäbe sich folgender Nutzen:

NO_x – 4200 €/Tonne

PM – 36420 €/Tonne

SO₂ – 8220 €/Tonne

3.7.3. Emissionsminderungen

In der obigen von VTT Process durchgeführten Studie wurden die "Einsparungen" (Tonne/Motor) an Emissionen, bezogen auf die Lebensdauer, wie folgt veranschlagt:

Motorleistungsbereich (kW)	19-37	37-75	75-130	130-560
SN. Einsparungen an NO _x (Tonnen)	0,1	0,4	0,7	2,9
SPM. Einsparungen an Partikelbest. (Tonnen)	0,023	0,043	0,068	0,184
SS. Einsparungen an SO ₂ (30%Part.) (Tonnen)	0,034	0,057	0,114	0,399

3.7.4. Kosteneffizienz (Durchführbarkeit)

Aus den obigen Daten sowie den Angaben der Gerätehersteller zur Verteilung der einzelnen Motorgrößen in Europa geht hervor, dass der Nutzen des für mobile Maschinen und Geräte vorgeschlagenen Maßnahmenpakets je Motor etwa 75 Euro höher ist als die Kosten. Aus der gleichen Berechnung geht hervor, dass das Gesamtergebnis in erster Linie auf den großen Nutzen bei größeren Motoren zurückzuführen ist. Für Binnenschiffe wurde keine getrennte Berechnung angestellt.

3.7.5. Schlussfolgerungen

Kostenschätzungen von technischen Maßnahmen, die voraussichtlich erst in ferner Zukunft umgesetzt werden, sind naturgemäß ungewiss. Die Erfahrung zeigt, dass die Kosten zum Zeitpunkt der Ausarbeitung der Rechtsvorschriften im Vergleich zu den tatsächlichen Kosten, die entstehen, wenn diese umgesetzt sind, zu hoch veranschlagt werden.

Ferner stellt sich in diesem speziellen Fall die Frage, ob die Kosten für die Stufe IIIA vollständig einbezogen werden sollten, da die Mehrzahl der Hersteller ohnehin die entsprechenden bereits beschlossenen US-Rechtsvorschriften einhalten muss. Für Motoren im

Leistungsbereich 19-37 kW basieren die Kostenschätzungen des Beraters auf dem Partikelgrenzwert der Stufe IIIB von 0,3 g/kWh, während der Vorschlag nur 0,6 g/kWh verlangt. Der Berater ging ferner von der Annahme aus, dass für jeden Motor zwei Sätze von Partikelfiltern verwendet werden, was bezweifelt werden kann, da der Vorschlag Dauerhaltbarkeitsanforderungen umfasst. Ferner gelangen die von der EPA durchgeführten vorläufigen Berechnungen zu wesentlich niedrigeren Werten.

Andererseits wurden keine Kosten für erhöhten Kraftstoffverbrauch veranschlagt. Die Anwendung fortschrittlicherer Technologien wird den Herstellern Kraftstoffeinsparungen ermöglichen und somit den auf die Verwendung von Partikelfiltern zurückzuführenden höheren Kraftstoffverbrauch ausgleichen.

Die Schätzungen des zu erwartenden Nutzens sind mit großen Ungewissheiten behaftet. Alle von mobilen Maschinen und Geräten ausgestoßenen Partikelbestandteile sind sogenannte Nanopartikel, die unter gesundheitlichen Gesichtspunkten zunehmend Anlass zu Besorgnis geben.

Angesichts dieser Ungewissheiten, die in beide Richtungen gehen, erscheint das Paket der Stufe III als solches unter Kosten-/Nutzensgesichtspunkten durchaus positiv. Dieses Gesamtergebnis ist jedoch auf die sehr positiven Auswirkungen auf große Motoren zurückzuführen, was der technischen Überprüfung, die als Teil des Pakets vorgeschlagen wird, umso mehr Bedeutung zukommen lässt.

3.8. Flexibilität

3.8.1. Allgemeines

Mobile Maschinen und Geräte umfassen eine Vielzahl verschiedener Anwendungen. Auch wenn sich die Rechtsvorschriften auf diesem Gebiet in erster Linie an die Motorhersteller richten, betreffen diese dennoch zahlreiche OEM-Hersteller, die u.U. ebenfalls Motoren herstellen. Um diese verschiedenen Aspekte abzudecken und sich dennoch in den Rechtsvorschriften nicht nur auf den kleinsten gemeinsamen Nenner zu beschränken oder deren Einführung und daher die Anwendung der fortgeschrittenen Technologie zu verzögern, sollten eine gewisse Flexibilität vorgesehen und Ausnahmen zugelassen werden. Dabei handelt es sich um ein Konzept, das auch in den entsprechenden US-Rechtsvorschriften verwendet wird.

Andererseits sollten die Rechtsvorschriften so klar wie möglich sein, damit sie in allen Mitgliedstaaten gleich ausgelegt werden. Daher sollten so wenig Ausnahmen wie möglich vorgesehen werden. Aufgrund der unterschiedlichen Verwaltungssysteme können die US-Rechtsvorschriften auch nicht so ohne weiteres kopiert werden.

Für die folgenden Fälle sind in den Rechtsvorschriften Sonderregelungen vorgesehen.

3.8.2. Motorhersteller

3.8.2.1. Hersteller kleiner Serien

Hersteller kleiner Serien haben weniger Ressourcen für die Entwicklung neuer Technologien. Auch haben sie weniger Produkte, deren Entwicklungskosten sie abdecken müssen. Wenn sie sich nicht am globalen Markt beteiligen, sind sie nicht gezwungen, die US-Rechtsvorschriften einzuhalten.

3.8.2.2. Motorfamilien in kleinen Serien

Grundsätzlich sollten die Entwicklungskosten durch die spezifische Motorfamilie abgedeckt werden. Dies ist umso schwieriger, je kleiner die Motorfamilie ist. Besonders schwierig ist dies für Hersteller kleiner Serien, die die Kosten nicht auf andere Motorfamilien übertragen können.

3.8.3. *Gerätehersteller*

Die Richtlinie 97/68/EG ist eine Richtlinie für Motoren, was bedeutet, dass die Standards vom Motorhersteller eingehalten werden müssen. Letztlich werden die Motoren jedoch in Ausrüstungsteile eingebaut, entweder von den Motorherstellern selbst oder von Geräteherstellern. Besonders in letzterem Fall muss dem Gerätehersteller genügend Zeit eingeräumt werden, um sein Produkt an das Motorkonzept anzupassen. Ein Weg, um diesem Erfordernis gerecht zu werden, bestünde darin, dass die Motoren während eines bestimmten Zeitraums in Verkehr gebracht werden, vorausgesetzt, die Motoren wurden vor dem Inkraftsetzungsdatum hergestellt.

Die derzeitige Richtlinie sieht dies vor, macht es jedoch abhängig von Entscheidungen der einzelnen Mitgliedstaaten. Theoretisch wäre der gesamte Markt liberalisiert, auch wenn die Option von nur einem Mitgliedstaat akzeptiert wird. In der Praxis wirft das jedoch Probleme für die Hersteller auf, da sie dann ihre Motoren in diesem Mitgliedstaat (oder in diesen Mitgliedstaaten) in Verkehr bringen und den Motor dann zu dem Kunden in einem anderen Mitgliedstaat befördern müssen. Denkbar wäre der Einwand, dass diese Option einen Hersteller veranlassen könnte, unmittelbar vor Inkrafttreten der neuen Emissionsgrenzwerte eine große Zahl von Motoren herzustellen und zu lagern. In der Praxis ist das jedoch angesichts der zu großen wirtschaftlichen Ungewissheit für den Hersteller eher unwahrscheinlich. Zur Vereinfachung der Rechtsvorschriften sollte diese Option, bei der Geräte für bereits hergestellte Motoren konstruiert werden, nicht dem Ermessen der einzelnen Mitgliedstaaten überlassen werden.

3.8.4. *Mögliche Lösungen*

Die entsprechenden US-Rechtsvorschriften lassen ein gewisses Maß an Flexibilität zu. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Flexibilität sind die Mittelwertbildung, das Ansparen von sowie der Handel mit Emissionsrechten. Dies ermöglicht es einem Motorhersteller, einen Motor, der die Emissionsgrenzwerte überschreitet, in Verkehr zu bringen, sofern dies ausgeglichen wird durch das Inverkehrbringen von Motoren, deren Emissionswerte unter den Grenzwerten liegen, so dass die durchschnittlichen Emissionen der gesamten Produktion unter den Grenzwerten bleiben. Das ermöglicht die erforderliche Flexibilität, ohne auf die Umweltvorteile verzichten zu müssen.

Der Vorschlag der Kommission über Emissionen von Fremdzündungsmotoren (KOM (2000) 840 endg.) enthielt dieses System. Es wurde jedoch sowohl vom Rat als auch vom Europäischen Parlament als zu kompliziert und unfair abgelehnt. Dieses Mal schlägt die Kommission ein solches System nicht vor.

Gleichwohl werden sich die Hersteller bei der Einhaltung der EU-Rechtsvorschriften ähnlichen Problemen gegenübergestellt sehen, so dass dafür eine akzeptable Lösung gefunden werden muss. Jede Lösung wird eine Abweichung vom herkömmlichen Typgenehmigungssystem mit sich bringen, daher ist es von wesentlicher Bedeutung, dass

flexible Regelungen vorgesehen werden, die von den einzelnen Mitgliedstaaten in gleicher Weise interpretiert werden und einen möglichst geringen Verwaltungsaufwand erfordern.

Eine Möglichkeit, dies zu verwirklichen, besteht darin, bei der Lösung der Schwierigkeiten der Gerätehersteller grundsätzlich das gleiche Konzept anzuwenden wie in den US-Rechtsvorschriften. Das heißt, ein Hersteller darf eine begrenzte Zahl von Motoren verwenden, die nur die zuvor geltenden Emissionsstandards einhalten. Er kann dann diese Flexibilität in der Weise nutzen, die es ihm erlaubt, seine spezifischen Probleme am besten zu lösen. Ein Hersteller braucht möglicherweise mehr Zeit für die technische Weiterentwicklung seiner Produkte, während ein anderer nur für eine kleine Motorfamilie eine längere Entwicklungszeit benötigt. Der Vorteil dieser Art von Flexibilität ist, dass die Genehmigungsbehörden sich nicht mit diesen Einzelheiten zu befassen brauchen, die Rahmenbedingungen jedoch sicherstellen, dass die Umweltauswirkungen im Voraus bekannt und immer die gleichen sind, ganz gleich, welche Strategie der Hersteller anwendet.

3.8.5. Schlussfolgerungen

Zur Lösung der besonderen Schwierigkeiten, die für Gerätehersteller, einschließlich Hersteller kleiner Serien, auftreten könnten, sollte ein Flexibilitätssystem auf freiwilliger Basis eingeführt werden, bei dem ein OEM-Hersteller während eines Zeitraums von vier Jahren Motoren verwenden darf, die nur die Grenzwerte der vorangehenden Stufe einhalten. Die Zahl der Motoren in jedem Motorleistungsbereich sollte auf 20% einer Jahresproduktion oder je nach Leistungsbereich auf ein Maximum begrenzt sein (50, 100, 150 oder 200).

3.9. Überprüfung der technischen Durchführbarkeit

Wie bereits erwähnt, könnte es sich als schwierig herausstellen, zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der Grenzwerte der Stufe III B die Partikelfiltertechnologie (oder ähnliche Lösungen) auf bestimmte Arten mobiler Maschinen und Geräte anzuwenden. Für diese Art von Geräten könnte es erforderlich sein, die Umsetzungstermine hinauszuschieben oder Ausnahmen von den Grenzwerten der Stufe III B zuzulassen. Im letzteren Fall sollten andere Grenzwerte gelten, die sich wahrscheinlich auf diejenigen des unter Punkt 3.4.1.1 beschriebenen Szenario 2 stützen werden, d.h. mit einem Partikelgrenzwert, der 40% unter den Grenzwerten der Stufe II liegt. Daher sollten eine technische Durchführbarkeitsstudie über die Anwendbarkeit der Partikelfiltertechnologie auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte durchgeführt und eventuell erforderliche Ausnahmen vorgeschlagen werden. Diese Studie und die damit verbundenen Entscheidungen müssen früh genug erfolgen, um den Herstellern die benötigte Anlaufzeit einzuräumen. Andererseits darf der Zeitpunkt auch nicht zu früh gewählt werden, da sonst nicht genügend Zeit für die technische Entwicklung bleibt, was zu Ausnahmeregelungen führen könnte, obwohl die Technologie zum Zeitpunkt der Umsetzung verfügbar wäre. Als Kompromiss zwischen diesen beiden Erfordernissen sollte die Kommission spätestens Ende Dezember 2006 einen Vorschlag vorlegen.

Einige andere Themen von größerem Interesse könnten ebenfalls in der Studie und gegebenenfalls in den Vorschlägen behandelt werden. Eines davon ist natürlich die Notwendigkeit, die NO_x-Emissionen noch weiter zu reduzieren, was eng verbunden ist mit der Verfügbarkeit von Nachbehandlungseinrichtungen. Wenn diese Frage im Jahre 2006 in der technischen Überprüfung behandelt wird, dann werden Informationen aus dem derzeit laufenden CAFE-Projekt über die Gesamterfordernisse einer weiteren Verminderung und die Kostenwirksamkeit der Maßnahmen in anderen Sektoren vorliegen.

Weitere Themen, die in die technische Überprüfung einbezogen werden könnten, sind:

- die Notwendigkeit, den Geltungsbereich der Richtlinie in Bezug auf Eisenbahnanwendungen gemäß den neuesten Entwicklungen und den Möglichkeiten des neuen Rechtsrahmens für den Schienenverkehr und im Bereich der Interoperabilität des Eisenbahnsystems zu überdenken
- die Notwendigkeit für und die Durchführbarkeit von Übereinstimmungsprüfungen und spezifische Prüfverfahren für Eisenbahnanwendungen.

4. INHALT DES VORSCHLAGS

4.1. Geltungsbereich der Richtlinie (Anhang I)

Die Richtlinie 97/68/EG deckt Kompressionzündungsmotoren von 18 kW bis 560 kW ab. Die entsprechenden US-Rechtsvorschriften decken den Leistungsbereich 19-560 kW ab. Im Interesse einer Angleichung wird ab dem Zeitpunkt, zu dem die Stufe III in Kraft tritt, 19 kW als unterer Wert verwendet.

Eisenbahnlokomotiven sind derzeit vom Geltungsbereich der Richtlinie ausgeschlossen, und es ist keine spezifische Begriffsbestimmung vorgesehen. Im Einklang mit den entsprechenden US-Rechtsvorschriften soll nunmehr eine Begriffsbestimmung für Eisenbahnlokomotiven in die Richtlinie aufgenommen werden. Das bedeutet, dass beispielsweise kleine, in Schienenfahrzeugen verwendete Motoren abgedeckt werden. Das entspricht den Aussagen der Kommission in ihrem Weißbuch über eine gemeinsame Verkehrspolitik (KOM (2001) 370).

Auch in Binnenschiffen verwendete Motoren sollen in den Geltungsbereich der Richtlinie aufgenommen werden.

4.2. Prüfverfahren (Anhang III)

Das derzeit in der Richtlinie 97/68/EG vorgesehene Verfahren zu Messung der Emissionen basiert auf einem stationären Prüfzyklus - dem 8-Phasen-Zyklus ISO C1.

Die meisten Motoren mobiler Maschinen und Geräte werden für Anwendungen eingesetzt, die weitgehend dynamischer Natur sind. Selbst Einrichtungen wie Pumpen und Generatoren, die meisten mit konstanter Drehzahl arbeiten, können mit der Zeit aufgrund von Variationen der Motorlast vom stationären Betrieb abweichen. Dank der intensiven Zusammenarbeit zwischen den Behörden und der Industrie in den USA, in Japan und in Europa wurden Anstrengungen zur Entwicklung eines neuen Prüfzyklus unternommen, der diesem Umstand besser Rechnung trägt. Diese Zusammenarbeit hat zu einem neuen dynamischen Prüfzyklus geführt, der auf sogenannten Wirbelstrom-Leistungsprüfständen durchgeführt werden kann und erhebliche Kosteneinsparungen erlaubt (zwischen einem Drittel und einem Viertel) der herkömmlichen, für dynamische Prüfungen verwendeten Ausrüstung (Wechselstrom- oder Gleichstrom-Leistungsprüfstand).

Die künftigen Standards für Partikelbestandteile der Stufe III B werden sich auf dieses neue dynamische Prüfverfahren stützen, um die tatsächlichen Betriebsbedingungen besser widerzuspiegeln und insbesondere die tatsächlichen Partikelemissionen darzustellen und um sicherzustellen, dass bei der Entwicklung der Emissionsminderungstechnologie diese Antriebsbedingungen berücksichtigt werden. Zur Messung gasförmiger Emissionen steht es

dem Hersteller frei, entweder den neuen dynamischen Prüfzyklus oder das bisherige stationäre Prüfverfahren anzuwenden.

Beachtliche Kosteneinsparungen (bis zu einem Fünftel) lassen sich erzielen, wenn die dynamische Prüfung mit Hilfe des Teilstromverdünnungssystems, anstatt des herkömmlichen CVS-Systems (Constant Volume Sampling) durchgeführt wird. Diesbezüglich werden die Hersteller auch weiterhin zwischen dem Vollstrom- und dem Teilstromsystem wählen können.

4.3. Grenzwerte der Stufe III (Anhang I)

Um den Umwelterfordernissen gerecht zu werden, werden Grenzwerte der Stufe III sowohl für NO_x als auch für Partikelbestandteile eingeführt. Sie beruhen auf der besten verfügbaren Technik und werden, sofern machbar, auf mobile Maschinen und Geräte angewendet, wobei die Notwendigkeit einer globalen Angleichung zu berücksichtigen ist.

Die Grenzwerte für gasförmige Schadstoffe der Stufe III (Stufe III A) entsprechen grundsätzlich den US-Tier-III-Standards für die Leistungsbereiche über 37 kW und den Tier-II-Standards für den Leistungsbereich 19-37 kW. Die Grenzwerte für Partikelbestandteile (Stufe III B) für die Leistungsbereiche über 37 kW beruhen auf der Annahme, dass Partikelfilter oder eine Technologie mit ähnlicher Wirkung auf dem Sektor mobiler Maschinen und Geräte allgemein verfügbar sind, sofern eine genügend lange Vorlaufzeit eingeräumt wird.

Um sicherzustellen, dass die erforderliche Technologie verfügbar ist, wird in den Text eine Überprüfungsklausel aufgenommen, nach der die Kommission spätestens 2006 die technischen Fortschritte überprüft, die Partikelgrenzwerte bestätigt und erforderliche Ausnahmen vorschlägt. Im Rahmen dieser Überprüfung könnte zu einem späteren Zeitpunkt eine zusätzliche Studie über die mögliche Anwendung von Nachbehandlungseinrichtungen zur Verminderung gasförmiger Schadstoffe (NO_x) durchgeführt werden.

4.4. Umsetzungstermine für die Stufe III (Artikel 9)

Für den *Leistungsbereich über 37 kW* können die Grenzwerte der Stufe III A von 2006 an (stufenweise) umgesetzt werden, da die Hersteller bis dahin die Anforderungen des US-Markts zu erfüllen haben werden. Für die Grenzwerte der Stufe III B für Partikelbestandteile ist eine längere Vorlaufzeit erforderlich. Um den Herstellern genügend Zeit für die erforderlichen Entwicklungsarbeiten zu geben, sollen diese Grenzwerte stufenweise zwischen 2010 und 2012 in Kraft treten.

Für den *Leistungsbereich 19-37 kW* ist die Umsetzung der entsprechenden US-Rechtsvorschriften für 2004 vorgesehen. Aus praktischen Gründen ist es jedoch nicht möglich, diese in der EU vor 2006 einzuführen.

Ein spezifisches Problem sind die Umsetzungstermine für *Motoren mit konstanter Drehzahl*. Sie sind von den Bestimmungen der Richtlinie 97/68/EG ausgenommen. Im Anschluss an die vor kurzem vom Rat und vom Europäischen Parlament angenommene Änderung über Fremdzündungsmotoren sollen sie ab dem 31. Dezember 2006 erfasst werden, d.h. 3-6 Jahre später als andere Motortypen. Um den Herstellern eine angemessene Vorlaufzeit einzuräumen, wurden die Inkrafttretungsdaten für diese Art von Motoren entsprechend angepasst.

4.5. Kraftstoffqualität

4.5.1. Allgemeines

Die beiden Stufen der Emissionsstandards in der derzeitigen Richtlinie 97/68/EG können eingehalten werden, ohne dass besondere Anforderungen hinsichtlich der Kraftstoffqualität erforderlich sind. Zur Einhaltung der vorgeschlagenen Standards der Stufe III B für Partikelbestandteile muss jedoch ein Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt (weniger als 50 ppm) verwendet werden. Daher soll von der Kommission rechtzeitig vor den Inkrafttretungsdaten dieser Grenzwerte eine gesonderte Änderung der Richtlinie 98/70/EG vorgeschlagen werden.

4.5.2. Bezugskraftstoff

Der für Typgenehmigungszwecke verwendete Bezugskraftstoff sollte der unter tatsächlichen Betriebsbedingungen verwendeten Kraftstoffqualität entsprechen. Da die Rechtsvorschriften in den Mitgliedstaaten unterschiedlich sind, handelt es sich bei den derzeitigen Spezifikationen für den Bezugskraftstoff um einen Kompromiss. Der wichtigste Parameter - der Schwefelgehalt - muss zwischen 1000 und 2000 ppm liegen.

Die vorgeschlagenen Grenzwerte für Partikelemissionen der Stufe III B erfordern die Verwendung von Kraftstoff mit niedrigem Schwefelgehalt. Um dem Rechnung zu tragen, wird ein Bezugskraftstoff aufgeführt, der demjenigen entspricht, der für Straßenfahrzeuge verwendet wird. Der Hersteller kann diese Kraftstoffqualität bei der freiwilligen oder verbindlich vorgeschriebenen Typgenehmigung von Motoren auf Einhaltung der Grenzwerte der Stufe III B verwenden.

4.6. Dauerhaltbarkeitsanforderungen (Anhang III – Anlage 5)

Die entsprechenden US-Rechtsvorschriften legen auch die Lebensdauer der Maschinen und Geräte fest, während der die Grenzwerte eingehalten werden müssen, sowie Bestimmungen über Rückrufaktionen.

Da für diese Art von Geräten keine Zulassung vorgesehen ist, sind Programme zur Überprüfung der Übereinstimmung während des Betriebs schwerer umzusetzen. Daher wird in dieser Anfangsphase die Lebensdauer lediglich für die einzelnen Motorkategorien definiert - 3000-5000 Stunden für Motoren unter 37 kW und 8000 Stunden für Motoren mit 37 kW und darüber - und die Hersteller müssen für die Typgenehmigung geltende Verschlechterungsfaktoren festlegen.

Eine weitere Stufe – die die Überprüfung von in Betrieb befindlichen Geräten und Rückrufaktionen umfassen sollte – könnte in der oben erwähnten technischen Überprüfung behandelt werden.

4.7. Flexibilität (Artikel 9 und Anhang XIV)

Bei der Richtlinie 97/68/EG handelt es sich um eine Richtlinie für Motoren, was bedeutet, dass die Standards vom Motorhersteller eingehalten werden müssen. Letztlich werden die Motoren jedoch in Ausrüstungsteile eingebaut, entweder von den Motorherstellern selbst oder von Geräteherstellern. Besonders in letzterem Fall muss dem Gerätehersteller genügend Zeit eingeräumt werden, um sein Produkt an das Motorkonzept anzupassen. Spezifische Probleme werden sich in diesem Zusammenhang für Hersteller kleiner Serien oder im Fall von Produkten in kleinen Serien stellen.

Um ein flexibles Vorgehen sicherzustellen, wurden zwei Möglichkeiten vorgesehen.

Die erste besteht darin, dass Geräteherstellern gestattet wird, während eines Zeitraums von zwei Jahren "alte" Motoren zu verwenden, vorausgesetzt, diese Motoren wurden vor dem Datum des Inkrafttretens der neuen Grenzwerte hergestellt. Diese Option ist bereits in der jetzigen Richtlinie vorgesehen, unterliegt jedoch der Entscheidung eines Mitgliedstaats.

Die zweite ist eine freiwillige Option, die es den Herstellern gestattet, eine begrenzte Zahl von Motoren zu verwenden, die lediglich die vorangehenden Grenzwerte einhalten. Die Zahl dieser Motoren ist in jedem Leistungsbereich auf 20% einer Jahresproduktion oder je nach Leistungsbereich auf ein Maximum beschränkt (50, 100, 150 oder 200), und sie können während des Zeitraums zwischen zwei Stufen von Grenzwerten verwendet werden. Das erlaubt es den einzelnen Herstellern, die Lösung zu wählen, die ihnen in ihrer jeweiligen Lage am meisten zusagt; ein Hersteller hat möglicherweise Probleme mit einer Motorfamilie während ein anderer generelle Verzögerungen bei der Entwicklung seiner Produkte zu beklagen hat. Bei dieser Option sind die Umweltauswirkungen im Voraus bekannt, und die Hauptverantwortung für die Lösung der Schwierigkeiten wird den Herstellern übertragen. Dies ist ferner der beste Weg, potenzielle Diskrepanzen zwischen kleinen und großen Herstellern zu lösen.

Eine ähnliche Option ist in den entsprechenden US-Rechtsvorschriften vorgesehen, die außerdem eine Reihe anderer Flexibilitätsoptionen wie Mittelwertbildung und Ansparen von Emissionsrechten umfassen. Einige dieser anderen Optionen sind vielleicht in den USA zweckmäßig, da die Rechtsvorschriften dort von einer einzigen Verwaltung umgesetzt werden. In Europa sind theoretisch 15 verschiedene Genehmigungsbehörden betroffen, und es ist daher nicht praktikabel, alle diese verschiedenen Optionen aufzunehmen.

Die europäischen Organisationen der Motor- und Ausrüstungshersteller (Euromot und CECE/CEMA) haben erklärt, dass sie die vorgeschlagene Lösung begrüßen. Nach der Auffassung der Kommission vertreten diese Organisationen das gesamte Spektrum der Hersteller.

4.8. Technische Durchführbarkeitsstudie

Wie bereits erwähnt, sollte eine technische Durchführbarkeitsstudie zu der Frage durchgeführt werden, ob die Partikelfiltertechnologie auf den Sektor mobiler Maschinen und Geräte anwendbar ist, und in der gegebenenfalls angegeben wird, welche Anwendungen lediglich die weniger strengen Partikelstandards einhalten sollten. Diese Studie muss früh genug durchgeführt werden, um den Herstellern die Angaben über die geeigneten Grenzwerte rechtzeitig bereitzustellen. Andererseits muss genügend Zeit für die erforderliche technische Entwicklung bleiben. Als Kompromiss sollte die Kommission spätestens im Dezember 2006 Vorschläge vorlegen.

Vorschlag für eine

RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

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

(Text von Bedeutung für den EWR)

DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION -

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

auf Vorschlag der Kommission,

nach Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses,

gemäß dem Verfahren des Artikels 251 EG-Vertrag,

in Erwägung nachstehender Gründe:

- (1) In der Richtlinie 97/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emissionen von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte werden zwei Stufen von Emissionsgrenzwerten für Kompressionszündungsmotoren eingeführt, und die Kommission wird aufgefordert, unter Berücksichtigung der globalen Verfügbarkeit von Techniken zur Minderung der Luftschadstoffemissionen von Kompressionszündungsmotoren sowie des Zustands der Luftqualität eine weitere Herabsetzung der Emissionsgrenzwerte vorzuschlagen.
- (2) Das Auto-Öl-Programm kam zu dem Ergebnis, dass zur Verbesserung der künftigen Luftqualität der Gemeinschaft weitere Maßnahmen erforderlich sind, insbesondere, was die Bildung von Ozon und die Emissionen von Partikelbestandteilen angeht.
- (3) Fortgeschrittene Technologien zur Verminderung der Emissionen von Kompressionszündungsmotoren in Straßenfahrzeugen sind bereits verfügbar, und diese Technologien werden voraussichtlich weitgehend auch auf den Sektor mobiler Maschinen und Geräte anwendbar sein.
- (4) Es gibt noch einige Ungewissheiten hinsichtlich der Frage, wie sich die Kostenwirksamkeit der Verwendung von Nachbehandlungseinrichtungen für Partikelemissionen in kleineren Motoren und die Verfügbarkeit von Nachbehandlungseinrichtungen zur Verminderung von Stickoxid (NO_x)-Emissionen etwa im Jahre 2010 darstellen werden. Vor dem 31. Dezember 2006 sollten eine

technische Überprüfung durchgeführt und gegebenenfalls Ausnahmen eingeführt oder das Verschieben der Inkrafttretungsdaten für Partikelemissionen und strengere Grenzwerte für gasförmige Schadstoffe in Betracht gezogen werden.

- (5) Es ist ein dynamisches Prüfverfahren erforderlich, das die Betriebsbedingungen dieser Art von Maschinen unter tatsächlichen Arbeitsbedingungen abdeckt.
- (6) Das vorgeschlagene Maßnahmenpaket der Grenzwerte der Stufe III sollte so weit wie möglich an die Entwicklungen in den Vereinigten Staaten angeglichen werden, um den Herstellern einen globalen Markt für ihre Motorkonstruktionen zu bieten.
- (7) Auch für bestimmte Eisenbahn- und Schiffsanwendungen sind Emissionsstandards einzuführen, um sie besser als umweltfreundliche Verkehrsträger propagieren zu können.
- (8) Aufgrund der zur Einhaltung der Grenzwerte der Stufe III B für Partikelemissionen erforderlichen Technologie muss in vielen Mitgliedstaaten der Schwefelgehalt des Kraftstoffs gegenüber dem derzeitigen Schwefelgehalt verringert werden. Ferner sollte ein Bezugskraftstoff festgelegt werden, der die Lage auf dem Kraftstoffmarkt widerspiegelt.
- (9) Von Bedeutung ist auch die Emissionsleistung während der gesamten Lebensdauer der Motoren. Es sind Dauerhaltbarkeitsanforderungen einzuführen, um die Verschlechterung der Emissionsleistung zu vermeiden.
- (10) Für Gerätehersteller müssen besondere Regelungen eingeführt werden, um ihnen Zeit für die Weiterentwicklung ihrer Produkte und die Organisation der Produktion kleinerer Serien einzuräumen.
- (11) Die Ziele der zur Verbesserung der künftigen Luftqualität zu treffenden Maßnahmen können von den Mitgliedstaaten nicht in ausreichendem Maße erreicht werden, da die erforderlichen Emissionsvorschriften für Produkte auf Gemeinschaftsebene geregelt werden müssen. Daher kann die Gemeinschaft in Einklang mit dem Subsidiaritätsprinzip gemäß Artikel 5 EG-Vertrag Maßnahmen verabschieden. Gemäß dem in diesem Artikel genannten Grundsatz der Verhältnismäßigkeit geht die Richtlinie nicht über das hinaus, was für das Erreichen dieser Ziele erforderlich ist.
- (12) Die Richtlinie 97/68/EG ist daher entsprechend zu ändern -

HABEN FOLGENDE RICHTLINIE ERLASSEN:

Artikel 1

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

- (1) In Artikel 2 wird folgender Spiegelstrich eingefügt:
 - Binnenschiffe sind Schiffe mit einer Länge von 20 m oder mehr und einem Volumen von 100 m³ oder mehr gemäß der Formel in Anhang I, Abschnitt 2, Ziffer 2.8a, oder Schleppboote und Schubboote, die dazu gebaut sind, Schiffe mit einer Länge von 20 m zu schleppen, zu schieben oder seitlich gekuppelt mitzuführen

- (2) In Artikel 2 wird folgender Unterabsatz eingefügt:
- “Die Begriffsbestimmung in Unterabsatz 1, 16. Spiegelstrich umfasst nicht Fahrgastschiffe, die zusätzlich zur Besatzung nicht mehr als 12 Fahrgäste befördern, Fähren, Sportboote mit einer Länge von nicht mehr als 24 m (gemäß der Begriffsbestimmung in Artikel 1 Absatz 2 der Richtlinie 94/25/EG), Dienstschiffe der Aufsichtsbehörden und Feuerlöschboote, Militärschiffe und Seeschiffe, einschließlich Seeschleppboote und -schubboote, die auf Seeschiffahrtsstraßen fahren oder halten oder die sich vorübergehend auf Binnenwasserstraßen aufhalten und die gültigen Seefähigkeits- oder Sicherheitszeugnisse gemäß Anhang I Abschnitt 2 Ziffer 2.8b mit sich führen.”
- (3) In Artikel 4 wird Absatz 6 mit folgendem Wortlaut eingefügt:
- "6. Für Motoren, die nach einem "Flexibilitätssystem" in Verkehr gebracht werden, gilt zusätzlich zu den Absätzen 1 bis 5 das im Anhang XIII beschriebene Verfahren."
- (4) In Artikel 6 wird Absatz 5 mit folgendem Wortlaut eingefügt:
- "5. Motoren, die nach einem "Flexibilitätssystem" in Verkehr gebracht werden, sollten gemäß Anhang XIII gekennzeichnet werden."
- (5) Artikel 8 wird wie folgt geändert:
- (a) Der Titel wird ersetzt durch "Inverkehrbringen".
 - (b) In Absatz 1 wird das Wort "neuer" gestrichen.
- (6) Artikel 9 wird wie folgt geändert:
- (a) Im einleitenden Satz von Absatz 3 werden die Worte “und verweigern auch jegliche andere Typgenehmigung für mobile Maschinen und Geräte, in die ein Motor eingebaut ist” ersetzt durch “und verweigern auch jegliche andere Typgenehmigung für noch nicht in Verkehr gebrachte smobile Maschinen und Geräte, in die ein Motor eingebaut ist”.
 - (b) Folgende neue Absätze 3a, 3b und 3c mit folgendem Wortlaut werden eingefügt:
 - 3a. **TYPGENEHMIGUNG STUFE III (MOTORKATEGORIEN H, I, J und K)**
 - Die Mitgliedstaaten verweigern
 - H: nach dem 30. Juni 2005 bei Motoren - außer Motoren mit konstanter Drehzahl - mit einer Leistung von $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$,
 - I: nach dem 31. Dezember 2005 bei Motoren – außer Motoren mit konstanter Drehzahl - mit einer Leistung von $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$,

- J: nach dem 31. Dezember 2006 bei Motoren – außer Motoren mit konstanter Drehzahl - mit einer Leistung von $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$,
- K: nach dem 31. Dezember 2005 bei Motoren – außer Motoren mit konstanter Drehzahl - mit einer Leistung von $19 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$,

die Typgenehmigung für die obigen Motortypen oder Motorfamilien und die Ausstellung des Dokuments gemäß Anhang VI und verweigern auch jegliche andere Typgenehmigung für mobile Maschinen und Geräte, in die ein noch nicht in Verkehr gebrachter Motor eingebaut ist, wenn der Motor die Anforderungen dieser Richtlinie nicht erfüllt und seine Abgasemissionen die Grenzwerte der Tabelle in Anhang I Nummer 4.2.3 nicht einhalten.

3b. TYPGENEHMIGUNG STUFE III B (MOTORKATEGORIEN K, L, M und N)

Die Mitgliedstaaten verweigern

- K (Motoren mit konstanter Drehzahl) nach dem 31. Dezember 2009 bei Motoren mit einer Leistung von $19 \text{ kW} \leq P < 37 \text{ kW}$,
- L und H (Motoren mit konstanter Drehzahl) nach dem 31. Dezember 2009 bei Motoren mit einer Leistung von $130 \text{ kW} \leq P \leq 560 \text{ kW}$,
- M und I (Motoren mit konstanter Drehzahl) nach dem 31. Dezember 2009 bei Motoren mit einer Leistung von $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$,
- N und J (Motoren mit konstanter Drehzahl) nach dem 31. Dezember 2010 bei Motoren mit einer Leistung von $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$,

die Typgenehmigung für die obigen Motortypen oder Motorfamilien und die Ausstellung des Dokuments gemäß Anhang VI und verweigern auch jegliche andere Typgenehmigung für mobile Maschinen und Geräte, in die ein noch nicht in Verkehr gebrachter Motor eingebaut ist, wenn der Motor die Anforderungen dieser Richtlinie nicht erfüllt und seine Partikelemissionen die Grenzwerte der Tabelle in Anhang I Nummer 4.2.3 nicht einhalten."

3c. TYPGENEHMIGUNG VON MOTOREN, DIE IN BINNENSCHIFFEN VERWENDET WERDEN (MOTORKATEGORIEN V)

Die Mitgliedstaaten verweigern

- V1:1: nach dem 31. Dezember 2005 bei Motoren mit einer Leistung über 37 kW und einem Hubraum unter $0,9$ Litern je Zylinder,
- V1:2: nach dem 30. Juni 2005 bei Motoren mit einem Hubraum von $0,9$ Litern oder darüber jedoch unter $1,2$ Litern je Zylinder,

- V1:3: nach dem 30. Juni 2005 bei Motoren mit einem Hubraum von 1,2 Litern oder darüber jedoch unter 2,5 Litern je Zylinder und einer Leistung von $37 \text{ kW} \leq P < 75 \text{ kW}$,
- V1:4: nach dem 31. Dezember 2006 bei Motoren mit einem Hubraum von 2,5 Litern oder darüber jedoch unter 5 Litern je Zylinder,
- V2: nach dem 31. Dezember 2007 bei Motoren mit einem Hubraum über 5 Litern je Zylinder,

die Typgenehmigung für die obigen Motortypen oder Motorfamilien und die Ausstellung des Dokuments gemäß Anhang VI und verweigern auch jegliche andere Typgenehmigung für mobile Maschinen und Geräte, wenn der Motor die Anforderungen dieser Richtlinie nicht erfüllt und seine Partikelemissionen die Grenzwerte der Tabelle in Anhang I Nummer 4.1.2.4 nicht einhalten."

(c) Absatz 4 erhält folgende Fassung:

- im Titel werden die Worte "Registrierung und" gestrichen,
- In Unterabsatz 1 werden die Worte "... erlauben die Mitgliedstaaten die etwaige Registrierung und das Inverkehrbringen neuer Motoren..." ersetzt durch "... erlauben die Mitgliedstaaten das Inverkehrbringen neuer Motoren".
- Die Unterabsätze 2 und 3 werden ersetzt durch:

"Stufe III A

- Kategorie H: 31. Dezember 2005
- Kategorie I: 31. Dezember 2006
- Kategorie J: 31. Dezember 2007
- Kategorie K: 31. Dezember 2006
- Kategorie V1:1: 31. Dezember 2006
- Kategorie V1:2: 31. Dezember 2006
- Kategorie V1:3: 31. Dezember 2006
- Kategorie V1:4: 31. Dezember 2008
- Kategorien V2: 31. Dezember 2008

Für Motoren mit konstanter Drehzahl der Kategorien H, J, K und L sind die Umsetzungstermine vier Jahre später als die oben aufgeführten Termine.

Stufe III B

- Kategorie L: 31. Dezember 2010

- Kategorie M: 31. Dezember 2010
- Kategorie N: 31. Dezember 2011

Die Einhaltung der Vorschriften durch Motoren mit einem Herstellungsdatum vor dem genannten Datum wird für jede Kategorie um zwei Jahre verschoben .

Die für eine Stufe von Emissionsgrenzwerten gewährte Ausnahme endet ab dem Zeitpunkt des verbindlichen Inkrafttretens der nächsten Stufe der Grenzwerte."

(7) *In Artikel 10 wird der folgende Absatz 3 eingefügt:*

"3. Motoren können nach einem "Flexibilitätssystem" entsprechend den Bestimmungen des Anhangs XIII in Verkehr gebracht werden."

(8) *Die Anhänge werden wie folgt geändert:*

- (a) Die Anhänge I, III, V, VII und XII werden gemäß Anhang I dieser Richtlinie geändert.
- (b) Anhang VI wird durch den Wortlaut in Anhang II dieser Richtlinie ersetzt.
- (c) Ein neuer Anhang XIII wird gemäß dem Wortlaut in Anhang III dieser Richtlinie ergänzt.

Artikel 2

Die Kommission verpflichtet sich, bis spätestens zum 31. Dezember 2006

- *die verfügbaren Technologien im Hinblick auf die Bestätigung der Grenzwerte der Stufe III B und die Evaluierung der Notwendigkeit zu überprüfen, für bestimmte Geräte- oder Motortypen mehr Flexibilität, Ausnahmen oder spätere Umsetzungstermine einzuführen,*
- *zu prüfen, ob für Eisenbahnanwendungen ein getrenntes Prüfverfahren anzuwenden ist,*
- *die Notwendigkeit zu prüfen, den Geltungsbereich der Richtlinie entsprechend den neuesten Entwicklungen beim Rechtsrahmen für den Schienenverkehr und die Interoperabilität zu ändern, um so wirksam wie möglich alle Eisenbahnanwendungen abzudecken,s*
- *zu erwägen, ob die Grenzwerte für die Emissionen gasförmiger Schadstoffe angesichts der Umwelterfordernisse und der technologischen Entwicklungen bei Nachbehandlungseinrichtungen zur Verminderung von NOx im Sektor der Straßenfahrzeuge verschärft werden können,*
- *zu prüfen, ob eine weitere Reihe von Grenzwerten für Motoren zur Verwendung in Binnenschiffen eingeführt werden sollte,*
- *zu prüfen, ob Emissionsgrenzwerte für Motoren unter 19 kW und über 560 kW eingeführt werden sollten,*

und dem Europäischen Parlament und dem Rat gegebenenfalls entsprechende Vorschläge vorzulegen.

Artikel 3

1. *Die Mitgliedstaaten erlassen die erforderlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften, um dieser Richtlinie bis zum [binnen 12 Monaten ab ihrem Inkrafttreten] [vor dem 1. Juli 2005] nachzukommen. Sie setzen die Kommission unverzüglich davon in Kenntnis.*

Wenn die Mitgliedstaaten Vorschriften nach Absatz 1 erlassen, nehmen sie in den Vorschriften selbst oder durch einen Hinweis bei der amtlichen Veröffentlichung auf diese Richtlinie Bezug. Die Mitgliedstaaten regeln die Einzelheiten der Bezugnahme.

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

Artikel 4

Diese Richtlinie tritt am zwanzigsten Tag nach ihrer Veröffentlichung im *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* in Kraft.

Artikel 5

Diese Richtlinie ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

Geschehen zu Brüssel, am

Im Namen des Europäischen Parlaments
Der Präsident

Im Namen des Rates
Der Präsident

ANHANG I

1. ANHANG I DER RICHTLINIE 97/68 WIRD WIE FOLGT GEÄNDERT:

- a) In Abschnitt 1, letzter Unterabsatz, Punkt B wird das Wort „Schiffe“ ersetzt durch: „Schiffe, mit Ausnahme von Binnenschiffen“
- b) In Abschnitt 1, letzter Unterabsatz, Punkt C werden die Worte „Lokomotiven“ ersetzt durch: „Lokomotiven, die nicht zur Beförderung von Fahrgästen oder Fracht bestimmt sind.“
- c) Abschnitt 2 wird wie folgt geändert:
 - (i) Folgende Ziffern 2.8a und 2.8b werden eingefügt:

“2.8a: “Volumen von 100³ oder mehr” mit Bezug auf ein Binnenschiff bedeutet sein anhand der Formel $L \times B \times T$ berechnetes Volumen, wobei “L” die größte Länge des Schiffskörpers, ohne Ruder und Bugspriet, “B” die größte Breite des Schiffskörpers in Metern, gemessen an der Außenseite der Beplattung (ohne Schaufelräder, Scheuerleisten und ähnliches) und “T” der senkrechte Abstand vom tiefsten Punkt des Schiffskörpers an der Unterkante der Bodenbeplattung oder des Kiels bis zur Ebene der größten Einsenkung des Schiffskörpers bedeutet.

2.8b: “gültige Seefähigkeits- oder Sicherheitszeugnisse” bedeutet

- (a) Zeugnis über die Einhaltung der Vorschriften des Internationalen Übereinkommens von 1974 zum Schutz des menschlichen Lebens auf See (SOLAS), geänderte Fassung, oder gleichwertiges Zeugnis, oder
- (b) Zeugnis über die Einhaltung der Vorschriften des Internationalen Übereinkommens von 1966 über den Freibord, geänderte Fassung, oder ein gleichwertiges Zeugnis; und IOPP-Zeugnis über die Einhaltung der Vorschriften des Internationalen Übereinkommens zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe (MARPOL), geänderte Fassung.”

- (ii) Der folgende Abschnitt 2.17 wird eingefügt:

2.17. „„Prüfzyklus“ bedeutet eine Abfolge von Prüfphasen mit jeweils einer bestimmten Drehzahl und einem bestimmten Drehmoment, die der Motor unter stationären (NRSC-Prüfung) bzw. transienten Bedingungen (NRTC-Prüfung) durchlaufen muss;“

- (iii) Abschnitt 2.17 erhält die Nummer 2.18 und folgende Fassung:

2.18. Symbole und Abkürzungen

2.18.1. Symbole für die Prüfkennwerte

Symbol	sEinheit	Begriff
A/F_{st}	-	Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis
A_p	m ²	Querschnittsfläche der isokinetischen Probenahmesonde
A_T	m ²	Querschnittsfläche des Auspuffrohrs
A_{ver}	-	gewichtete Durchschnittswerte für:
C_1	-	C1-äquivalenter Kohlenwasserstoff
C_d	-	Durchflusskoeffizient des SSV
$Conc$	ppm	Konzentration (mit nachgestellter Bestandteilbezeichnung)
$Conc_c$	ppm	hintergrundkorrigierte Konzentration
$Conc_d$	ppm	Konzentration des Schadstoffs, gemessen in der Verdünnungsluft
$Conc_e$	ppm Vol%	Konzentration des Schadstoffs, gemessen im verdünnten Abgas
DF	-	Verdünnungsfaktor
d	m	Durchmesser
f_a	-	atmosphärischer Faktor im Labor
G_{AIRD}	kg/h	Massendurchsatz der Ansaugluft, trocken
G_{AIRW}	kg/h	Massendurchsatz der Ansaugluft, feucht
G_{DILW}	kg/h	Massendurchsatz der Verdünnungsluft, feucht
G_{EDFW}	kg/h	äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht
G_{EXHW}	kg/h	Massendurchsatz des Abgases, feucht
G_{FUEL}	kg/h	Kraftstoffmassendurchsatz
G_{SE}	kg/h	Abgasmassendurchsatzproben
G_T	cm ³ /min	Tracergasdurchsatz
G_{TOTW}	kg/h	Massendurchsatz des verdünnten Abgases, feucht
H_a	g/kg	absolute Feuchtigkeit der Ansaugluft
H_d	g/kg	absolute Feuchtigkeit der Verdünnungsluft
H_{REF}	g/kg	Bezugswert der absoluten Luftfeuchtigkeit (10,71 g/kg)t
-	-	unterer Index für eine einzelne Prüfphase (für NRSC-Prüfung)
K_H	-	Feuchtigkeitskorrekturfaktor für NO _x
K_p	-	Feuchtigkeitskorrekturfaktor für Partikel
K_V	-	CFV-Kalibrierfunktion
$K_{W,a}$	-	Korrekturfaktor für Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand der
$K_{W,d}$	-	Korrekturfaktor für die Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand der
$K_{W,e}$	-	Korrekturfaktor für die Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand des
$K_{W,r}$	-	Korrekturfaktor für die Umrechnung vom trockenen zum feuchten Bezugszustand des
L	%	prozentuales Drehmoment, bezogen auf das maximale Drehmoment beim Motor
M_d	smg	abgeschiedene Partikel-Probenahmemasse der Verdünnungsluft
M_{DIL}	kg	Masse der durch die Partikel-Probenahmefilter geleiteten Verdünnungsluftprobe
M_{EDFW}	kg	Masse des äquivalenten verdünnten Abgases über den Zyklus
M_{EXHW}	kg	Gesamtmassendurchsatz über den gesamten Zyklus
M_f	mg	abgeschiedene Partikel-Probenahmemasse
$M_{f,p}$	mg	abgeschiedene Partikel-Probenahmemasse auf Hauptfilter
$M_{f,b}$	mg	abgeschiedene Partikel-Probenahmemasse auf Nachfilter
M_{gas}	g	Gesamtmasse gasförmiger Schadstoffe über den Zyklus
M_{PT}	g	Gesamtmasse von Partikeln über den Zyklus
M_{SAM}	kg	Masse der durch die Partikel-Probenahmefilter geleiteten Probe des verdünnten Abgases
M_{SE}	kg	Abgasmassenproben über den gesamten Zyklus
M_{SEC}	kg	Masse der Sekundärverdünnungsluft
M_{TOT}	kg	Gesamtmasse der doppelt verdünnten Abgase über den Zyklus
M_{TOTW}	kg	Gesamtmasse der durch den Verdünnungstunnel geleiteten verdünnten Abgase über den
$M_{TOTW,I}$	kg	Momentane Masse der durch den Verdünnungstunnel geleiteten verdünnten Abgase, feucht
$mass$	g/h	unterer Index für den Schadstoffmassendurchsatz
N_p	-	PDP-Umdrehungen insgesamt über den Zyklus
n_{ref}	min ⁻¹	Bezugsmotordrehzahl für NRTC-Test
$\dot{n}_{sp}$	s ⁻²	Abgeleitete Motordrehzahl

P	kW	nichtkorrigierte Nutzleistung
p_1	kPa	Absenkung des Drucks am Pumpeneinlass der PDP
P_A	kPa	Absoluter Druck
P_a	kPa	Sättigungsdampfdruck der Motoransaugluft
P_{AE}	kW	angegebene Gesamtleistungsaufnahme durch Hilfseinrichtungen, die für die Prüfung
P_B	kPa	atmosphärischer Gesamtdruck (ISO 3046:
p_d	kPa	Sättigungsdampfdruck der Verdünnungsluft
P_M	kW	Höchstleistung bei Prüfdrehzahl unter Prüfbedingungen (siehe Anhang VII Anlage 1)
P_m	kW	Am Prüfstand gemessene Leistung
p_s	kPa	trockener atmosphärischer Druck
	-	Verdünnungsverhältnis
Q_s	m ³ /s	CVS-Volumendurchsatz
	-	Quotient der Querschnittsflächen der isokinetischen Sonde und des Auspuffrohrs; Verhältnis der SSV-Verengung zum Eintritt absolut, statischer Druck
R_a	%	relative Feuchtigkeit der Ansaugluft
R_d	%	relative Feuchtigkeit der Verdünnungsluft
Re	-	Reynoldzahl
R_f	-	FID-Ansprechfaktor
T	K	Absolute Temperatur
	s	Messzeit
T_a	K	absolute Temperatur der Ansaugluft
T_D	K	Absolute Taupunkttemperatur
T_{ref}	K	Bezugstemperatur (der Verbrennungsluft: 298 K)
T_{sp}	N·m	Gefordertes Drehmoment beim instationären Zyklus
t_{10}	s	Zeit zwischen Sprungeingangssignal und 10% des Ausgangssignals
t_{50}	s	Zeit zwischen Sprungeingangssignal und 50% des Ausgangssignals
t_{90}	s	Zeit zwischen Sprungeingangssignals und 90% des Ausgangssignals
Δt_I	s	Zeitabstand bei momentaner CFV-Strömung
V_0	m ³ /rev	PDP-Volumendurchsatz unter tatsächlichen Bedingungen
W_{act}	kWh	Tatsächliche Zyklusarbeit von NRTC
WF	-	Wichtungsfaktor
WF_E	-	Effektiver Wichtungsfaktor
X_0	m ³ /rev	Kalibrierungsfunktion des PDP-Volumendurchsatzes
Θ_D	kg/m ²	Rotationsträgheit des Wirbelstromprüfstands
λ	-	Relatives Luft-Kraftstoff-Verhältnis; tatsächliches A/F-Verhältnis geteilt durch stöchiometrisches A/F-Verhältnis
β		Verhältnis des Durchmessers der SSV-Verengung, d, zum inneren Durchmesser des Eintritttrohrs
ρ_{EXH}	kg/m ³	Abgasdichte

2.18.2. Symbole für chemische Bestandteile

CH ₄	Methan
C ₃ H ₈	Propan
C ₂ H ₆	Ethan
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DOP	Diethylphthalat
H ₂ O	Wasser
HC	Kohlenwasserstoffe
NO _x	Stickoxide
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
O ₂	Sauerstoff
PT	Partikel
PTFE	Polytetrafluorethylen

2.18.3. Abkürzungen

CFV	Venturi-Rohr mit kritischer Strömung
CLD	Chemilumineszenzdetektor
CI	Kompressionszündungsmotor
FID	Flammenionisationsdetektor
FS	Voller Skalenendwert
HCLD	Beheizter Chemilumineszenzanalysator
HFID	beheizter Flammenionisationsdetektor
NDIR	Nichtdispersiver Ultraviolett-Resonanzabsorber
NG	Erdgas
NRSC	stationärer Test für mobile Maschinen und Geräte
NRTC	dynamischer Test für mobile Maschinen und Geräte
PDP	Verdrängerpumpe
SI	Fremdzündungsmotor
SSV	kritisch betriebene Venturidüse

d) Abschnitt 3 wird wie folgt geändert:

(i) Der folgende Abschnitt 3.1.4. wird eingefügt:

„3.1.4. „Aufkleber gemäß Anhang XIV, ... falls der Motor im Rahmen einer flexiblen Regelung in Verkehr gebracht wird.“

d) Abschnitt 4 wird wie folgt geändert:

- Der folgende Abschnitt 4.1.2.4 wird eingefügt:

„4.1.2.4. Die für Stufe IIIA ermittelten Emissionen von Kohlenmonoxid, die Summe der Emissionen von Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden und die Emissionen von Partikeln dürfen die in nachstehender Tabelle angegebenen Werte nicht übersteigen:

Motoren für andere Anwendungen als den Antrieb von Binnenschiffen:

Kategorie: Nutzleistung (P) (kW)	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide (HC+NO _x) (g/kWh)	Partikel (PT) (g/kWh)
H: 130 kW = P ≤ 560 kW	3,5	4,0	0,2
I: 75 kW = P < 130 kW	5,0	4,0	0,3
J: 37 kW = P < 75 kW	5,0	4,7	0,4
K: 19 kW = P < 37 kW	5,5	7,5	0,6

Motoren zum Antrieb von Binnenschiffen:

Kategorie: Hubraum/Nutzleistung (SV/P) (Liter pro Zylinder/kW)	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide (HC+NO _x) (g/kWh)	Partikel (PT) (g/kWh)
V1:1 SV= 0,9 and P>37 kW	5,0	7,5	0,40
V1:2 0,9<SV= 1,2	5,0	7,2	0,30
V1:3 1,2<SV= 2,5	5,0	7,2	0,20
V1:4 2,5<SV= 5	5,0	7,2	0,20
V2:1 5<SV= 15	5,0	7,8	0,27
V2:2 15<SV= 20 und P ≤ 3300 kW	5,0	8,7	0,50
V2:3 15<SV= 20 und P>3300 kW	5,0	9,8	0,50
V2:4 20<SV= 25	5,0	9,8	0,50
V2:5 25<SV= 30	5,0	11,0	0,50

- Der folgende Abschnitt 4.1.2.5 wird eingefügt:

4.1.2.5 Die für Stufe IIIB ermittelten Emissionen von Kohlenmonoxid, die Summe der Emissionen von Kohlenwasserstoffen und Stickstoffoxiden und die Emissionen von Partikeln dürfen die in nachstehender Tabelle angegebenen Werte nicht übersteigen:

Kategorie: Nutzleistung (P) (kW)	Kohlenmonoxid (CO) (g/kWh)	Summe der Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide (HC+NO _x) (g/kWh)	Partikel (PT) (g/kWh)
L: 130 kW = P = 560 kW ¹	3,5	4,0	0,02
M: 75 kW = P < 130 kW	5,0	4,0	0,02
N: 37 kW = P < 75 kW	5,0	4,7	0,02

- *Der folgende Abschnitt 4.1.2.6 wird eingefügt:*

4.1.2.6. Die Grenzwerte in den Abschnitten 4.1.2.4 und 4.1.2.5 schließen die gemäß Anhang III, Anlage 5 berechnete Verschlechterung ein.

- *Abschnitt 4.1.2.4 erhält die neue Nummer 4.1.2.7.*

3. ANHANG III WIRD WIE FOLGT GEÄNDERT:

(a) *Abschnitt 1 wird wie folgt geändert:*

- *In Absatz 1.1 wird folgender Absatzs eingefügt:*

„Zwei Prüfzyklen werden beschrieben, die gemäß den Bestimmungen von Anhang I, Abschnitt 1 anzuwenden sind:

- der NRSC-Zyklus (stationärer Test für mobile Maschinen und Geräte) ist zu verwenden für die Stufen I, II und IIIA und für Motoren mit konstanter Drehzahl sowie für Stufe IIIB
- der NRTC-Zyklus (dynamischer Test für mobile Maschinen und Geräte) ist zu verwenden zur Messung von Partikelemissionen für Stufe IIIB bei allen Motoren mit Ausnahme von Motoren mit konstanter Drehzahl. Es steht dem Hersteller frei, diesen Test auch für Stufe IIA und für gasförmige Schadstoffe in Stufe IIIB zu verwenden.

Für Motoren, die zur Verwendung in Binnenschiffen bestimmt sind, ist das ISO-Prüfverfahren gemäß ISO 8178 und IMO MARPOL 73/78, Anhang VI (NO_x Code) zu verwenden.

- *Folgender Absatz 1.3 wird eingefügt:*

1.3. Messmethode:

Die zu messenden Abgase umfassen gasförmige Bestandteile (Kohlenmonoxid, gesamte Kohlenwasserstoffe und Stickstoffoxide) und Partikel. Zusätzlich wird oft Kohlendioxid als Tracergas zur Bestimmung des Verdünnungsverhältnisses von Teilstrom- und Vollstrom-Verdünnungssystemen verwendet. Nach guter technischer Praxis empfiehlt sich die allgemeine Messung von Kohlendioxid als ausgezeichnetes Mittel zum Feststellen von Messproblemen während des Prüflaufs.

1.3.1. NRSC-Prüfung:

Unter einer vorgeschriebenen Abfolge von Betriebsbedingungen bei warmgefahrenem Motor sind die Mengen der vorstehend genannten Abgasemissionen durch Probenahme aus dem Rohabgas kontinuierlich zu prüfen. Der Prüfzyklus besteht aus einer Reihe von Drehzahl- und Drehmoment-(Last)prüfphasen, die den typischen Betriebsbereich von Dieselmotoren abdecken. In jeder Prüfphase sind die Konzentration jedes gasförmigen Schadstoffs, der Abgasstrom und die Leistung zu bestimmen sowie die gemessenen Werte zu gewichten. Die Partikelprobe ist mit konditionierter Umgebungsluft zu verdünnen. Über das gesamte Prüfverfahren ist eine Probe zu nehmen und auf geeigneten Filtern abzuscheiden.

Alternativ dazu können für jede Prüfphase eine Probe auf separaten Filtern genommen und die gewichteten Ergebnisse des Prüfzyklus berechnet werden.

Die pro Kilowattstunde ausgestoßenen Gramm jedes Schadstoffs sind wie in Anlage 3 beschrieben zu berechnen.

1.3.2. NRTC-Prüfung:

Während eines vorgeschriebenen instationären Prüfzyklus von Betriebsbedingungen (eng angelehnt an die Betriebsbedingungen von Dieselmotoren in mobilen Maschinen und Geräten) bei warmgefahrenem Motor sind die vorstehend genannten Schadstoffe zu messen. Unter Verwendung der Motormoment und -drehzahlmesssignale des Motorleistungsprüfstands ist die Leistung entsprechend Dauer des Prüfzyklus zu integrieren; Ergebnis ist die Arbeit des Motors über den Zyklus. Die Konzentrationen der gasförmigen Bestandteile sind über den Prüfzyklus zu bestimmen, entweder im Rohabgas durch Integration des Signals des Analysegeräts gemäß Anlage 3 oder im verdünnten Abgas eines CVS-Vollstrom-Verdünnungssystems durch Integration oder Probenahmebeutel gemäß Anlage 3. Für Partikel ist eine verhältnismäßige Probe aus dem verdünnten Abgas auf einem besonderen Filter bei Teilstrom- oder Vollstromverdünnung zu nehmen. Je nach dem verwendeten Verfahren ist für die Berechnung der Masseemissionswerte der Schadstoffe der Durchsatz des verdünnten oder unverdünnten Abgases über den Zyklus zu bestimmen. Die Masseemissionswerte sind zur Motorarbeit in Bezug zu setzen, um den Ausstoß jedes Schadstoffs in Gramm pro Kilowattstunde angeben zu können.

(b) *Abschnitt 2 wird wie folgt geändert:*

- *Absatz 2.2.3 erhält folgende Fassung:*

2.2.3. Motoren mit Ladeluftkühlung

Die Ladelufttemperatur ist aufzuzeichnen und muss bei der angegebenen Nenndrehzahl und Volllast ± 5 K der vom Hersteller angegebenen Ladelufthöchsttemperatur betragen. Die Temperatur des Kühlmittels muss mindestens 293 K (20°C) betragen.

Bei Verwendung einer Prüfstandanlage oder eines externen Gebläses ist die Ladelufttemperatur auf ± 5 K der vom Hersteller angegebenen Ladelufthöchsttemperatur bei der Drehzahl der angegebenen Höchstleistung und Volllast einzustellen. Kühlmitteltemperatur und Kühlmitteldurchsatz des Ladeluftkühlers am vorstehend festgesetzten Punkt dürfen während des gesamten Prüfzyklus nicht verändert werden. Das Volumen des Ladeluftkühlers muss auf guter technischer Praxis und typischen Fahrzeugen/Maschinen und Geräten basieren.

Wahlweise kann der Ladeluftkühler gemäß SAE J 1937 in der im Januar 1995 veröffentlichten Fassung eingestellt werden.

- *Der Wortlaut in Absatz 2.3 ‚Ansaugsystem des Motors‘ erhält folgende Fassung:*

Der zu prüfende Motor muss mit einem Ansaugsystem versehen sein, dessen Lufteinlasswiderstand innerhalb des vom Hersteller angegebenen Wertes von ± 300 Pa für einen sauberen Luftfilter bei dem Betriebszustand des Motors liegt, bei dem sich nach Angaben des Herstellers der größte Luftdurchsatz ergibt. Die Widerstände sind auf Nenndrehzahl und Volllast einzustellen. Eine Prüfstandanlage kann verwendet werden, wenn sie die tatsächlichen Motorbetriebsbedingungen wiedergibt.

- *Der Wortlaut in Absatz 2.4 ‚Motorauspuffanlage‘ erhält folgende Fassung:*

Der zu prüfende Motor muss mit einer Auspuffanlage versehen sein, deren Abgasgegendruck innerhalb ± 650 Pa des vom Hersteller angegebenen Wertes bei den Motorbetriebsbedingungen entspricht, die zur angegebenen Höchstleistung führen.

Ist der Motor mit einer Abgasnachbehandlungseinrichtung ausgerüstet, so muss der Durchmesser des Auspuffrohrs genauso groß sein wie er in der Praxis für wenigstens vier Rohrdurchmesser oberhalb des Einlasses am Beginn der Nachbehandlungseinrichtung enthaltenden Ausdehnungsabschnitt verwendet wird. Der Abstand von der Auspuffkrümmeranschlussstelle bzw. vom Turboladerauslass bis zur Abgasnachbehandlungseinrichtung muss so groß sein wie in der Fahrzeugkonfiguration oder in den Abstandsangaben des Herstellers angegeben. Abgasgegendruck bzw. -widerstand müssen den vorstehend angeführten Kriterien entsprechen und können mittels eines Ventils eingestellt werden. Für Blindprüfungen und die Motorabbildung kann der Behälter der Nachbehandlungseinrichtung entfernt und durch einen gleichartigen Behälter mit inaktivem Katalysatorträger ersetzt werden.“

- *Absatz 2.8 wird gestrichen.*

- (c) *Abschnitt 3 wird wie folgt geändert:*

- *Die Überschrift von Abschnitt 3 wird ersetzt durch:*

„3. DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNG (NRSC-TEST)“

- *Der folgende Absatz 3.1 wird eingefügt:*

3.1. Bestimmung der Einstellungen des Leistungsprüfstands

Die Grundlage der Messung der spezifischen Emissionen bildet die nichtkorrigierte Nutzleistung gemäß ISO 14396: 2002.

Bestimmte Hilfseinrichtungen, die nur für den Betrieb der Maschine erforderlich und möglicherweise am Motor angebracht sind, sollten zur Prüfung entfernt werden. Folgende unvollständige Liste dient als Beispiel:

- Kompressor für Bremsen
- Servolenkungscompressor
- Klimaanlagekompressor
- Pumpen für Hydraulikantrieb

Wurden Hilfseinrichtungen nicht entfernt, ist zur Berechnung der Einstellungen des Leistungsprüfstands die von diesen Einrichtungen bei den Prüfdrehzahlen aufgenommene Leistung zu bestimmen; ausgenommen sind Motoren, bei denen derartige Hilfseinrichtungen einen integralen Bestandteil des Motors bilden (z. B. Kühlgebläse bei luftgekühlten Motoren).

Der Lufteinlasswiderstand und der Abgasgegendruck sind entsprechend den Abschnitten 2.3 und 2.4 auf die vom Hersteller angegebenen Obergrenzen einzustellen.

Die maximalen Drehmomentwerte sind bei den vorgegebenen Prüfdrehzahlen durch Messung zu ermitteln, um die Drehmomentwerte für die vorgeschriebenen Prüfphasen berechnen zu können. Bei Motoren, die nicht für den Betrieb über einen bestimmten Drehzahlbereich auf der Vollast-Drehmomentkurve ausgelegt sind, ist das maximale Drehmoment bei den jeweiligen Prüfdrehzahlen vom Hersteller anzugeben.

Die Motoreinstellung für jede Prüfphase ist nach folgender Formel zu berechnen:

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

Bei einem Verhältnis von

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

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

- *Die bisherigen Absätze 3.1-3.3 erhalten die neuen Nummern 3.2-3.4.*
- *Der bisherige Absatz 3.4 erhält die neue Nummer 3.5 und folgenden Wortlaut:*

3.5. Einstellung des Verdünnungsverhältnisses

Das Partikel-Probenahmesystem ist zu starten und bei Anwendung der Einfachfiltermethode auf Bypass zu betreiben (bei der Mehrfachfiltermethode wahlfrei). Der Partikelhintergrund der Verdünnungsluft kann bestimmt werden, indem Verdünnungsluft durch die Partikelfilter geleitet wird. Bei Verwendung gefilterter Verdünnungsluft kann eine Messung zu einem beliebigen Zeitpunkt vor, während oder nach der Prüfung erfolgen. Wird die Verdünnungsluft nicht gefiltert, so muss die Messung an einer für die Dauer der Prüfung genommenen Probe erfolgen.

Die Verdünnungsluft ist so einzustellen, dass die Filteranströmtemperatur bei jeder Prüfphase zwischen 315 K (42 °C) und 325 K (52 °C) beträgt. Das Gesamtverdünnungsverhältnis darf nicht weniger als vier betragen.

Hinweis: Beim Verfahren unter stationären Bedingungen kann anstelle der Einhaltung des Temperaturbereichs von 42 °C – 52 °C die Filtertemperatur auf oder unter der Höchsttemperatur von 325 K (52 °C) gehalten werden.

Bei der Einfach- und der Mehrfachfiltermethode in Vollstromsystemen muss der Probemassendurchsatz durch den Filter bei allen Prüfphasen in einem konstanten Verhältnis zum Massendurchsatz des verdünnten Abgases stehen. Dieses Masseverhältnis muss - mit Ausnahme der ersten 10 Sekunden der Prüfphase bei Systemen ohne Bypassmöglichkeit - mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ in Bezug auf den mittleren Wert der Prüfphase eingehalten werden. Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Einfachfiltermethode muss der Massendurchsatz durch den Filter - mit Ausnahme der ersten 10 Sekunden jeder Prüfphase bei Systemen ohne Bypassmöglichkeit - mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ in Bezug auf den mittleren Wert der Prüfphase konstant gehalten werden.

Bei CO₂- oder NO_x-konzentrationsgeregelten Systemen ist der CO₂- bzw. NO_x-Gehalt der Verdünnungsluft zu Beginn und Ende jeder Prüfung zu messen. Die vor der Prüfung gemessene CO₂- bzw. NO_x-Hintergrundkonzentration der Verdünnungsluft darf von der nach der Prüfung gemessenen Konzentration um höchstens 100 ppm bzw. 5 ppm abweichen.

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

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

- *Die bisherigen Absätze 3.5-3.6 erhalten die neuen Nummern 3.6-3.7.*
 - *Der bisherige Absatz 3.6.1 erhält folgenden Wortlaut:*
- 3.7.1. Vorschriften für die Ausrüstung nach Anhang I Abschnitt 1A :*

3.7.1.1. Vorschrift A.

Die Prüfung des Prüfmotors auf dem Leistungsprüfstand ist für in Abschnitt 1A(i) von Anhang I erfasste Motoren nach dem folgenden 8-Phasen-Zyklus² durchzuführen:

Prüfphasen	Motordrehzahl	Last	Wichtungsfaktor
1	Nenndrehzahl	100	0,15
2	Nenndrehzahl	75	0,15
3	Nenndrehzahl	50	0,15
4	Nenndrehzahl	10	0,10
5	Zwischendrehzahl	100	0,10
6	Zwischendrehzahl	75	0,10
7	Zwischendrehzahl	50	0,10
8	Leerlaufdrehzahl	---	0,15

3.7.1.2. Vorschrift B.

Die Prüfung des Prüfmotors auf dem Leistungsprüfstand ist für in Abschnitt 1A(ii) von Anhang I erfasste Motoren nach dem folgenden 5-Phasen-Zyklus² durchzuführen:

Prüfphasen	Motordrehzahl	Last	Wichtungsfaktor
1	Nenndrehzahl	100	0,05
2	Nenndrehzahl	75	0,25
3	Nenndrehzahl	50	0,30
4	Nenndrehzahl	25	0,30
5	Nenndrehzahl	10	0,10

3.7.1.3 Vorschrift C.

Für Motoren, die zur Verwendung in Binnenschiffen bestimmt sind, ist das ISO-Prüfverfahren gemäß ISO 8178 und IMO MARPOL 73/78, Anhang VI (NO_x Code) zu verwenden.

Die Lastzahlen sind Prozentwerte des Drehmoments entsprechend der Grundleistungsangabe, die definiert wird als während einer Folge mit variabler Leistung verfügbare maximale Leistung, für eine unbegrenzte Anzahl von Stunden pro Jahr gefahren werden kann, und zwar zwischen angegebenen Wartungsintervallen und unter den angegebenen Umgebungsbedingungen, wenn die Wartung wie vom Hersteller vorgeschrieben durchgeführt wird.^{1c}

² Anmerkung 1 wird wie folgt geändert: Identisch mit dem Zyklus C1 gemäß Absatz 8.3.1.1 der ISO-Norm 8178-4: 2002(E).

² Anmerkung 2 wird wie folgt geändert: Identisch mit dem Zyklus D2 gemäß Absatz 8.4.1 der ISO-Norm 8178-4: 2002(E).

¹ Zur Veranschaulichung der Definition der Grundleistung siehe Abbildung 2 der ISO-Norm 8528-1: 1993(E).

- *Der derzeitige Unterabsatz 3.6.3 wird wie folgt geändert:*
 - (i) *Im ersten Abschnitt wird das Wort „Zyklus“ durch das Wort „Zyklen“ ersetzt.*
 - (ii) *Im zweiten Abschnitt beginnt Satz 1 „Nach der einleitenden Übergangsperiode muss bei jeder Phase des jeweiligen Prüfzyklus“ (der restliche Wortlaut bleibt unverändert).*
- *Der bisherige Absatz 3.7 erhält die neue Nummer 3.8.*
- *Der folgende Abschnitt 4 wird eingefügt:*

4. DURCHFÜHRUNG DER PRÜFUNG (NRTC-TEST)

4.1. Einleitung

Der dynamische Test für mobile Maschinen und Geräte (NRTC) ist in Anhang III Anlage 4 aufgeführt als je Sekunde wechselnde Folge normierter Drehzahl- und Drehmomentwerte, die für alle unter diese Richtlinie fallenden Dieselmotoren gilt. Zur Durchführung der Prüfung an einer Motorprüfzelle werden die normierten Werte auf der Grundlage der Motorabbildungskurve in die tatsächlichen Werte für den einzelnen geprüften Motor umgerechnet. Diese Umrechnung wird als Entnormierung bezeichnet, der entwickelte Prüfzyklus als Bezugsprüfzyklus des zu prüfenden Motors. Mit diesen Bezugswerten für Drehzahl und Drehmoment wird der Zyklus in der Prüfzelle durchgeführt, die Drehzahl- und -drehmomentmesswerte werden aufgezeichnet. Um den Prüflauf zu validieren, muss eine Regressionsanalyse der Bezugswerte und der Drehzahl- und -drehmomentmesswerte bis zum Abschluss der Prüfung durchgeführt werden.

4.2. Motorabbildungsverfahren

Zur Einrichtung des NRTC in der Prüfzelle muss der Motor vor dem Prüfzyklus abgebildet werden, um die Drehzahl-Drehmoment-Kurve zu bestimmen.

4.2.1. Bestimmung des Abbildungsdrehzahlbereichs

Die niedrigste und die höchste Abbildungsdrehzahl sind wie folgt definiert:

niedrigste Abbildungsdrehzahl = Leerlaufdrehzahl

höchste Abbildungsdrehzahl = $n_{hi} \times 1,02$ oder, falls niedriger, die Drehzahl, bei der das Vollast-Drehmoment auf Null sinkt (wobei n_{hi} die hohe Drehzahl ist, definiert als die höchste Drehzahl, bei der 70% der Nennleistung geliefert werden).

4.2.2. Motorabbildungskurve

Der Motor ist bei Höchstleistung warmzufahren, um die Motorkenndaten entsprechend den Empfehlungen des Herstellers und der guten Ingenieurpraxis zu stabilisieren. Wenn der Motor stabilisiert ist, wird die Motorleistungsabbildung wie folgt erstellt.

4.2.2.1. Transient Abbildung

- (a) *Der Motor wird entlastet und bei Leerlaufdrehzahl betrieben.*

- (b) *Der Motor ist bei Volllast/vollständig geöffneter Drosselklappe mit niedrigster Abbildungsdrehzahl zu betreiben.*
- (c) *Die Motordrehzahl ist mit einer mittleren Geschwindigkeit von $8 \pm 1 \text{ min}^{-1} / \text{s}$ von der niedrigsten zur höchsten Abbildungsdrehzahl zu steigern. Motordrehzahl- und -drehmomentpunkte sind bei einer Abtastfrequenz von mindestens einem Punkt pro Sekunde aufzuzeichnen.*

4.2.2.2. Schrittabbildung

- (a) *Der Motor wird entlastet und bei Leerlaufdrehzahl betrieben.*
- (b) *Der Motor ist bei Volllast/vollständig geöffneter Drosselklappe mit niedrigster Abbildungsdrehzahl zu betreiben.*
- (c) *Bei Volllast ist die niedrigste Abbildungsdrehzahl für mindestens 15 s zu halten und das mittlere Drehmoment der letzten 5 s ist aufzuzeichnen. Die maximale Drehmomentkurve von der niedrigsten bis zur höchsten Abbildungsdrehzahl ist mit einem Drehzahlanstieg von nicht mehr als $100 \pm 20 / \text{min}$ zu bestimmen. Jeder Prüfpunkt ist für mindestens 15 s zu halten und das mittlere Drehmoment der letzten 5 s ist aufzuzeichnen.*

4.2.3. Erzeugung der Abbildungskurve

Alle gemäß 4.2.2 aufgezeichneten Messwertpunkte sind mittels linearer Interpolation zwischen den Punkten miteinander zu verbinden. Die resultierende Drehmomentkurve ist die Abbildungskurve. Ihre Verwendung erfolgt gemäß der Beschreibung unter 4.3.3 für die Umrechnung der normierten Drehmomentwerte des Ablaufplans für den Motorleistungsprüfstand in Anhang IV in tatsächliche Drehmomentwerte für den Prüfzyklus.

4.2.4. Andere Abbildungsverfahren

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 den beteiligten Parteien zu billigen. Auf keinen Fall jedoch darf die Drehmomentkurve für geregelte Motoren oder Turbomotoren mit sinkenden Motordrehzahlen erstellt werden.

4.2.5. Wiederholungsprüfungen

Ein Motor muss nicht vor jedem einzelnen Prüfzyklus abgebildet werden. Eine erneute Abbildung ist vor einem Prüfzyklus durchzuführen, wenn:

- ein nach technischem Ermessen unangemessen langer Zeitraum seit der letzten Abbildung vergangen ist

oder

- am Motor mechanische Veränderungen oder Nachkalibrierungen vorgenommen wurden, die sich möglicherweise auf die Motorleistung auswirken.

4.3. Erstellung des Bezugsprüfzyklus

4.3.1. Bezugsdrehzahl

Die Bezugsdrehzahl (n_{ref}) entspricht den im Ablaufplan für den Motorleistungsprüfstand in Anhang III Anlage 4 genannten 100% normierten Drehzahlwerten. Es liegt auf der Hand, dass der sich aus der Entnormierung der Bezugsdrehzahl ergebende tatsächliche Motorzyklus weitgehend von der Wahl der ordnungsgemäßen Bezugsdrehzahl abhängt. Die Bezugsdrehzahl wird anhand folgender Begriffsbestimmung festgelegt:

$$n_{ref} = \text{niedrige Drehzahl} + 0,95 * (\text{hohe Drehzahl} - \text{niedrige Drehzahl})$$

(die hohe Drehzahl ist die höchste Drehzahl, bei der 70% der Nennleistung geliefert werden, die niedrige Drehzahl ist die niedrigste Drehzahl, bei der 50% der Nennleistung abgegeben werden).

4.3.2. Entnormierung der Motordrehzahl

Die Drehzahl wird nach folgender Gleichung entnormiert:

$$\text{Tatsächliche Drehzahl} = \frac{\% \text{Drehz.} \times (\text{rBezugs drehz.} - \text{Leertauf})}{100} + \text{Leertauf}$$

4.3.3. Entnormierung des Motormoments

Die Drehmomentwerte im Ablaufplan für den Motorleistungsprüfstand in Anhang III Anlage 4 werden auf das höchste Drehmoment bei der jeweiligen Drehzahl normiert. Die Drehmomentwerte des Bezugsprüfzyklus sind unter Verwendung der gemäß 4.2.2 festgelegten Abbildungskurve wie folgt zu entnormieren:

$$\text{Tatsächliches Drehmoment} = \frac{\% \text{Drehm.} \times \text{max. Drehm.}}{100} \quad (5)$$

für die jeweilige tatsächliche Drehzahl wie in Abschnitt 4.3.2 festgelegt.

4.3.4. Beispiel für ein Entnormierungsverfahren

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

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

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

Es gelten folgende Werte:

$$\text{Bezugsdrehzahl} = 2200/\text{min}$$

$$\text{Leerlaufdrehzahl} = 600 / \text{min}$$

Daraus folgt

$$\text{Tatsächliche Drehzahl} = \frac{43 \times (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288/\text{min}$$

wobei das in der Abbildungskurve beobachtete höchste Drehmoment 1288/min 700 Nm beträgt.

$$\text{Tatsächliches Drehmoment} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ N}\cdot\text{m}$$

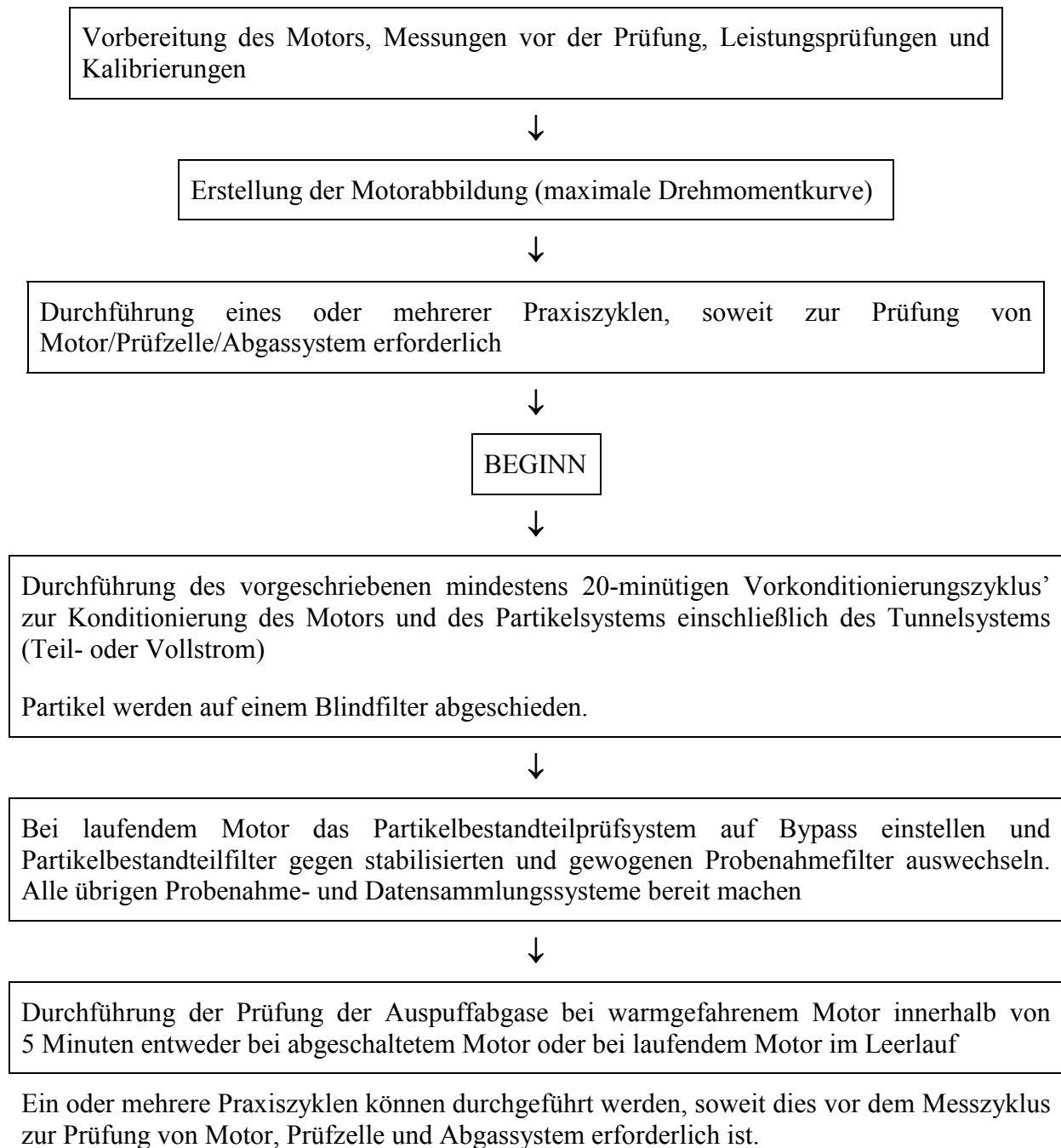
4.4. Leistungsprüfstand

4.4.1. 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 dem Trägheitsmoment der Bremsen multipliziert mit der Winkelbeschleunigung. Das Kontrollsystem muss diese Berechnung in Echtzeit durchführen.

4.4.2. Wird der Motor mit einem Wirbelstromprüfstand geprüft, so empfiehlt es sich, dass die Zahl der Punkte, bei denen die Differenz $T_{sp} - 2 \cdot \pi \cdot \dot{n}_{sp} \cdot \Theta_D$ unter - 5% des höchsten Drehmoments liegt, 30 nicht überschreitet (dabei ist T_{sp} das geforderte Drehmoment, $\dot{n}_{sp}$ die Ableitung der Motordrehzahl und $T\Delta$ die Rotationsträgheit des Wirbelstromprüfstands).

4.5. Durchführung der Emissionsprüfung

Im folgenden Flussdiagramm wird der Prüfablauf skizziert.



4.5.1. Vorbereitung der Probenahmefilter

Wenigstens eine Stunde vor der Prüfung ist jedes einzelne Filter in einer gegen Staubkontamination geschützten Petrischale, die Luftaustausch ermöglicht, zur Stabilisierung in eine Wägekammer zu bringen. Nach der Stabilisierungsphase ist jedes Filter zu wiegen und das Gewicht aufzuzeichnen. Dann ist das Filter in einer verschlossenen Petrischale oder einem verschlossenen Filterhalter bis zur Verwendung aufzubewahren. Das Filter ist binnen acht Stunden nach seiner Entnahme aus der Wägekammer zu verwenden. Das Taragewicht ist aufzuzeichnen.

4.5.2. Anbringung der Messgeräte

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

4.5.3. Inbetriebnahme und Vorkonditionierung des Verdünnungssystems und des Motors

Das Verdünnungssystem ist zu starten und der Motor anzulassen. Die Vorkonditionierung des Probenahmesystems ist durchzuführen, indem der Motor bei Nenndrehzahl, 100 Prozent Drehmoment mindestens 20 Minuten läuft, während gleichzeitig entweder das Teilstrom-Probenahmesystem oder das Vollstrom-CVS-System mit Sekundärverdünnungssystem läuft. Dann werden Blindproben der Partikelschadstoffemissionen gesammelt. Partikel-Probenahmefilter müssen nicht stabilisiert oder gewogen werden und können entfernt werden. Filtermedien können während der Konditionierung ausgewechselt werden, sofern die gesamte Probenahme mit den Filtern und dem Probenahmesystem nicht länger als 20 Minuten dauert. Der Durchsatz ist auf die für den dynamischen Test ausgewählten Näherungsdurchsätze einzustellen. Das Drehmoment wird von 100 Prozent herabgesetzt, wobei die Nenndrehzahl beibehalten wird, soweit dies erforderlich ist, damit die Höchsttemperatur des Probenahmebereichs von 191°C nicht überschritten werden.

4.5.4. Inbetriebnahme des Partikel-Probenahmesystems

Das Partikel-Probenahmesystem ist zu starten und auf Bypass zu betreiben. Der Partikelhintergrund der Verdünnungsluft kann bestimmt werden, indem Verdünnungsluftproben vor Eintritt des Abgases in den Verdünnungstunnel genommen werden. Partikelhintergrundproben sind vorzugsweise während des dynamischen Tests zu nehmen, sofern ein anderes Partikelbestandteil-Probenahmesystem verfügbar ist. Anderenfalls kann das Partikelbestandteil-Probenahmesystem verwendet werden, das zur Sammlung der Partikelbestandteile während der dynamischen Prüfung benutzt wird. Bei Verwendung gefilterter Verdünnungsluft kann eine Messung vor oder nach der Prüfung erfolgen. Wird die Verdünnungsluft nicht gefiltert, so sind vor und nach Ende des Prüfzyklus Messungen durchzuführen und die Durchschnittswerte zu ermitteln.

4.5.5. Einstellung des Verdünnungssystems

Der Durchfluss des gesamten verdünnten Abgases eines Vollstrom-Verdünnungssystems oder der Durchfluss des Abgases durch ein Teilstrom-Verdünnungssystem ist so einzustellen, dass Kondenswasserbildung im System vermieden und eine Filteranströmtemperatur zwischen 315 K (42°C) und 325 K (52 °C) erreicht wird.

4.5.6. Überprüfung der Analysegeräte

Die Geräte für die Emissionsanalyse sind auf Null einzustellen und der Messbereich ist zu kalibrieren. Werden Probenahmebeutel verwendet, so sind diese zu entfernen.

4.5.7. Motoranlassverfahren

Der stabilisierte Motor ist entsprechend den vom Hersteller im Fahrzeughandbuch empfohlenen Anlassverfahren mit Hilfe eines serienmäßigen Anlassmotors oder des Prüfstands innerhalb von 5 Minuten nach Abschluss des Warmfahrens anzulassen. Wahlweise kann die Prüfung innerhalb von 5 Minuten nach der Vorkonditionierungsphase des Motors beginnen, wobei der Motor bei Erreichen der Leerlaufdrehzahl nicht abgeschaltet wird.

4.5.8. Durchführung des Prüfzyklus

4.5.8.1. Prüffolge

Die Prüffolge ist zu beginnen mit dem Anlassen des Motors, nachdem er im Anschluss an die Vorkonditionierung abgeschaltet wurde, oder bei Leerlaufdrehzahl, wenn unmittelbar nach der Vorkonditionierungsphase bei laufendem Motor mit der Prüfung begonnen wird. Die Prüfung muss gemäß dem in Anhang III Anlage 4 erläuterten Bezugsprüfzyklus durchgeführt werden. Die Motordrehzahl- und -Drehmomentführungssollwerte sind mit mindestens 5 Hz (empfohlen 10 Hz) auszugeben. Die Sollwerte sind mittels linearer Interpolation zwischen den festgesetzten Punkten bei 1 Hz und dem Bezugszyklus zu berechnen. Gemessene Motordrehzahl- und -drehmoment sind während des Prüfzyklus wenigstens in Sekundenschritten aufzuzeichnen, und die Signale können elektronisch gefiltert werden.

4.5.8.2. Ansprechverhalten der Analysegeräte

Beim Anlassen des Motors oder mit Beginn der Prüffolge unmittelbar aus der Vorkonditionierung heraus sind gleichzeitig folgende Messungen zu starten:

- Sammeln oder Analysieren der Verdünnungsluft, sofern ein Vollstrom-Verdünnungssystem verwendet wird
- Sammeln oder Analysieren von unverdünntem oder verdünntem Abgas, abhängig vom verwendeten Verfahren
- Messen der Menge von verdünntem Abgas sowie der erforderlichen Temperaturen und Drücke
- Aufzeichnen des Abgasmassendurchsatzes, wenn ein mit Rohabgas arbeitendes Abgasanalysesystem verwendet wird

Aufzeichnen der Messwerte von Drehzahl und Drehmoment des Leistungsprüfstands.

Werden die Messungen im Rohabgas vorgenommen, so sind die Emissionskonzentrationen (HC, CO und NO_x) und der Abgasmassendurchsatz kontinuierlich zu messen und mit mindestens 2 Hz in einem Computersystem zu speichern. Alle anderen Daten können mit einer Abtastfrequenz von mindestens 1 Hz aufgezeichnet werden. Für analoge Analysegeräte ist das Ansprechverhalten aufzuzeichnen, die Kalibrierdaten können on-line oder off-line während der Datenauswertung angewandt werden.

Bei Verwendung eines Vollstrom-Verdünnungssystems sind HC und NO_x im Verdünnungstunnel kontinuierlich mit einer Frequenz von mindestens 2 Hz zu messen. Die durchschnittlichen Konzentrationen sind durch Integrieren der Signale der Analysegeräte über den Prüfzyklus zu bestimmen. Die Systemansprechzeit darf nicht höher sein als 20 s und muss gegebenenfalls mit den CVS-Strömungsschwankungen und den Sammelzeiten-/Prüfzyklusabweichungen abgestimmt werden. Durch Integrieren oder Analysieren der über den Zyklus im Probenahmebeutel gesammelten Konzentrationen erfolgt die Bestimmung von CO und CO₂. Die Konzentrationen der gasförmigen Schadstoffe in der Verdünnungsluft sind durch Integrieren oder Sammeln im Hintergrundbeutel zu bestimmen. Alle übrigen Werte sind mit mindestens einer Messung pro Sekunde (1 Hz) aufzuzeichnen.

4.5.8.3. Partikel-Probenahme

Erfolgt der Beginn des Prüfzyklus mit dem Anlassen des Motors oder dem Beginn der Prüffolge unmittelbar aus der Vorkonditionierung heraus, so ist das Partikelprobenahmesystem von Bypass auf Partikelsammlung umzuschalten.

Bei Verwendung eines Teilstrom-Verdünnungssystems ist/sind die Probenahmepumpe(n) so einzustellen, dass der Durchsatz durch die Partikel-Probenahmesonde bzw. das Übertragungsrohr proportional zum Abgasmassendurchsatz konstant bleibt.

Bei Verwendung eines Vollstrom-Verdünnungssystems ist/sind die Probenahmepumpe(n) so einzustellen, dass der Durchsatz durch die Partikel-Probenahmesonde oder das Übertragungsrohr auf $\pm 5\%$ des eingestellten Durchsatzes konstant bleibt. Wird eine Durchflussmengenkompensation (d.h. Proportionalregelung des Probenstroms) verwendet, muss bewiesen werden, dass das Verhältnis von Haupttunnelstrom zu Partikelprobenstrom um höchstens $\pm 5\%$ seines Sollwertes schwankt (ausgenommen die ersten 10 Sekunden der Probenahme).

Hinweis: Bei Doppelverdünnungsbetrieb ist der Probenstrom die Nettodifferenz zwischen dem Probenfilter-Durchsatz und dem Sekundär-Verdünnungsluftdurchsatz.

Die Mittelwerte von Temperatur und Druck am Einlass des/der Gasmess- oder Durchflussmessgeräte sind aufzuzeichnen. Die Prüfung ist ungültig, wenn es wegen einer hohen Partikel-Filterbelastung nicht möglich ist, den eingestellten Durchsatz über den gesamten Zyklus hinweg mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ aufrecht zu halten. Die Prüfung ist mit einem geringeren Durchsatz und/oder einem Filter mit größerem Durchmesser zu wiederholen.

4.5.8.4. Abwürgen des Motors

Wird der Motor zu einem beliebigen Zeitpunkt während des Prüfzyklus abgewürgt, so muss er Motor vorkonditioniert und neu angelassen werden, und die Prüfung ist zu wiederholen. Tritt bei einem während des Prüfzyklus erforderlichen Messgeräte eine Fehlfunktion auf, so ist die Prüfung ungültig.

4.5.8.5. Arbeitsgänge im Anschluss an die Prüfung

Zum Abschluss der Prüfung werden die Messung des Abgasmassendurchsatzes, des Volumens des verdünnten Abgases, der Gasstrom in die Sammelbeutel und die Partikelprobenahmepumpe angehalten. Bei einem integrierten Analysesystem ist die Probenahme fortzusetzen, bis die Systemansprechzeiten abgelaufen sind.

Die Konzentrationen in den gegebenenfalls verwendeten Sammelbeuteln sind so rasch wie möglich und keinesfalls später als 20 Minuten nach Beendigung des Prüfzyklus zu analysieren.

Nach der Emissionsprüfung sind die Analysegeräte mit Hilfe eines Nullgases und desselben Kalibriergases neu zu überprüfen. Für die Gültigkeit der Prüfung muss die Differenz zwischen den Ergebnissen vor und nach der Prüfung weniger als 2% des Kalibriergaswertes betragen.

Die Partikelfilter sind spätestens eine Stunde nach Abschluss der Prüfung in die Wägekammer zurückzubringen. Sie sind in einer gegen Staubkontamination geschützten Petrischale, die

Luftaustausch ermöglicht, mindestens eine Stunde lang zu konditionieren und dann zu wiegen. Das Bruttogewicht der Filter ist aufzuzeichnen.

4.6. Überprüfung des Prüfdurchlaufs

4.6.1. Datenverschiebung

Zur Verringerung der Verzerrungswirkung der Zeitverzögerung zwischen den Messwerten und den Bezugszykluswerten kann die gesamte Motordrehzahl- und -drehmomentmesssignalfolge zeitlich nach vorn oder hinten verschoben werden (bezogen auf die Bezugsdrehzahl und -drehmomentfolge). Bei einer Verschiebung der Messsignale müssen Drehzahl und Drehmoment um den gleichen Umfang und in die gleiche Richtung verschoben werden.

4.6.2. Berechnung der Zyklusarbeit

Die tatsächliche Zyklusarbeit W_{act} (kWh) ist unter Verwendung jeweils eines Paares von aufgezeichneten Motordrehzahl- und -drehmomentmesswerten zu berechnen. Die tatsächliche Zyklusarbeit W_{act} wird für den Vergleich mit der Bezugszyklusarbeit W_{ref} und zur Berechnung der bremsspezifischen Emissionen verwendet. Die gleiche Methodik ist bei der Integration sowohl der Bezugs- als auch der tatsächlichen Motorleistung anzuwenden. Sind zwischen benachbarten Bezugswerten oder benachbarten Messwerten Werte zu bestimmen, so ist die lineare Interpolation anzuwenden.

Bei der Integration der Bezugszyklusarbeit und der tatsächlichen Zyklusarbeit sind alle negativen Drehmomentwerte auf Null zu setzen und einzuschließen. Findet die Integration bei einer Frequenz von unter 5 Hertz statt und verändert sich das Vorzeichen des Drehmomentwertes in einem gegebenen Zeitabschnitt von plus zu minus oder von minus zu plus, so ist der negative Anteil zu berechnen und gleich Null zu setzen. Der positive Anteil ist in den integrierten Wert einzuschließen.

W_{act} muss zwischen -15% und + 5% von W_{ref} liegen.

4.6.3. Validierungsstatistik für den Prüfzyklus

Für Drehzahl, Drehmoment und Leistung sind lineare Regressionen von Messwerten auf die Bezugswerte auszuführen. Dies erfolgt im Anschluss an die Messdatenverschiebung, sofern diese Option gewählt wird. Es ist die Fehlerquadratmethode anzuwenden, wobei eine Gleichung der folgenden Form für die beste Anpassung verwendet wird:

$$y = mx + b$$

Darin bedeuten:

y = (tatsächlicher) Messwert von Drehzahl (min^{-1}), Drehmoment (Nm) oder Leistung (kW)

m = Steigung der Regressionsgeraden

x = Bezugswert von Drehzahl (min^{-1}), Drehmoment (Nm) oder Leistung (kW)

b = Y-Achsabschnitt der Regressionsgeraden

Die Standardabweichung vom Schätzwert (SE) von Y eingetragen über X und der Bestimmungskoeffizient (r^2) sind für jede Regressionsgerade zu berechnen.

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

Tabelle 1: Zulässige Abweichung der Regressionsgeraden

	Drehzahl	Drehmoment	Leistung
Standardabweichung vom Schätzwert (SE) von Y über X	max. 100 min ⁻¹	max. 13 % des höchsten Motormoments entsprechend Leistungsabbildung	max. 8% der höchsten Motorleistung entsprechend Leistungsabbildung
Steigung der Regressionsgeraden, m	0,95 bis 1,03	0,83 – 1,03	0,89 – 1,03
Bestimmungskoeffizient, r^2	min. 0,9700	min. 0,8800	min. 0,9100
Y-Achsabschnitt der Regressionsgeraden, b	$\pm 50 \text{ min}^{-1}$	$\pm 20 \text{ Nm}$ oder, falls größer, $\pm 2 \%$ des höchsten Drehmoments	$\pm 4 \text{ kW}$ oder, falls größer, $\pm 2 \%$ der höchsten Leistung

Nur zu Regressionszwecken sind Punktstreichungen vor Berechnung der Regression wie in Tabelle 2 angegeben zulässig. Diese Punkte dürfen jedoch zur Berechnung der Zyklusarbeit und der Emissionen nicht gestrichen werden. Eine Leerlaufphase wird definiert als Phase 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.

**Tabelle 2. Zulässige Punktstreichungen aus der Regressionanalyse
(Punkte, auf die die Punktstreichung angewandt wird, sind anzugeben)**

BEDINGUNG	DREHZAHL- UND/ODER DREHMOMENT- UND/ODER LEISTUNGSPHASEN, DIE IN BEZUG AUF DIE IN DER LINKEN SPALTE AUFGEFÜHRTEN BEDINGUNGEN GESTRICHEN WERDEN DÜRFEN
Erste 24 (± 1) s und letzte 25 s	Drehzahl, Drehmoment und Leistung
Vollständig geöffnete Drosselklappe und Drehmomentmesswert $< 95\%$ des Bezugsdrehmoments	Drehmoment und/oder Leistung
vollständig geöffnete Drosselklappe und Drehzahlmesswert $< 95\%$ der Bezugsdrehzahl	Drehzahl und/oder Leistung
Geschlossene Drosselklappe, Drehzahlmesswert $> \text{Leerlaufpunkt} + 50 \text{ min}^{-1}$ und Drehmomentmesswert $> 105\%$ Bezugsdrehmoment	Drehmoment und/oder Leistung
Geschlossene Drosselklappe, Drehzahlmesswert $\leq \text{Leerlaufpunkt} + 50 \text{ min}^{-1}$ und Drehmomentmesswert = vom Hersteller festgelegtes/gemessenes Drehmoment im Leerlauf $\pm 2\%$ des höchsten Drehmoments	Drehzahl und/oder Leistung
Geschlossene Drosselklappe und Drehzahlmesswert $> 105\%$ der Bezugsdrehzahl	Drehzahl und/oder Leistung

(e) *Anlage 1 zu Anhang III erhält folgende Fassung:*

ANLAGE 1

MESS- UND PROBENAHMEVERFAHREN

1. MESS- UND PROBENAHMEVERFAHREN (NRSC-PRÜFUNG)

Die Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus dem zur Prüfung vorgeführten Motor muss nach den in Anhang VI beschriebenen Verfahren gemessen werden. Die Beschreibung dieser Methoden in Anhang VI umfasst auch eine Darstellung der empfohlenen analytischen Systeme für die gasförmigen Emissionen (Abschnitt 1.1) und der empfohlenen Partikelverdünnungs- und -probenahmesysteme (Abschnitt 1.2).

1.1. Leistungsprüfstand

Es ist ein Motorleistungsprüfstand zu verwenden, der entsprechende Eigenschaften aufweist, um den in Anhang III Abschnitt 3.7.1 beschriebenen Prüfzyklus durchzuführen. Die Messgeräte für Drehmoment und Drehzahl müssen die Messung der Leistung innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte ermöglichen. Zusätzliche Berechnungen können erforderlich sein. Die Messgeräte müssen eine solche Messgenauigkeit aufweisen, daß die Höchsttoleranzen der in Abschnitt 1.3 angegebenen Werte nicht überschritten werden.

1.2. Abgasdurchsatz

Der Abgasdurchsatz ist nach einer der in den Abschnitten 1.2.1 bis 1.2.4 genannten Methoden zu ermitteln.

1.2.1. Direkte Messung

Direkte Messung des Abgasdurchsatzes durch eine Durchflusssdüse oder ein gleichwertiges Messsystem (Einzelheiten siehe ISO 5167:2000).

Hinweis: Die direkte Messung des Gasdurchsatzes ist ein kompliziertes Verfahren. Es müssen Vorkehrungen zur Vermeidung von Messfehlern getroffen werden, die Auswirkungen auf die Emissionwertfehler haben.

1.2.2. Luft- und Kraftstoffmessung

Messung des Luftdurchsatzes und des Kraftstoffdurchsatzes.

Die verwendeten Geräte zur Messung des Luft- und Kraftstoffdurchsatzes müssen die in Abschnitt 1.3 angegebene Messgenauigkeit aufweisen.

Die Berechnung des Abgasdurchsatzes wird wie folgt vorgenommen:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \text{ (für feuchte Abgasmasse)}$$

1.2.3. Kohlenstoffbilanzmethode

Berechnung der Abgasmasse auf der Grundlage des Kraftstoffverbrauchs und der Abgaskonzentrationen nach der Kohlenstoffbilanzmethode (siehe Anhang III Anlage 3).

1.2.4. Tracergasmessung

Dazu gehört die Messung der Konzentration des Tracergases im Auspuff.

Eine bekannte Menge eines Inertgases (z.B. Helium) ist als Tracergas in den Abgasstrom einzuspritzen. Das Gas wird mit dem Abgas vermischt und dadurch verdünnt, darf aber nicht im Auspuffrohr reagieren. Dann wird die Konzentration des Gases in der Abgasprobe gemessen.

Um die vollständige Vermischung des Tracergases sicherzustellen, ist die Abgasprobenahmesonde mindestens 1 m oder um das 30-fache des Durchmessers des Auspuffrohrs (es gilt der höhere Wert) unterhalb der Einspritzstelle des Tracergases anzubringen. Die Probenahmesonde kann näher an der Einspritzstelle angebracht werden,

wenn die vollständige Vermischung durch Vergleich der Tracergaskonzentration mit der Bezugskonzentration bei Einspritzung des Tracergases oberhalb des Motors überprüft wird.

Der Tracergasdurchsatz ist so einzustellen, dass die Tracergaskonzentration im Leerlauf des Motors nach der Vermischung unter dem vollen Skalenendwert des Tracergasanalysegeräts liegt.

Die Berechnung des Abgassdurchsatzes wird wie folgt vorgenommen:

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{60 \times (conc_{mix} - conc_a)}$$

In dieser Formel bedeutet:

G_{EXHW} = *momentaner Abgasmassendurchsatz, kg/s*

G_T = *Tracergasdurchsatz, cm³/min*

$conc_{mix}$ = *momentane Konzentration des Tracergases nach Vermischung, ppm*

ρ_{EXH} = *Abgasdichte, kg/m³*

$Conc_a$ = *Hintergrundkonzentration des Tracergases in der Ansaugluft, ppm*

Die Hintergrundkonzentration des Tracergases ($conc_a$) kann bestimmt werden, indem die durchschnittliche Hintergrundkonzentration unmittelbar vor und nach dem Prüflauf gemessen wird.

Liegt die Hintergrundkonzentration unter 1% der Konzentration des Tracergases nach der Vermischung ($conc_{mix}$) bei höchstem Abgassdurchsatz, kann die Hintergrundkonzentration außer acht gelassen werden.

Das gesamte System muss die Anforderungen an die Messgenauigkeit beim Abgasstrom erfüllen und ist gemäß Anlage 2 Abschnitt 1.11.2 zu kalibrieren.

1.2.5. Messung von Luftdurchsatz und Luft-Kraftstoff-Verhältnis

Dies erfordert eine Berechnung der Abgasmasse auf der Grundlage des Luftdurchsatzes und des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses. Die Berechnung des momentanen Abgasmassendurchsatzes wird wie folgt vorgenommen:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right) \text{ Dabei ist:}$$

$$A / F_{st} = 14,5$$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{2} - \text{conc}_{\text{HC}} \times 10^{-4}\right) + \left(0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \times \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times \text{conc}_{\text{CO}_2}}}{1 + \frac{\text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3,5 \times \text{conc}_{\text{CO}_2}}}\right) \times (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4})}{6,9078 \times (\text{conc}_{\text{CO}_2} + \text{conc}_{\text{CO}} \times 10^{-4} + \text{conc}_{\text{HC}} \times 10^{-4})}$$

In dieser Formel bedeutet: A/F_{st} = Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis, kg/kg

λ = Relatives Luft-Kraftstoff-Verhältnis

$\text{conc}_{\text{CO}_2}$ = CO_2 -Konzentration im trockenen Bezugszustand, %

conc_{CO} = CO-Konzentration im trockenen Bezugszustand, ppm

conc_{HC} = HC-Konzentration, ppm

HINWEIS: Die Berechnung bezieht sich auf einen Dieselmotorkraftstoff mit einem H/C-Verhältnis gleich 1,8.

Der Durchflussmesser muss die Anforderungen an die Messgenauigkeit gemäß Tabelle 3 erfüllen, das verwendete CO_2 -Analysegerät muss die Anforderungen unter 1.4.1 erfüllen und das gesamte System muss den Anforderungen an die Messgenauigkeit für den Abgasdurchsatz genügen.

Wahlweise können zur Messung des relativen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses auch Messeinrichtungen für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis vom Typ Zirkonsensor eingesetzt werden, die die Anforderungen gemäß 1.4.1 erfüllen.

1.2.6. Gesamtdurchsatz des verdünnten Abgases

Bei Verwendung eines Vollstrom-Verdünnungssystems muss der Gesamtstrom des verdünnten Abgases (G_{TOTW}) mit einer PDP oder einem CFV oder einer SSV gemessen werden (Anhang VI Ziffer 1.2.1.2). Die Messgenauigkeit muss den Bestimmungen von Anhang III Anlage 2 Abschnitt 2.2 entsprechen.

1.3. Messgenauigkeit

Die Kalibrierung aller Messgeräte muss auf nationale (internationale) Normen rückführbar sein und den Vorschriften in Tabelle 3 entsprechen:

Tabelle 3. Genauigkeit der Messgeräte

Nr.	Messgerät	Messgenauigkeit
1	Motordrehzahl	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
2	Drehmoment	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
3	Kraftstoffverbrauch	$\pm 2 \%$ des Höchstwertes des Motors
4	Luftverbrauch	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
5	Abgasstrom	$\pm 2,5 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1,5 \%$ des Höchstwertes des Motors
6	Temperatur ≤ 600 K	± 2 K absolut
7	Temperatur > 600 K	$\pm 1 \%$ des Ablesewertes
8	Abgasdruck	$\pm 0,2$ kPa absolut
9	Ansaugluftunterdruck	$\pm 0,05$ kPa absolut
10	Atmosphärischer Druck	$\pm 0,1$ kPa absolut
11	Andere Drücke	$\pm 0,1$ kPa absolut
12	Absolute Luftfeuchtigkeit	$\pm 5 \%$ des Ablesewertes
13	Verdünnungsluftdurchfluss	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes
14	Durchfluss des verdünnten Abgases	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes

1.4. Bestimmung der gasförmigen Bestandteile

1.4.1. Allgemeine Vorschriften für Analysegeräte

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

Liegt der volle Skalenendwert bei 155 ppm (oder ppm C) oder darunter oder werden Ablesesysteme (Computer, Datenerfasser) verwendet, die unterhalb von 15 % des vollen Skalenendwertes eine ausreichende Genauigkeit und Auflösung aufweisen, sind auch

Konzentrationen unter 15 % des vollen Skalenendwertes zulässig. In diesem Fall müssen zusätzliche Kalibrierungen vorgenommen werden, um die Genauigkeit der Kalibrierkurven zu gewährleisten (Anhang III Anlage 2 Ziffer 1.5.5.2).

Die elektromagnetische Verträglichkeit der Geräte muss so hoch sein, dass zusätzliche Fehler weitestgehend ausgeschlossen sind.

1.4.1.1. Messfehler

Das Analysegerät darf höchstens um $\pm 2 \%$ des Ablesewerts vom Nennwert jedes Kalibrierpunktes oder, falls größer, um höchstens $\pm 0,3 \%$ vom Skalenendwert abweichen.

HINWEIS: Im Sinne dieses Standards wird Messgenauigkeit definiert als die Abweichung des Ablesewerts des Analysegeräts von den Nennwerten der Kalibrierpunkte unter Verwendung eines Kalibriergases (= tatsächlicher Wert).

1.4.1.2. Wiederholbarkeit

Die Wiederholbarkeit, definiert als das 2,5fache der Standardabweichung zehn wiederholter Ansprechreaktionen auf ein bestimmtes Kalibriergas, darf höchstens $\pm 1 \%$ der vollen Skalenendkonzentration für jeden verwendeten Messbereich über 155 ppm (oder ppm C) oder $\pm 2 \%$ für jeden verwendeten Messbereich unter 155 ppm (oder ppm C) betragen.

1.4.1.3. Rauschen

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

1.4.1.4. Nullpunktdrift

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

1.4.1.5. Messbereichsdrift

Die Messbereichsdrift während eines Zeitraums von einer Stunde muss weniger als 2 % des vollen Skalenendwertes beim niedrigsten verwendeten Bereich betragen. Als Messbereich wird die Differenz zwischen Kalibrierausschlag und Nullpunktwert definiert. Der Messbereichskalibrierausschlag wird definiert als mittlerer Ausschlag (einschließlich Rauschen) auf ein Messbereichskalibriergas in einem Zeitabschnitt von 30 Sekunden.

1.4.2. *Gastrocknung*

Das wahlweise zu verwendende Gastrocknungsgerät muss die Konzentration der gemessenen Gase so gering wie möglich beeinflussen. Die Anwendung chemischer Trockner zur Entfernung von Wasser aus der Probe ist nicht zulässig.

1.4.3. Analysegeräte

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

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

1.4.3.1. Kohlenmonoxid-(CO-)Analyse

Der Kohlenmonoxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

1.4.3.2. Kohlendioxid-(CO₂-)Analyse

Der Kohlendioxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

1.4.3.3. Kohlenwasserstoff-(HC-)Analyse

Der Kohlenwasserstoffanalysator muss ein beheizter Flammenionisationsdetektor (HFID) mit Detektor, Ventilen, Rohrleitungen usw. sein, der so zu beheizen ist, dass die Gastemperatur auf 463 K (190 °C) ±10 K gehalten wird.

1.4.3.4. Stickoxid-(NO_x-)Analyse

Der Stickoxidanalysator muss ein Chemilumineszenzanalysator (CLD) oder beheizter Chemilumineszenzanalysator (HCLA) mit einem NO₂/NO-Konverter sein, wenn die Messung im trockenen Bezugszustand erfolgt. Bei Messung im feuchten Bezugszustand ist ein auf über 328 K (55 °C) gehaltener HCLD mit Konverter zu verwenden, vorausgesetzt, die Prüfung auf Wasserdampfquerempfindlichkeit (Anhang III Anlage 2 Ziffer 1.9.2.2) ist erfüllt.

Sowohl für CLD als auch für HCLD muss der Probenweg bis zum Konverter (bei Messung im trockenen Bezugszustand) bzw. bis zum Analysegerät (bei Messung im feuchten Bezugszustand) auf einer Wandtemperatur von über 328 bis 473 K (55 °C bis 200 °C) gehalten werden.

1.4.4. Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses

Bei der zur Bestimmung des Abgasstroms gemäß 1.2.5 verwendeten Messeinrichtung für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis muss es sich um eine Breitband-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sonde oder eine Zirkon-Lambdasonde handeln.

Die Sonde ist unmittelbar am Auspuffrohr anzubringen, wo die Abgastemperatur so hoch ist, dass keine Wasserkondensation auftritt.

Die Messgenauigkeit der Sonde mit eingebauter Elektronik muss liegen zwischen:

$$\pm 3 \% \text{ des Ablesewertes} \quad \lambda < 2$$

$$\pm 5 \% \text{ des Ablesewertes} \quad 2 \leq \lambda < 5$$

$$\pm 10 \% \text{ des Ablesewertes} \quad 5 \leq \lambda$$

Um die vorstehend genannte Messgenauigkeit zu erfüllen, ist die Sonde entsprechend den Angaben des Herstellers zu kalibrieren.

1.4.5. Probenahme von Emissionen gasförmiger Schadstoffe

Die Probenahmesonden für gasförmige Emissionen müssen so angebracht sein, dass sie mindestens 0,5 m oder um das Dreifache des Durchmessers des Auspuffrohrs (je nachdem, welcher Wert höher ist) oberhalb vom Austritt der Auspuffanlage - soweit zutreffend - entfernt sind und sich so nahe am Motor befinden, dass eine Abgastemperatur von mindestens 343 K (70 °C) an der Sonde gewährleistet ist.

Bei einem Mehrzylindermotor mit einem verzweigten Auspuffkrümmer muss der Einlass der Sonde so weit in Strömungsrichtung entfernt sein, dass die Probe für die durchschnittlichen Abgasemissionen aus allen Zylindern repräsentativ ist. Bei einem Mehrzylindermotor mit einzelnen Gruppen von Auspuffkrümmern, wie z. B. bei einem V-Motor, ist die Entnahme individueller Proben von jeder Gruppe und die Berechnung der durchschnittlichen Abgasemission zulässig. Es können auch andere Methoden angewandt werden, die den obigen Methoden nachweislich entsprechen. Bei der Berechnung der Abgasemissionen ist der gesamte Abgasmassendurchsatz des Motors zugrunde zu legen.

Wird die Zusammensetzung des Abgases durch eine Anlage zur Abgasnachbehandlung beeinflusst, so muss die Abgasprobe bei Prüfungen der Stufe I vor dieser Anlage und bei Prüfungen der Stufe II hinter dieser Anlage entnommen werden. Bei Verwendung eines Vollstrom-Verdünnungssystems für die Partikelbestimmung können die gasförmigen Emissionen auch im verdünnten Abgas bestimmt werden. Die Probenahmesonden müssen sich nahe der Partikel-Probenahmesonde im Verdünnungstunnel befinden (Anhang VI Ziffer 1.2.1.2 für DT und Abschnitt 1.2.2 für PSP). CO und CO₂ können wahlweise auch durch Probenahme in einen Beutel und nachfolgende Messung der Konzentration im Probenahmebeutel bestimmt werden.

1.5. Bestimmung der Partikel

Die Bestimmung der Partikel erfordert ein Verdünnungssystem. Die Verdünnung kann mit einem Teilstrom- oder Vollstrom-Verdünnungssystem erfolgen. Die Durchflussleistung des Verdünnungssystems muss so groß sein, dass keine Wasserkondensation im Verdünnungs- und Probenahmesystem auftritt und dass die Temperatur des verdünnten Abgases unmittelbar oberhalb der Filterhalter zwischen 315 K (42°C) und 325 K (52°C) gehalten werden kann. Bei hoher Luftfeuchtigkeit ist es zulässig, die Verdünnungsluft vor Eintritt in das Verdünnungssystem zu entfeuchten. Bei einer Umgebungstemperatur von weniger als 293 K (20 °C) wird ein Vorheizen der Verdünnungsluft über den Temperaturgrenzwert von 303 K (30 °C) hinaus empfohlen. Jedoch darf die Temperatur der Verdünnungsluft vor der Einleitung des Abgases in den Verdünnungstunnel 325 K (52 °C) nicht überschreiten.

Hinweis: Beim Verfahren unter stationären Bedingungen kann anstelle der Einhaltung des Temperaturbereichs von 42 °C – 52 °C die Filtertemperatur auf oder unter der Höchsttemperatur von 325 K (52 °C) gehalten werden.

Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen muss die Partikel-Probenahmesonde in der Nähe und (gegen den Strom gerichtet) oberhalb der Sonde für die gasförmigen Emissionen nach

Abschnitt 4.4 sowie entsprechend Anhang VI Ziffer 1.2.1.1, Abbildungen 4 bis 12 (EP und SP), angebracht sein.

Das Teilstrom-Verdünnungssystem muss so beschaffen sein, dass eine Teilung des Abgasstroms erfolgt, wobei der kleinere Teil mit Luft verdünnt und anschließend zur Partikelmessung verwendet wird. Demzufolge ist eine sehr genaue Bestimmung des Verdünnungsverhältnisses erforderlich. Es können verschiedene Teilungsmethoden verwendet werden, wobei die Art der Teilung wesentlichen Einfluss auf die zu verwendenden Probenahmegeräte und -verfahren hat (Anhang VI Ziffer 1.2.1.1).

Zur Bestimmung der Partikelmasse werden ein Partikel-Probenahmesystem, Partikel-Probenahmefilter, eine Mikrogramm-Waage und eine Wägekammer mit kontrollierter Temperatur und Luftfeuchtigkeit benötigt.

Die Partikel-Probenahme kann nach zwei Methoden erfolgen:

- Bei der Einzelfiltermethode wird für alle Prüfphasen des Prüfzyklus ein Filterpaar verwendet (siehe Ziffer 1.5.1.3). Während der Probenahmephase der Prüfung muss streng auf die Probenahmezeiten und die Durchsätze geachtet werden. Andererseits wird je Prüfzyklus nur ein Filterpaar benötigt.

Bei der Mehrfachfiltermethode muss für jede einzelne Prüfphase des Prüfzyklus ein eigenes Filterpaar verwendet werden (siehe Ziffer 1.5.1.3). Diese Methode gestattet ein weniger strenges Probenahmeverfahren, doch werden mehr Filter verbraucht.

1.5.1. Partikel-Probenahmefilter

1.5.1.1. Spezifikation der Filter

Für die Zertifizierungsprüfungen werden fluorkohlenstoffbeschichtete Glasfaserfilter oder Fluorkohlenstoffmembranfilter benötigt. Für besondere Anwendungen können andere Filtermaterialien verwendet werden. Bei allen Filtertypen muss der Abscheidegrad von 0,3 µm DOP (Diocetylphthalat) bei einer Anströmgeschwindigkeit des Gases zwischen 35 und 100 cm/s mindestens 99% betragen. Werden Korrelationstests zwischen Prüfstellen oder zwischen einem Hersteller und einer Genehmigungsbehörde durchgeführt, so sind Filter von gleicher Qualität zu verwenden.

1.5.1.2. Filtergröße

Die Partikelfilter müssen einen Mindestdurchmesser von 47 mm haben (37 mm wirksamer Durchmesser). Filter mit größerem Durchmesser sind zulässig (Ziffer 1.5.1.5).

1.5.1.3. Haupt- und Nachfilter

Die verdünnten Abgase werden während der Prüffolge durch ein hintereinander angeordnetes Filterpaar (Hauptfilter und Nachfilter) geleitet. Das Nachfilter darf nicht weiter als 100 mm hinter dem Hauptfilter liegen und dieses nicht berühren. Die Filter können getrennt oder paarweise - die wirksamen Seiten einander zugekehrt - gewogen werden.

1.5.1.4. Filteranströmgeschwindigkeit

Eine Gasanströmgeschwindigkeit durch den Filter von 35 bis 100 cm/s muss erreicht werden. Der Druckabfall darf zwischen Beginn und Ende der Prüfung um nicht mehr als 25 kPa zunehmen.

1.5.1.5. Filterbeladung

Die empfohlenen minimalen Filterbeladungen für die gebräuchlichsten Filtergrößen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen. Für größere Filter beträgt die minimale Filterbeladung 0,065 mg/1000 mm² Filterbereich.

Filterdurchmesser (mm)	Empfohlener Durchmesser des wirksamen Filterbereichs (mm)	Empfohlene minimale Filterbeladung (mg)
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

Bei der Mehrfachfiltermethode wird als minimale Filterbeladung das Produkt aus dem entsprechenden obigen Wert und der Quadratwurzel der Gesamtzahl der Prüfphasen empfohlen.

1.5.2. Spezifikation für die Wägekammer und die Analysenwaage

1.5.2.1. Bedingungen für die Wägekammer

Die Temperatur der Kammer (oder des Raumes), in der (dem) die Partikelfilter konditioniert und gewogen werden, ist während der gesamten Dauer des Konditionierungs- und Wägevorgangs auf 295 K (22 °C) $\pm$ 3 K zu halten. Die Luftfeuchtigkeit ist auf einem Taupunkt von 282,5 K (9,5 °C) $\pm$ 3 K und auf einer relativen Feuchtigkeit von 45 $\pm$ 8 % zu halten.

1.5.2.2. Vergleichsfilterwägung

Die Umgebungsluft der Wägekammer (oder des Wägeraums) muss frei von jeglichen Schmutzstoffen (beispielsweise Staub) sein, die sich während der Stabilisierung der Partikelfilter auf diesen absetzen könnten. Störungen der in Ziffer 1.5.2.1 dargelegten Spezifikationen für den Wägeraum sind zulässig, wenn ihre Dauer 30 Minuten nicht überschreitet. Der Wägeraum soll den vorgeschriebenen Spezifikationen entsprechen, ehe das Personal ihn betritt. Wenigstens zwei unbenutzte Vergleichsfilter oder Vergleichsfilterpaare sind vorzugsweise gleichzeitig mit den Probenahmefiltern zu wägen, höchstens jedoch in einem Abstand von vier Stunden zu diesen. Die Vergleichsfilter müssen dieselbe Größe haben und aus demselben Material bestehen wie die Probenahmefilter.

Wenn sich das Durchschnittsgewicht der Vergleichsfilter(-paare) bei den Wägungen der Probenahmefilter um mehr als 10 µg ändert, sind alle Probenahmefilter zu entfernen, und die Abgasemissionsprüfung ist zu wiederholen.

Wenn die unter Ziffer 1.5.2.1 angegebenen Stabilitätskriterien für den Wägeraum nicht erfüllt sind, aber bei der Wägung des Vergleichsfilters(-filterpaares) die obigen Kriterien eingehalten wurden, kann der Hersteller entweder die ermittelten Gewichte der Probenahmefilter anerkennen oder die Prüfungen für ungültig erklären, wobei das Kontrollsystem des Wägeraums zu justieren und die Prüfung zu wiederholen ist.

1.5.2.3. Analysenwaage

Die zur Bestimmung der Gewichte sämtlicher Filter benutzte Analysenwaage muss eine Genauigkeit (Standardabweichung) von 2 µg und eine Auflösung von 1 µg (1 Stelle = 1 µg) haben (nach Angaben des Waagenherstellers).

1.5.2.4. Vermeidung elektrostatischer Reaktionen

Zur Vermeidung elektrostatischer Reaktionen sind die Filter vor dem Wiegen zu neutralisieren, so beispielsweise durch einen Poloniumneutralisator oder ein Gerät mit ähnlicher Wirkung.

1.5.3. *Zusatzbestimmungen für die Partikelmessung*

Alle mit den Rohabgasen oder verdünnten Abgasen in Berührung kommenden Teile des Verdünnungssystems und des Probenahmesystems vom Auspuffrohr bis zum Filterhalter sind so auszulegen, dass die Ablagerung der Partikel darauf und die Veränderung der Partikel so gering wie möglich gehalten werden. Alle Teile müssen aus elektrisch leitendem Material bestehen, das mit den Bestandteilen der Abgase keine Verbindung eingeht; es muss zur Vermeidung elektrostatischer Reaktionen geerdet sein.

2. **MESS- UND PROBENAHMEVERFAHREN (NRTC-PRÜFUNG)**

2.1. **Einleitung**

Die Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus dem zur Prüfung vorgeführten Motor muss nach den in Anhang VI beschriebenen Verfahren gemessen werden. Die Beschreibung dieser Methoden in Anhang VI umfasst auch eine Darstellung der empfohlenen analytischen Systeme für die gasförmigen Emissionen (Abschnitt 1.1) und der empfohlenen Partikelverdünnungs- und -probenahmesysteme (Abschnitt 1.2).

2.2. **Leistungsprüfstand und Prüfzellenausstattung**

Für die Abgasemissionsprüfung der Motoren an Leistungsprüfständen ist die nachstehend beschriebene Anlage zu verwenden.

2.2.1. *Motorleistungsprüfstand*

Es ist ein Motorleistungsprüfstand zu verwenden, der entsprechende Eigenschaften aufweist, um den in Anlage 4 beschriebenen Prüfzyklus durchzuführen. Die Messgeräte für Drehmoment und Drehzahl müssen die Messung der Leistung innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte ermöglichen. Zusätzliche Berechnungen können erforderlich sein. Die Messgeräte müssen eine solche Messgenauigkeit aufweisen, dass die Höchsttoleranzen der in Tabelle 3 angegebenen Werte nicht überschritten werden.

2.2.2. Andere Geräte

Geräte zur Messung des Kraftstoffverbrauchs, des Luftdurchsatzes, der Kühlmitteltemperatur, der Schmiermitteltemperatur, des Abgasdrucks, des Ansaugkrümmerunterdrucks, der Abgastemperatur, der Ansauglufttemperatur, des Luftdrucks, der Feuchtigkeit und der Kraftstofftemperatur. Diese Geräte müssen den Anforderungen in Tabelle 3 genügen:

Tabelle 3. Genauigkeit der Messgeräte

Nr.	Messgerät	Messgenauigkeit
1	Motordrehzahl	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
2	Drehmoment	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
3	Kraftstoffverbrauch	$\pm 2 \%$ des Höchstwertes des Motors
4	Luftverbrauch	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1 \%$ des Höchstwertes des Motors
5	Abgasdurchsatz	$\pm 2,5 \%$ des Ablesewertes oder, falls größer, $\pm 1,5 \%$ des Höchstwertes des Motors
6	Temperatur ≤ 600 K	± 2 K absolut
7	Temperatur > 600 K	$\pm 1 \%$ des Ablesewertes
8	Abgasdruck	$\pm 0,2$ kPa absolut
9	Ansaugluftunterdruck	$\pm 0,05$ kPa absolut
10	Atmosphärischer Druck	$\pm 0,1$ kPa absolut
11	Andere Drücke	$\pm 0,1$ kPa absolut
12	Absolute Luftfeuchtigkeit	$\pm 5 \%$ des Ablesewertes
13	Verdünnungsluftdurchfluss	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes
14	Durchfluss des verdünnten Abgases	$\pm 2 \%$ des Ablesewertes

2.2.3. Durchfluss des Rohabgases

Zur Berechnung der Emissionen im Rohabgas und zur Regelung eines Teilstrom-Verdünnungssystems muss der Abgasmassendurchsatz bekannt sein. Zur Bestimmung des Abgasmassendurchsatzes kann eines der nachstehend beschriebenen Verfahren verwendet werden.

Zur Berechnung der Emissionen darf die Ansprechzeit bei jedem nachstehend beschriebenen Verfahren höchstens der vorgeschriebenen Ansprechzeit der Analysegeräte gemäß Anlage 2 Abschnitt 1.11.1 betragen.

Zur Regelung eines Teilstrom-Verdünnungssystems sind kürzere Ansprechzeiten erforderlich. Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen mit online-Regelung ist eine Ansprechzeit von $\leq 0,3$ s vorgeschrieben. Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Look-Ahead-Funktion auf der Grundlage eines zuvor aufgezeichneten Prüflaufs ist eine Ansprechzeit des Abgasmassendurchsatzmesssystems von ≤ 5 s mit einer Anstiegszeit von ≤ 1 s erforderlich. Die Systemansprechzeit ist nach den Angaben des Geräteherstellers einzustellen. Die kombinierten Vorschriften für die Ansprechzeit für den Abgasmassendurchsatz und das Teilstrom-Verdünnungssystem sind in Abschnitt 2.4 angegeben.

Direkte Messung

Die direkte Messung des momentanen Abgasmassendurchsatzes kann erfolgen mit Systemen wie:

- Differenzdruckmessgeräten, wie einer Durchflusssdüse (Einzelheiten siehe ISO 5167:2000)
- Ultraschall-Durchflussmesser
- Wirbeldurchflussmesser

Es müssen Vorkehrungen zur Vermeidung von Messfehlern getroffen werden, die Auswirkungen auf die Emissionwertfehler haben. Zu diesen Vorkehrungen zählen das sorgfältige Anbringen des Messgeräts in der Motorauspuffanlage nach den Empfehlungen des Herstellers und guter technischer Praxis. Vor allem Motorleistung und Emissionen dürfen durch den Einbau des Geräts nicht beeinflusst werden.

Die Durchflussmesser müssen die Anforderungen an die Messgenauigkeit gemäß Tabelle 3 erfüllen.

Luft- und Kraftstoffmessung

Hierzu gehören die Messung des Luftdurchsatzes und des Kraftstoffdurchsatzes mit geeigneten Durchflussmessern. Die Berechnung des momentanen Abgasmassendurchsatzes wird wie folgt vorgenommen:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} + G_{FUEL} \text{ (für feuchte Abgasmasse)}$$

Die Durchflussmesser müssen die Anforderungen an die Messgenauigkeit gemäß Tabelle 3 und gleichzeitig die Anforderungen an die Messgenauigkeit für den Abgasmassendurchsatz erfüllen.

Tracergasmessung

Dazu gehört die Messung der Konzentration des Tracergases im Abgase.

Eine bekannte Menge eines Inertgases (z.B. Helium) ist als Tracergas in den Abgasstrom einzuspritzen. Das Gas wird mit dem Abgas vermischt und dadurch verdünnt, darf aber nicht im Auspuffrohr reagieren. Dann wird die Konzentration des Gases in der Abgasprobe gemessen.

Um die vollständige Vermischung des Tracergases sicherzustellen, ist die Abgasprobenahmesonde mindestens 1 m oder um das 30-fache des Durchmessers des Auspuffrohrs (es gilt der höhere Wert) unterhalb der Einspritzstelle des Tracergases anzubringen. Die Probenahmesonde kann näher an der Einspritzstelle angebracht werden, wenn die vollständige Vermischung durch Vergleich der Tracergaskonzentration mit der Bezugskonzentration bei Einspritzung des Tracergases oberhalb des Motors überprüft wird.

Der Tracergasdurchsatz ist so einzustellen, dass die Tracergaskonzentration im Leerlauf des Motors nach der Vermischung unter dem vollen Skalenendwert des Tracergasanalysegeräts liegt.

Die Berechnung des Abgasdurchsatzes wird wie folgt vorgenommen:

$$G_{EXHW} = \frac{G_T \times \rho_{EXH}}{60 \times (conc_{mix} - conc_a)}$$

In dieser Formel bedeutet:

G_{EXHW} = momentaner Abgasmassendurchsatz, kg/s

G_T = Tracergasstrom, cm³/min

$conc_{mix}$ = momentane Konzentration des Tracergases nach Vermischung, ppm

ρ_{EXH} = Abgasdichte, kg/m³

$conc_a$ = Hintergrundkonzentration des Tracergases in der Ansaugluft, ppm

Die Hintergrundkonzentration des Tracergases ($conc_a$) kann bestimmt werden, indem die durchschnittliche Hintergrundkonzentration unmittelbar vor und nach dem Prüflauf gemessen wird.

Liegt die Hintergrundkonzentration unter 1% der Konzentration des Tracergases nach der Vermischung ($conc_{mix}$) bei höchstem Abgasdurchsatz, kann die Hintergrundkonzentration außer acht gelassen werden.

Das gesamte System muss die Anforderungen an die Messgenauigkeit beim Abgasstrom erfüllen und ist gemäß Anlage 2 Absatz 1.11.2 zu kalibrieren.

Messung von Luftdurchsatz und Luft-Kraftstoff-Verhältnis

Dies erfordert eine Berechnung der Abgasmasse auf der Grundlage des Luftdurchsatzes und des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses. Die Berechnung des momentanen Abgasmassendurchsatzes wird wie folgt vorgenommen:

$$G_{EXHW} = G_{AIRW} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda} \right) \quad \text{Dabei ist:}$$

$$A / F_{st} = 14,5$$

$$\lambda = \frac{\left(100 - \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{2} - conc_{HC} \times 10^{-4} \right) + \left(0,45 \cdot \frac{1 - \frac{2 \times conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}}{1 + \frac{conc_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times conc_{CO_2}}} \right) \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4})}{6,9078 \times (conc_{CO_2} + conc_{CO} \times 10^{-4} + conc_{HC} \times 10^{-4})}$$

In dieser Formel bedeutet: A/F_{st} = Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis, kg/kg

λ = Relatives Luft-Kraftstoff-Verhältnis

$conc_{CO_2}$ = CO_2 -Konzentration im trockenen Bezugszustand, %

$conc_{CO}$ = CO-Konzentration im trockenen Bezugszustand, ppm

$conc_{HC}$ = HC-Konzentration, ppm

HINWEIS: Die Berechnung bezieht sich auf einen Dieselmotorkraftstoff mit einem H/C-Verhältnis gleich 1,8.

Der Durchflussmesser muss die Anforderungen an die Messgenauigkeit gemäß Tabelle 3 erfüllen, das verwendete CO_2 -Analysegerät muss die Anforderungen unter 2.3.1 erfüllen und das gesamte System muss den Anforderungen an die Messgenauigkeit für den Abgasdurchsatz genügen.

Wahlweise können zur Messung der Luftüberschusszahl auch Messeinrichtungen für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis vom Typ Zirkonsonde eingesetzt werden, die die Anforderungen gemäß 2.3.4 erfüllen.

2.2.4. Durchsatz des verdünnten Abgases

Zur Berechnung der Emissionen des verdünnten Abgases muss der Massendurchsatz des verdünnten Abgases bekannt sein. Der Durchfluss des gesamten verdünnten Abgases über den Zyklus (kg/Prüfung) berechnet sich aus den Messwerten über den Zyklus und den entsprechenden Kalibrierdaten des Durchflussmessgeräts (V_0 für PDV, K_V für CFV, C_d für SSV) anhand der jeweiligen in Anlage 3 Absatz 2.2.1 beschriebenen Verfahren. Überschreitet die Probengesamtmasse der Partikel und gasförmigen Schadstoffe 0,5% des gesamten CVS-Durchsatzes, so ist der CVS-Durchsatz zu korrigieren oder der Strom der Partikelprobe ist vor der Durchflussmeseinrichtung zum CVS zurückzuführen.

2.3. Bestimmung der gasförmigen Bestandteile

2.3.1. Allgemeine Vorschriften für Analysegeräte

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

Liegt der volle Skalenendwert bei 155 ppm (oder ppm C) oder darunter oder werden Ablesesysteme (Computer, Datenerfasser) verwendet, die unterhalb von 15 % des vollen Skalenendwertes eine ausreichende Genauigkeit und Auflösung aufweisen, sind auch Konzentrationen unter 15 % des vollen Skalenendwertes zulässig. In diesem Fall müssen zusätzliche Kalibrierungen vorgenommen werden, um die Genauigkeit der Kalibrierkurven zu gewährleisten (Anhang III Anlage 2 Ziffer 1.5.5.2).

Die elektromagnetische Verträglichkeit der Geräte muss so hoch sein, dass zusätzliche Fehler weitestgehend ausgeschlossen sind.

2.3.1.1. Messfehler

Das Analysegerät darf höchstens um ± 2 % des Ablesewerts vom Nennwert jedes Kalibrierpunktes oder, falls größer, um höchstens $\pm 0,3$ % vom Skalenendwert abweichen.

HINWEIS: Im Sinne dieses Standards wird Messgenauigkeit definiert als die Abweichung des Ablesewerts des Analysegeräts von den Nennwerten der Kalibrierpunkte unter Verwendung eines Kalibriergases (= tatsächlicher Wert).

2.3.1.2. Wiederholbarkeit

Die Wiederholbarkeit, definiert als das 2,5fache der Standardabweichung zehn wiederholter Ansprechreaktionen auf ein bestimmtes Kalibriergas, darf höchstens ± 1 % der vollen Skalenendkonzentration für jeden verwendeten Messbereich über 155 ppm (oder ppm C) oder ± 2 % für jeden verwendeten Messbereich unter 155 ppm (oder ppm C) betragen.

2.3.1.3. Rauschen

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

2.3.1.4. Nullpunktdrift

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

2.3.1.5. Messbereichsdrift

Die Messbereichsdrift während eines Zeitraums von einer Stunde muss weniger als 2 % des vollen Skalenendwertes beim niedrigsten verwendeten Bereich betragen. Als Messbereich wird die Differenz zwischen Kalibrierausschlag und Nullpunktwert definiert. Der

Messbereichskalibrierausschlag wird definiert als mittlerer Ausschlag (einschließlich Rauschen) auf ein Messbereichskalibriergas in einem Zeitabschnitt von 30 Sekunden.

2.3.1.6. Anstiegszeit

Bei einem Abgasanalyzesystem für Rohabgas darf die Anstiegszeit des im Messsystem angebrachten Analysegeräts 2,5 s nicht überschreiten.

HINWEIS: Allein durch Bewertung der Ansprechzeit des Analysegeräts lässt sich nicht eindeutig bestimmen, ob das gesamte System für die dynamische Prüfung geeignet ist. Massen und insbesondere Totvolumen im System wirken sich nicht nur auf die Beförderungszeit von der Sonde zum Analysegerät, sondern auch auf die Anstiegszeit aus. Auch Beförderungszeiten innerhalb eines Analysegeräts sind als Ansprechzeit des Analysegeräts zu definieren, wie die Konverter oder Wasserabscheider in NO_x-Analysegeräten. Die Bestimmung der Gesamtansprechzeit des Systems ist in Anlage 2 Abschnitt 1.11.1 erläutert.

2.3.2. *Gastrocknung*

Es gelten die gleichen Spezifikationen wie für die NRSC-Prüfung (siehe Abschnitt 1.4.2) wie nachstehend beschrieben.

Das wahlweise zu verwendende Gastrocknungsgerät muss die Konzentration der gemessenen Gase so gering wie möglich beeinflussen. Die Anwendung chemischer Trockner zur Entfernung von Wasser aus der Probe ist nicht zulässig.

2.3.3. *Analysegeräte*

Es gelten die gleichen Spezifikationen wie für die NRSC-Prüfung (siehe Abschnitt 1.4.3) wie nachstehend beschrieben.

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

2.3.3.1. Kohlenmonoxid-(CO-)Analyse

Der Kohlenmonoxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

2.3.3.2. Kohlendioxid-(CO₂-)Analyse

Der Kohlendioxidanalysator muss ein nichtdispersiver Infrarotabsorptionsanalysator (NDIR) sein.

2.3.3.3. Kohlenwasserstoff-(HC-)Analyse

Der Kohlenwasserstoffanalysator muss ein beheizter Flammenionisationsdetektor (HFID) mit Detektor, Ventilen, Rohrleitungen usw. sein, der so zu beheizen ist, dass die Gastemperatur auf 463 K (190 °C) ±10 K gehalten wird.

2.3.3.4. Stickoxid-(NO_x-)Analyse

Der Stickoxidanalysator muss ein Chemilumineszenzanalysator (CLD) oder beheizter Chemilumineszenzanalysator (HCLA) mit einem NO₂/NO-Konverter sein, wenn die Messung im trockenen Bezugszustand erfolgt. Bei Messung im feuchten Bezugszustand ist ein auf über 328 K (55 °C) gehaltener HCLD mit Konverter zu verwenden, vorausgesetzt, die Prüfung auf Wasserdampfquerempfindlichkeit (Anhang III Anlage 2 Ziffer 1.9.2.2) ist erfüllt.

Sowohl für CLD als auch für HCLD muss der Probenweg bis zum Konverter (bei Messung im trockenen Bezugszustand) bzw. bis zum Analysegerät (bei Messung im feuchten Bezugszustand) auf einer Wandtemperatur von über 328 bis 473 K (55°C bis 200°C) gehalten werden.

2.3.4. *Messung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses*

Bei der zur Bestimmung des Abgasdurchsatzes gemäß 2.2.3 verwendeten Messeinrichtung für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis muss es sich um eine Breitband-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sonde oder eine Zirkon-Lambdasonde handeln.

Die Sonde ist unmittelbar am Auspuffrohr anzubringen, wo die Abgastemperatur so hoch ist, dass keine Wasserkondensation auftritt.

Die Messgenauigkeit der Sonde mit eingebauter Elektronik muss liegen zwischen:

± 3 % des Ablesewerts	λ	< 2
± 5 % des Ablesewerts	$2 \leq \lambda$	< 5
± 10 % des Ablesewerts	$5 \leq \lambda$	

Um die vorstehend genannte Messgenauigkeit zu erfüllen, ist die Sonde entsprechend den Angaben des Herstellers zu kalibrieren.

2.3.5. *Probenahme von Emissionen gasförmiger Schadstoffe*

2.3.5.1. Rohabgasdurchsatz

Für die Berechnung der Emissionen im Rohabgas gelten die gleichen Spezifikationen wie für den NRSC-Test (siehe Abschnitt 1.4.4) wie nachstehend beschrieben.

Die Probenahmesonden für gasförmige Emissionen müssen so angebracht sein, dass sie mindestens 0,5 m oder um das Dreifache des Durchmessers des Auspuffrohrs (je nachdem, welcher Wert höher ist) oberhalb vom Austritt der Auspuffanlage - soweit zutreffend - entfernt sind und sich so nahe am Motor befinden, dass eine Abgastemperatur von mindestens 343 K (70 °C) an der Sonde gewährleistet ist.

Bei einem Mehrzylindermotor mit einem verzweigten Auspuffkrümmer muss der Einlass der Sonde so weit in Strömungsrichtung entfernt sein, dass die Probe für die durchschnittlichen Abgasemissionen aus allen Zylindern repräsentativ ist. Bei einem Mehrzylindermotor mit einzelnen Gruppen von Auspuffkrümmern, wie z. B. bei einem V-Motor, ist die Entnahme individueller Proben von jeder Gruppe und die Berechnung der durchschnittlichen Abgasemission zulässig. Es können auch andere Methoden angewandt werden, die den

obigen Methoden nachweislich entsprechen. Bei der Berechnung der Abgasemissionen ist der gesamte Abgasmassendurchsatz des Motors zugrunde zu legen.

Wird die Zusammensetzung des Abgases durch eine Anlage zur Abgasnachbehandlung beeinflusst, so muss die Abgasprobe bei Prüfungen der Stufe I vor dieser Anlage und bei Prüfungen der Stufe II hinter dieser Anlage entnommen werden.

2.3.5.2. Durchsatz des verdünnten Abgases

Wird ein Vollstrom-Verdünnungssystem verwendet, so gelten die folgenden Spezifikationen.

Das Auspuffrohr zwischen dem Motor und dem Vollstrom-Verdünnungssystem muss den Bestimmungen von Anhang VI entsprechen.

Die Probenahmesonde(n) für gasförmige Emissionen ist/sind im Verdünnungstunnel an einer Stelle, wo Verdünnungsluft und Abgase gut vermischt sind, und nahe der Partikel-Probenahmesonde angebracht sein.

Die Probenahme kann in der Regel auf zwei Arten erfolgen:

- *die Schadstoffproben werden über den gesamten Prüfzyklus hinweg in einen Probenahmebeutel geleitet und nach Abschluss der Prüfung gemessen*
- *die Schadstoffproben werden über den gesamten Prüfzyklus hinweg fortlaufend entnommen und integriert; für HC und NO_x ist diese Methode vorgeschrieben.*

Die Hintergrundkonzentrationen werden oberhalb des Verdünnungstunnels in einen Probenahmebeutel geleitet und von der Emissionskonzentration gemäß Anlage 3 Abschnitt 2.2.3 subtrahiert.

2.4. Bestimmung der Partikel

Die Bestimmung der Partikel erfordert ein Verdünnungssystem. Die Verdünnung kann mit einem Teilstrom- oder Vollstrom-Verdünnungssystem erfolgen. Die Durchflussleistung des Verdünnungssystems muss so groß sein, dass keine Wasserkondensation im Verdünnungs- und Probenahmesystem auftritt und dass die Temperatur des verdünnten Abgases unmittelbar oberhalb der Filterhalter zwischen 315 K (42 °C) und 325 K (52°C) gehalten werden kann. Bei hoher Luftfeuchtigkeit ist es zulässig, die Verdünnungsluft vor Eintritt in das Verdünnungssystem zu entfeuchten. Bei einer Umgebungstemperatur von weniger als 293 K (20 °C) wird ein Vorheizen der Verdünnungsluft über den Temperaturgrenzwert von 303 K (30 °C) hinaus empfohlen. Jedoch darf die Temperatur der Verdünnungsluft vor der Einleitung des Abgases in den Verdünnungstunnel 325 K (52 °C) nicht überschreiten.

Die Partikel-Probenahmesonde muss sich nahe der Probenahmesonde für die gasförmigen Emissionen befinden und die Einrichtung muss den Vorschriften in Abschnitt 2.3.5 entsprechen.

Zur Bestimmung der Partikelmasse werden ein Partikel-Probenahmesystem, Partikel-Probenahmefilter, eine Mikrogramm-Waage und eine Wägekammer mit kontrollierter Temperatur und Luftfeuchtigkeit benötigt.

Spezifikationen für das Teilstrom-Verdünnungssystem

Das Teilstrom-Verdünnungssystem muss so beschaffen sein, dass eine Teilung des Abgasstroms erfolgt, wobei der kleinere Teil mit Luft verdünnt und anschließend zur Partikelmessung verwendet wird. Demzufolge ist eine sehr genaue Bestimmung des Verdünnungsverhältnisses erforderlich. Es können verschiedene Teilungsmethoden verwendet werden, wobei die Art der Teilung wesentlichen Einfluss auf die zu verwendenden Probenahmegeräte und -verfahren hat (Anhang VI Ziffer 1.2.1.1).

Zur Regelung eines Teilstrom-Verdünnungssystems ist eine schnelle Systemansprechzeit erforderlich. Die Umwandlungszeit des Systems ist nach dem in Anlage 2 Abschnitt 1.11.1 beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

Liegt die kombinierte Umwandlungszeit des Abgasdurchflussmesssystems (siehe vorstehender Abschnitt) und des Teilstromsystems unter 0,3 s, so können online-Kontrollsysteme verwendet werden. Überschreitet die Transformationszeit 0,3 s muss eine auf einem zuvor aufgezeichneten Prüflauf basierende Look-Ahead-Funktion verwendet werden. In diesem Fall muss die Anstiegszeit ≤ 1 s und die Verzögerungszeit der Kombination ≤ 10 s betragen.

Die Gesamtansprechzeit des Systems ist so zu gestalten, dass eine repräsentative Partikelprobe G_{SE} proportional zum Abgasmassendurchsatz gewährleistet ist. Zur Bestimmung der Proportionalität ist eine Regressionsanalyse G_{SE} - G_{EXHW} mit einer Datenerfassungsrate von mindestens 5 Hz durchzuführen, wobei folgende Kriterien erfüllt sein müssen:

- *Der Korrelationskoeffizient r^2 der linearen Regression zwischen G_{SE} und G_{EXHW} darf nicht geringer als 0,95 sein.*
- *Die Standardabweichung vom Schätzwert von G_{SE} über G_{EXHW} darf 5% von G_{SE} max. nicht überschreiten.*
- *G_{SE} -Achsenabschnitt der Regressionsgeraden darf ± 2 % von G_{SE} max. nicht überschreiten.*

Wahlweise kann eine Vorprüfung durchgeführt werden und der Abgasmassendurchsatzsignalgeber der Vorprüfung kann zur Regelung des Probenstroms in das Partikelsystem verwendet werden ("Look-Ahead-Funktion"). Ein solches Verfahren ist vorgeschrieben, wenn die Umwandlungszeit des Partikelsystems, $t_{50,P}$ oder/und die Umwandlungszeit des Abgasmassendurchsatzsignalgebers, $t_{50,F} > 0,3$ s betragen. Eine ordnungsgemäße Regelung des Teilstrom-Verdünnungssystems erzielt man, wenn die Zeitspur von $G_{EXHW,pre}$ aus der Vorprüfung, die G_{SE} regelt, um eine "Look-Ahead"-Zeit von $t_{50,P} + t_{50,Fs}$ verschoben wird.

Zur Ermittlung der Korrelation zwischen G_{SE} und G_{EXHW} sind die während der tatsächlichen Prüfung gesammelten Daten zu verwenden, wobei G_{EXHW} um $t_{50,P}$ bezogen auf G_{SE} zeitlich angeglichen wird (kein Einfluss von $t_{50,P}$ auf die zeitliche Angleichung). Das heißt, die Zeitverschiebung zwischen G_{EXHW} und G_{SE} ist die Differenz ihrer Umwandlungszeiten, die gemäß Anlage 2 Abschnitt 2.6 bestimmt wurden.

Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen ist die Genauigkeit des Probenstroms G_{SE} von besonderer Bedeutung, die zwar nicht direkt gemessen, sondern durch Differenzdruckmessung bestimmt wird:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

In diesem Fall ist eine Genauigkeit von $\pm 2 \%$ für G_{TOTW} und G_{DILW} nicht ausreichend, um annehmbare Genauigkeit von G_{SE} sicherzustellen. Wird die Gasströmung durch Differenzdruckmessung bestimmt, so darf der Fehler der Differenz höchstens so groß sein, dass die Genauigkeit von G_{SE} innerhalb einer Toleranz von $\pm 5 \%$ liegt, wobei das Verdünnungsverhältnis weniger als 15 beträgt. Die Berechnung kann durch Bilden der mittleren Quadratwurzel der Fehler jedes Geräts erfolgen.

Annehmbare Genauigkeit kann mit einer der folgenden Methoden erzielt werden:

- a) *Die absolute Genauigkeit von G_{TOTW} und G_{DILW} beträgt $\pm 0,2 \%$, wodurch eine Genauigkeit für G_{SE} von $\leq 5 \%$ bei einem Verdünnungsverhältnis von 15 gewährleistet ist. Bei höheren Verdünnungsverhältnissen treten jedoch größere Fehler auf.*
- b) *Die Kalibrierung von G_{DILW} im Verhältnis zu G_{TOTW} erfolgt so, dass die gleiche Genauigkeit für G_{SE} wie unter a) erreicht wird. Einzelheiten dieser Kalibrierung sind Anlage 2 Abschnitt 2.6 zu entnehmen.*
- c) *Die Genauigkeit von G_{SE} wird indirekt durch die Genauigkeit des durch ein Tracergas, z.B. CO_2 , bestimmten Verdünnungsverhältnisses bestimmt. Auch hier ist eine der Methode a) für G_{SE} äquivalente Genauigkeit erforderlich.*
- d) *Die absolute Genauigkeit von G_{TOTW} und G_{DILW} beträgt $\pm 2 \%$ des vollen Skalenendwertes, der Fehler der Differenz zwischen G_{TOTW} und G_{DILW} beträgt höchstens $0,2\%$ und der Linearitätsfehler beträgt $\pm 0,2 \%$ des während der Prüfung beobachteten höchsten G_{TOTW} .*

2.4.1. Partikel-Probenahmefilter

2.4.1.1. Spezifikation der Filter

Für die Zertifizierungsprüfungen werden fluorkohlenstoffbeschichtete Glasfaserfilter oder Fluorkohlenstoffmembranfilter benötigt. Für besondere Anwendungen können andere Filtermaterialien verwendet werden. Bei allen Filtertypen muss der Abscheidegrad von $0,3 \mu m$ DOP (Dioctylphthalat) bei einer Anströmgeschwindigkeit des Gases zwischen 35 und 100 cm/s mindestens 99% betragen. Werden Korrelationstests zwischen Prüfstellen oder zwischen einem Hersteller und einer Genehmigungsbehörde durchgeführt, so sind Filter von gleicher Qualität zu verwenden.

2.4.1.2. Filtergröße

Die Partikelfilter müssen einen Minstdurchmesser von 47 mm haben (37 mm wirksamer Durchmesser). Filter mit größerem Durchmesser sind zulässig (Ziffer 2.4.1.5).

2.4.1.3. Haupt- und Nachfilter

Die verdünnten Abgase werden während der Prüffolge durch ein hintereinander angeordnetes Filterpaar (Hauptfilter und Nachfilter) geleitet. Das Nachfilter darf nicht weiter als 100 mm hinter dem Hauptfilter liegen und dieses nicht berühren. Die Filter können getrennt oder paarweise - die wirksamen Seiten einander zugekehrt - gewogen werden.

2.4.1.4. Filteranströmgeschwindigkeit

Eine Gasanströmgeschwindigkeit durch den Filter von 35 bis 100 cm/s muss erreicht werden. Der Druckabfall darf zwischen Beginn und Ende der Prüfung um nicht mehr als 25 kPa zunehmen.

2.4.1.5. Filterbeladung

Die empfohlenen minimalen Filterbeladungen für die gebräuchlichsten Filtergrößen sind der folgenden Tabelle zu entnehmen. Für größere Filter beträgt die minimale Filterbeladung 0,065 mg/1000 mm² Filterbereich.

Filterdurchmesser (mm)	Empfohlener Durchmesser des wirksamen Filterbereichs (mm)	Empfohlene minimale Filterbeladung (mg)
47	37	0,11
70	60	0,25
90	80	0,41
110	100	0,62

2.4.2. Spezifikation für die Wägekammer und die Analysenwaage

2.4.2.1. Bedingungen für die Wägekammer

Die Temperatur der Kammer (oder des Raumes), in der (dem) die Partikelfilter konditioniert und gewogen werden, ist während der gesamten Dauer des Konditionierungs- und Wägevorgangs auf 295 K (22 °C) ±3 K zu halten. Die Luftfeuchtigkeit ist auf einem Taupunkt von 282,5 K (9,5 °C) ±3 K und auf einer relativen Feuchtigkeit von 45 ±8 % zu halten.

2.4.2.2. Vergleichsfilterwägung

Die Umgebungsluft der Wägekammer (oder des Wägeraums) muss frei von jeglichen Schmutzstoffen (beispielsweise Staub) sein, die sich während der Stabilisierung der Partikelfilter auf diesen absetzen könnten. Störungen der in Ziffer 2.4.2.1 dargelegten Spezifikationen für den Wägeraum sind zulässig, wenn ihre Dauer 30 Minuten nicht überschreitet. Der Wägeraum soll den vorgeschriebenen Spezifikationen entsprechen, ehe das Personal ihn betritt. Wenigstens zwei unbenutzte Vergleichsfilter oder Vergleichsfilterpaare sind vorzugsweise gleichzeitig mit den Probenahmefiltern zu wägen, höchstens jedoch in einem Abstand von vier Stunden zu diesen. Die Vergleichsfilter müssen dieselbe Größe haben und aus demselben Material bestehen wie die Probenahmefilter.

Wenn sich das Durchschnittsgewicht der Vergleichsfilter(-paare) bei den Wägungen der Probenahmefilter um mehr als 10µg ändert, sind alle Probenahmefilter zu entfernen, und die Abgasemissionsprüfung ist zu wiederholen.

Wenn die unter Ziffer 2.4.2.1 angegebenen Stabilitätskriterien für den Wägeraum nicht erfüllt sind, aber bei der Wägung des Vergleichsfilters(-filterpaares) die obigen Kriterien eingehalten wurden, kann der Hersteller entweder die ermittelten Gewichte der Probenahmefilter anerkennen oder die Prüfungen für ungültig erklären, wobei das Kontrollsystem des Wägeraums zu justieren und die Prüfung zu wiederholen ist.

2.4.2.3. Analysenwaage

Die zur Bestimmung der Gewichte sämtlicher Filter benutzte Analysenwaage muss eine Genauigkeit (Standardabweichung) von 2 µg und eine Auflösung von 1 µg (1 Stelle = 1 µg) haben (nach Angaben des Waagenherstellers).

2.4.2.4. Vermeidung elektrostatischer Reaktionen

Zur Vermeidung elektrostatischer Reaktionen sind die Filter vor dem Wiegen zu neutralisieren, so beispielsweise durch einen Poloniumneutralisator oder ein Gerät mit ähnlicher Wirkung.

2.4.3. *Zusatzbestimmungen für die Partikelmessung*

Alle mit den Rohabgasen oder verdünnten Abgasen in Berührung kommenden Teile des Verdünnungssystems und des Probenahmesystems vom Auspuffrohr bis zum Filterhalter sind so auszulegen, dass die Ablagerung der Partikel darauf und die Veränderung der Partikel so gering wie möglich gehalten werden. Alle Teile müssen aus elektrisch leitendem Material bestehen, das mit den Bestandteilen der Abgase keine Verbindung eingeht; es muss zur Vermeidung elektrostatischer Reaktionen geerdet sein.

(f) *Anlage 2 zu Anhang III wird wie folgt geändert:*

- *Eine neue Überschrift mit folgendem Wortlaut wird eingefügt:*

ANLAGE 2

KALIBRIERUNGSVERFAHREN (NRSC, NRTC¹)

- Absatz 1.2.2 wird wie folgt geändert:

Nach dem bisherigen Wortlaut wird folgendes eingefügt: „Dabei müssen zur Mischung verwendete Primärgase auf mindestens ± 1 % bekannt sein und auf nationale oder internationale Gasnormen rückführbar sind. Die Überprüfung ist bei jeder mit Hilfe einer Mischvorrichtung vorgenommenen Kalibrierung bei 15 bis 50 % des vollen Skalenendwertes durchzuführen. Eine zusätzliche Überprüfung unter Verwendung eines anderen Kalibriergases kann durchgeführt werden, wenn die erste Überprüfung fehlgeschlagen ist.

Wahlweise kann die Mischvorrichtung mit einem Instrument überprüft werden, das dem Wesen nach linear ist, z. B. unter Verwendung von NO-Gas mit einem CLD. Der Kalibrierwert des Instruments ist mit direkt an das Instrument angeschlossenem Kalibriergas einzustellen. Die Mischvorrichtung ist bei den verwendeten Einstellungen zu überprüfen, und

¹ Das Kalibrierungsverfahren ist gleich für die NRSC- und die NRTC Prüfung, mit Ausnahme der in den Absätzen 1.11 und 2.6 genannten Anforderungen.

der Nennwert ist mit der gemessenen Konzentration des Instruments zu vergleichen. Die Differenz muss in jedem Punkt innerhalb von $\pm 1\%$ des Nennwertes liegen.

Andere Methoden können nach guter technischer Praxis und vorheriger Zustimmung der beteiligten Parteien verwendet werden.

HINWEIS: Zur Erstellung der genauen Kalibrierkurve des Analysegeräts wird ein Präzisionsgasteiler mit einer Genauigkeit von $\pm 1\%$ empfohlen. Der Gasteiler ist vom Gerätehersteller zu kalibrieren.“

- *in Absatz 1.5.5.1, Satz 1 wird das Wort ‚Fünf‘ in ‚Sechs‘ geändert und im dritten Spiegelstrich wird die Zahl 1% in 0,3% geändert.*
- *in Absatz 1.5.5.2, letzter Spiegelstrich wird die Zahl 1% in 0,3% geändert.*
- *der Wortlaut in Absatz 1.8.3 erhält folgende Fassung:*

Die Prüfung der Sauerstoffquerempfindlichkeit ist bei Inbetriebnahme eines Analysegeräts und nach wesentlichen Wartungsterminen vorzunehmen.

Es ist ein Bereich zu wählen, in dem die Prüfgase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit in die oberen 50% fallen. Die Prüfung ist bei der wie erforderlich eingestellten Ofentemperatur durchzuführen.

1.8.3.1. Prüfgase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit

Die Prüfgase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit müssen Propan mit $350 \text{ ppmC} \div 75 \text{ ppmC}$ Kohlenwasserstoff enthalten. Der Konzentrationswert ist unter Berücksichtigung der Kalibrier gastoleranzen durch chromatographische Analyse der Kohlenwasserstoffe insgesamt mit Unreinheiten oder durch dynamisches Mischen zu bestimmen. Stickstoff muss der vorherrschende Verdünner mit dem Restsauerstoff sein. Für die Prüfung von Dieselmotoren sind folgende Mischungen erforderlich:

O₂-Konzentration	Rest
21 (20 bis 22)	Stickstoff
10 (9 bis 11)	Stickstoff
5 (4 bis 6)	Stickstoff

1.8.3.2. Verfahren

- a. *Das Analysegerät ist auf Null einzustellen.*
- b. *Das Analysegerät ist mit der 21 %-Sauerstoffmischung zu kalibrieren.*
- c. *Der Nullpunktwert ist erneut zu überprüfen. Bei einer Veränderung von mehr als $\pm 0,5\%$ des Skalenendwertes sind die Abschnitte (a) und (b) zu wiederholen.*

- d. Die Prüfgase für die Sauerstoffempfindlichkeit in den Gemischen 5%- und 10%- sind einzuleiten.
- e. Der Nullpunktwert ist erneut zu überprüfen. Bei einer Veränderung von mehr als ± 1 % des Skalenendwertes ist die Prüfung zu wiederholen.
- f. Für jedes Gemisch in Schritt d) ist die Sauerstoffquerempfindlichkeit (%O₂I) wie folgt zu berechnen:

$$O_2I = \frac{(B - C)}{B} \cdot 100$$

A = Kohlenwasserstoffkonzentration (ppmC) des in Punkt b) dieses Unterabschnitts verwendeten Kalibriergases

B = Kohlenwasserstoffkonzentration (ppmC) der in Punkt d) dieses Unterabschnitts verwendeten Prüfgase für die Sauerstoffquerempfindlichkeit

C = Ansprechen des Analysators

$$(ppmC) = \frac{A}{D}$$

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

- g. Die Sauerstoffquerempfindlichkeit in % (%O₂I) muss weniger $\pm 3,0$ % für alle vorgeschriebenen Prüfgase der Sauerstoffquerempfindlichkeit vor der Prüfung betragen.
- h. Ist die Sauerstoffquerempfindlichkeit größer als $\pm 3,0$ %, ist der Luftdurchsatz ober- und unterhalb der Angaben des Herstellers stufenweise zu justieren, wobei Abschnitt 1.9.1 für jeden Durchsatz zu wiederholen ist.
- i. Ist die Sauerstoffquerempfindlichkeit nach der Justierung des Luftdurchsatzes größer als $\pm 3,0$ %, sind der Kraftstoffdurchsatz und danach der Durchsatz der Probe zu variieren, wobei Abschnitt 1.9.1 für jede neue Anordnung zu wiederholen ist.
- j. Ist die Sauerstoffquerempfindlichkeit weiterhin größer als $\pm 3,0$ %, müssen der Analysator, der FID-Brennstoff oder die Brennerluft vor der Prüfung repariert bzw. ausgetauscht werden. Anschließend ist dieser Abschnitt mit den ausgetauschten bzw. reparierten Geräten zu wiederholen.
- Der derzeitige Absatz 1.9.2.2 wird wie folgt geändert:

(i) Satz 5 im ersten Spiegelstrich erhält folgende Fassung:

Die Wassertemperatur ist zu bestimmen und als F aufzuzeichnen.

(ii) Der dritte Spiegelstrich erhält folgende Fassung:

und als De aufzuzeichnen. Bei Dieselabgasen ist die maximale bei der Prüfung erwartete Wasserdampfkonzentration im Abgas (in %) anhand der Konzentration des unverdünnten

CO₂-Kalibriergases (A, wie nach Ziffer 1.9.2.1 gemessen) - ausgehend von einem Atomverhältnis H/C des Kraftstoffs von 1,8 zu 1 - wie folgt zu schätzen:

- *Ein neuer Abschnitt 1.11 mit folgendem Wortlaut wird eingefügt:*

1.11. Zusätzliche Kalibrierungsvorschriften für Rohabgasmessungen bei der NRTC-Prüfung

1.11.1. Prüfung der Ansprechzeit des Analysesystems

Zur Bewertung der Ansprechzeit werden die gleichen Systemeinstellungen wie bei der Messung des Prüflaufs (d.h. Druck, Durchsatz, Filtereinstellungen des Analysegeräts und alle übrigen Einflüsse auf die Ansprechzeit) verwendet. Die Bestimmung der Ansprechzeit erfolgt durch Gasumstellung direkt am Einlass der Probenahmesonde. Die Gasumstellung muss in weniger als 0,1 Sekunden erfolgen. Die für die Prüfung verwendeten Gase müssen eine Konzentrationsänderung von mindestens 60% des vollen Skalenendwertes bewirken.

Die Konzentrationsspur jedes einzelnen Gasbestandteils ist aufzuzeichnen. Die Ansprechzeit ist definiert als die zeitliche Differenz zwischen der Gasumstellung und der entsprechenden Veränderung der aufgezeichneten Konzentration. Die Ansprechzeit des Systems (t_{90}) setzt sich zusammen aus der Verzögerungszeit bis zum Messdetektor und der Anstiegszeit des Detektors. Die Verzögerungszeit ist definiert als die Zeit von der Veränderung (t_0) bis zum Ansprechen bei 10% des endgültigen Ablesewertes (t_{10}). Die Anstiegszeit ist definiert als die Ansprechzeit zwischen 10% und 90% des endgültigen Ablesewertes ($t_{90} - t_{10}$).

Für die zeitliche Angleichung des Analysegeräts und des Abgasstromsignalgebers bei der Rohabgasmessung ist die Umwandlungszeit definiert als die Zeit von der Veränderung (t_0) bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Ansprechen bei 50% des endgültigen Ablesewertes liegt.

Die Ansprechzeit des Systems muss für alle verwendeten Bestandteile (CO, NO_x, HC) und alle Bereiche ≤ 10 Sekunden bei einer Anstiegszeit von $\leq 2,5$ Sekunden betragen.

1.11.2. Kalibrierung des Tracergas-Analysators für die Messung des Abgasdurchsatzes

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

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

Die Kalibrierkurve darf im Bereich von 20 % bis 100 % des vollen Skalenendwertes höchstens um ± 1 % des vollen Skalenendwertes vom Nennwert jedes Kalibrierpunktes abweichen. Im Bereich von 4 % bis 20 % des vollen Skalenendwertes darf sie zudem höchstens $\pm 2\%$ vom Nennwert abweichen.

Vor dem Prüflauf ist der Analysator auf Null einzustellen und zu kalibrieren; dazu ist ein Nullgas und ein Kalibriergas zu verwenden, dessen Nennwert mehr als 80 % des vollen Skalenendwertes des Analysators beträgt.

- *Der Wortlaut in Absatz 2.2 erhält folgende Fassung:*

Die Kalibrierung der Gasströmungsmesser oder Durchflussmengenmessgeräte muss auf nationale und/oder internationale Normen rückführbar sein.

Der Fehler des gemessenen Wertes darf höchstens $\pm 2 \%$ des Ablesewerts betragen.

Bei Teilstrom-Verdünnungssystemen ist die Genauigkeit des Probenstroms G_{SE} von besonderer Bedeutung, die zwar nicht direkt gemessen, sondern durch Differenzdruckmessung bestimmt wird:

$$G_{SE} = G_{TOTW} - G_{DILW}$$

In diesem Fall ist eine Genauigkeit von $\pm 2 \%$ für G_{TOTW} und G_{DILW} nicht ausreichend, um annehmbare Genauigkeit von G_{SE} sicherzustellen. Wird die Gasströmung durch Differenzdruckmessung bestimmt, so darf der Fehler der Differenz höchstens so groß sein, dass die Genauigkeit von G_{SE} innerhalb einer Toleranz von $\pm 5 \%$ liegt, wobei das Verdünnungsverhältnis weniger als 15 beträgt. Die Berechnung kann durch Bilden der mittleren Quadratwurzel der Fehler jedes Geräts erfolgen.

- *Ein neuer Abschnitt 2.6 mit folgendem Wortlaut wird eingefügt:*

2.6. Zusätzliche Kalibrierung bei Teilstrom-Verdünnungssystemen

2.6.1. Periodische Kalibrierung

Wird die Gasprobenströmung durch Differenzdruckmessung bestimmt, so müssen der Strömungsmesser oder das Durchflussmessgerät nach einem der folgenden Verfahren kalibriert werden, so dass der Probenstrom G_{SE} in den Tunnel den Anforderungen an die Messgenauigkeit gemäß Anlage I Abschnitt 2.4 entspricht. Der Durchflussmesser für G_{DILW} wird in Reihe geschaltet mit dem Durchflussmesser für G_{TOTW} , die Differenz zwischen den beiden Durchflussmessern wird für mindestens 5 Sollwerte kalibriert, wobei die Durchflusswerte äquidistant zwischen dem niedrigsten bei der Prüfung verwendeten G_{DILW} -Wert und dem bei der Prüfung verwendeten G_{TOTW} -Wert liegen. Der Verdünnungstunnel kann umgangen werden.

Ein kalibriertes Massendurchsatzmessgerät wird in Reihe geschaltet mit dem Durchflussmesser für G_{TOTW} und die Genauigkeit des für die Prüfung verwendeten Wertes wird geprüft. Dann wird das kalibrierte Massendurchsatzmessgerät in Reihe geschaltet mit dem Durchflussmesser für G_{DILW} , und die Genauigkeit wird für mindestens 5 dem Verdünnungsverhältnis zwischen 3 und 50 entsprechende Einstellungen (bezogen auf den bei der Prüfung verwendeten G_{TOTW}) geprüft.

Das Übertragungsrohr TT wird vom Auspuff entfernt und ein kalibriertes Durchflussmessgerät mit einer zur Messung von G_{SE} geeigneten Reichweite wird an das Übertragungsrohr angeschlossen. Dann wird G_{TOTW} auf den bei der Prüfung verwendeten Wert eingestellt und G_{DILW} fortlaufend auf mindestens 5 den Verdünnungsverhältnissen q zwischen 3 und 50 entsprechende Werte eingestellt. Alternativ kann eine spezielle Kalibrierstrombahn bereitgestellt werden, bei der der Tunnel umgangen wird, aber die gesamte und die verdünnte Luft durch die entsprechenden Durchflussmesser wie bei der tatsächlichen Prüfung geleitet werden.

Ein Tracergas wird in das Übertragungsrohr TT geleitet. Dieses Tracergas kann ein Abgasbestandteil sein, etwa CO_2 oder NO_x . Nach der Verdünnung im Tunnel wird der

Tracergasbestandteil gemessen. Dies erfolgt bei 5 Verdünnungsverhältnissen zwischen 3 und 50. Die Genauigkeit des Probenstroms wird durch das Verdünnungsverhältnis q bestimmt:

$$G_{SE} = G_{TOTW} / q$$

Die Genauigkeit der Gasanalysegeräte ist bei der Garantie der Genauigkeit von G_{SE} zu berücksichtigen.

2.6.2. Prüfung des Kohlenstoffdurchsatzes

Eine Prüfung des Kohlenstoffdurchsatzes unter Verwendung tatsächlicher Abgase wird nachdrücklich empfohlen zur Aufdeckung von Mess- und Regelungsproblemen und zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Betriebs des Teilstrom-Verdünnungssystems. Die Prüfung des Kohlenstoffdurchsatzes ist mindestens jedes Mal durchzuführen, wenn ein neuer Motor eingebaut wird oder sich die Konfiguration der Prü fzelle entscheidend ändert.

Der Motor ist bei Volllast-Drehmoment und -drehzahl oder jeder anderen stationären Betriebsphase, bei der 5% oder mehr CO_2 entstehen, zu betreiben. Das Probenahme-Teilstrom-Verdünnungssystem ist mit einem Verdünnungsfaktor von etwa 15:1 zu betreiben.

2.6.3. Kontrollen vor der Prüfung

Eine Kontrolle vor der Prüfung ist innerhalb von 2 Stunden vor dem Prüflauf folgendermaßen durchzuführen:

Die Genauigkeit der Durchflussmesser ist nach derselben Methode zu prüfen, die für die Kalibrierung von mindestens zwei Punkten verwendet wird, einschließlich der Durchsatzwerte von G_{DILW} , die den Verdünnungsverhältnissen zwischen 5 und 15 für den in der Prüfung verwendeten G_{TOTW} -Wert entsprechen.

Falls anhand der Aufzeichnungen des vorstehend beschriebenen Kalibrierungsverfahrens bewiesen werden kann, dass die Kalibrierung des Durchflussmessers über einen längeren Zeitraum stabil ist, kann auf die Kontrolle vor der Prüfung verzichtet werden.

2.6.4. Bestimmung der Umwandlungszeit

Die Systemeinstellungen für die Bewertung der Umwandlungszeit sind die gleichen wie bei der Messung des Prüflaufs. Die Umwandlungszeit wird anhand folgender Methode bestimmt:

Ein unabhängiger Bezugsdurchflussmesser mit einem dem Sondenstrom angemessenen Messbereich wird mit der Sonde in Reihe geschaltet und an sie angeschlossen. Dieser Durchflussmesser muss über eine Umwandlungszeit von unter 100 ms für die bei der Messung der Ansprechzeit verwendeten Verdünnungsschritte sowie einen Strömungswiderstand verfügen, der gering genug ist, um sich nicht auf die dynamische Leistung des Teilstrom-Verdünnungssystems auszuwirken, und der guter technischer Praxis entspricht.

Der Abgasdurchsatz des Teilstrom-Verdünnungssystems (oder der Luftdurchsatz, wenn der Abgasdurchsatz berechnet wird) wechselt sprunghaft, von niedrigem Durchfluss bis auf mindestens 90% des vollen Skalenendwertes. Der Auslöser für den Schrittwechsel sollte der gleiche sein, wie er zum Start der Look-Ahead-Funktion bei der tatsächlichen Prüfung verwendet wird. Das Eingangssignal des Abgasverdünnungsschritts und das Ansprechen des Durchflussmessers sind mit einer Abtastfrequenz von mindestens 1 Hz aufzuzeichnen.

Anhand dieser Daten ist die Umwandlungszeit für das Teilstrom-Verdünnungssystem zu bestimmen, d.h. die Zeit vom Beginn Eingangssignals des Verdünnungsschritts bis zu dem Punkt, an dem der Durchflussmesser zu 50% anspricht. In gleicher Weise sind die Umwandlungszeiten des G_{SE} -Signals des Teilstrom-Verdünnungssystems und des G_{EXHW} -Signals des Abgasdurchflussmessers zu bestimmen. Diese Signale werden bei den nach jeder Prüfung durchgeführten Regressionsprüfungen verwendet (siehe Anlage I Abschnitt 2.4).

Die Berechnung muss für mindestens 5 Anstiegs- und Abfallstimuli wiederholt und aus den Ergebnissen ein Mittelwert gebildet werden. Die interne Transformationszeit (<100 ms) des Bezugsdurchflussmessers ist von diesem Wert zu subtrahieren. Dies ist der „look-ahead“-Wert des Teilstromverdünnungssystems, der gemäß Anlage I Abschnitt 2.4 anzuwenden ist.

- *Ein neuer Abschnitt 3 mit folgendem Wortlaut wird eingefügt:*

3. KALIBRIERUNG DES CVS SYSTEMS

3.1. Allgemein

Das CVS-System wird mit einem Präzisionsdurchflussmesser kalibriert und dient zur Änderung der Betriebsbedingungen.

Der Durchfluss im System wird unter unterschiedlichen Durchflusseinstellungen gemessen; ebenso werden die Regelkenngrößen des Systems ermittelt und ins Verhältnis zu den Durchflüssen gesetzt.

Verschiedene Arten von Durchflussmessern können verwendet werden, z.B. kalibriertes Venturi-Rohr, kalibrierter Laminardurchflussmesser, kalibrierter Flügelraddurchflussmesser.

3.2. Kalibrierung der Verdrängerpumpe (PDP)

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

Während der Kalibrierung ist eine gleichbleibende Temperatur zu gewährleisten.

Lecks an allen Anschlüssen und Röhren zwischen dem Kalibrierungs-Venturirohr und der CVS-Pumpe sind unter 0,3% des niedrigsten Durchflusses (höchster Widerstand und niedrigste PDP-Geschwindigkeit) zu halten.

3.2.1. Datenanalyse

Die Luftdurchflussmenge (Q_s) an jeder Drosselstelle (mindestens 6 Einstellungen) wird nach den Angaben des Herstellers aus den Messwerten des Durchflussmessers in m^3/min ermittelt. Die Luftdurchflussmenge wird dann auf den Pumpendurchsatz (V_0) in m^3 je Umdrehung bei absoluter Temperatur und absolutem Druck am Pumpeneinlass umgerechnet:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} * \frac{T}{273} * \frac{101,3}{p_A}$$

dabei bedeutet:

Q_s = Luftdurchsatz unter Standardbedingungen (101,3 kPa, 273 K), m³/s

T = Temperatur am Pumpeneinlass, K

p_A = absoluter Druck am Pumpeneinlass ($p_B - p_1$), kPa

n = Pumpgeschwindigkeit, Umdrehung/s

Zur Kompensierung der gegenseitigen Beeinflussung der Druckschwankungen mit der Pumpendrehzahl und der Verlustrate der Pumpe wird die Korrelationsfunktion (X_0) zwischen der Pumpendrehzahl, der Druckdifferenz zwischen Ein- und Auslass der Pumpe und dem absoluten Druck am Pumpenauslass wie folgt berechnet:

$$X_0 = \frac{1}{n} * \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

dabei bedeutet:

Δp_p = Differenzdruck vom Pumpeneinlass bis zum Pumpenauslass, kPa

p_A = absoluter Auslassdruck am Pumpenauslass, kPa

Mit der Methode der kleinsten Quadrate wird eine lineare Anpassung vorgenommen, um folgende Gleichung zu erhalten:

$$V_0 = D_0 - m * (X_0)$$

D_0 und m sind die Konstanten für den Achsabschnitt und die Steigung, die die Regressionsgeraden beschreiben.

Hat ein CVS-System mehrere Antriebsgeschwindigkeiten, so müssen die für jede Pump-Geschwindigkeit erzielten Kalibrierkurven annähernd parallel sein, und die Ordinatenwerte (D_0) müssen größer werden, wenn der Durchsatzbereich der Pumpe kleiner wird.

Die anhand der Gleichung berechneten Werte dürfen höchstens um $\pm 0,5$ % vom gemessenen V_0 -Wertes abweichen. Der Werte von m ist je nach Pumpe verschieden. Im Laufe der Zeit bewirkt der Partikelzustrom eine Abnahme der Verlustrate der Pumpe, die sich in niedrigeren Werten für m niederschlägt. Daher muss die Kalibrierung bei Inbetriebnahme der Pumpe, nach wesentlichen Wartungsarbeiten sowie dann erfolgen, wenn bei der Überprüfung des gesamten Systems (Abschnitt 3.5) eine Veränderung der Verlustrate festgestellt wird.

3.3. Kalibrierung des Venturi-Rohrs mit kritischer Strömung (CFV)

Bei der Kalibrierung des CFV bezieht man sich auf die Durchflussgleichung für ein Venturi-Rohr mit kritischer Strömung. Wie unten dargestellt, ist die Gasdurchflussmenge eine Funktion des Eintrittsdrucks und der Eintrittstemperatur.

$$Q_s = \frac{K_v * p_A}{\sqrt{T}}$$

dabei bedeutet:

K_v = Kalibrierkoeffizient

p_A = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs, kPa

T = Temperatur am Eintritt des Venturirohrs, K

3.3.1. Datenanalyse

Die Luftdurchflussmenge (Q_s) an jeder Drosselstelle (mindestens 8 Stellen) wird nach den Angaben des Herstellers aus den Messwerten des Durchflussmessers in m^3/min ermittelt. Der Kalibrierkoeffizient ist anhand der Kalibrierdaten für jede Drosselstelle wie folgt zu berechnen:

$$K_v = \frac{Q_s * \sqrt{T}}{p_A}$$

dabei bedeutet:

Q_s = Luftdurchflussmenge unter Standardbedingungen (101,3 kPa, 273 K), m^3/s

T = Temperatur am Eintritt des Venturirohrs, K

p_A = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs

Zur Bestimmung des Bereichs der kritischen Strömung ist eine Kurve K_v in Abhängigkeit vom Druck am Eintritt des Venturirohrs aufzunehmen. Bei kritischer (gedrosselter) Strömung ist K_v relativ konstant. Fällt der Druck (d.h. bei wachsendem Unterdruck) so wird das Venturirohr frei und K_v nimmt ab; dies ist ein Anzeichen dafür, dass der Betrieb des CFV außerhalb des zulässigen Bereichs erfolgt.

Bei mindestens acht Drosselstellen im kritischen Bereich sind der Mittelwert von K_v und die Standardabweichung zu berechnen. Die Standardabweichung darf höchstens $\pm 0,3 \%$ des mittleren K_v betragen.

3.4. Kalibrierung der kritisch betriebenen Venturidüse (SSV)

Bei der Kalibrierung der SSV bezieht man sich auf die Durchflussgleichung für eine kritisch betriebene Venturidüse. Wie unten dargestellt, ist die Gasdurchflussmenge eine Funktion des Eintrittsdrucks und der Temperatur, des Druckabfalls zwischen SSV-Eintritt und -verengung.

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}$$

dabei bedeutet:

A_0 = Sammlung von Konstanten und Einheitenumwandlungen

$$\left(\frac{m^3}{\min}\right)\left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa}\right)\left(\frac{1}{mm^2}\right) = 0,006111 \text{ in SI-Einheiten von}$$

d = Durchmesser der SSV-Verengung, m

C_d = Durchflusskoeffizient der SSV

P_A = absoluter Druck am Eintritt der Venturidüse, kPa

T = Temperatur am Eintritt der Venturidüse, K

r = Verhältnis der SSV-Verengung zum Eintritt absolut, statischer Druck = $1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

β = Verhältnis des Durchmessers der SSV-Verengung zum inneren Durchmesser des Eintrittsrohrs = $\frac{d}{D}$

3.4.1. Datenanalyse

Die Luftdurchflussmenge (Q_{SSV}) an jeder Durchflussstelle (mindestens 16 Stellen) wird nach den Angaben des Herstellers aus den Messwerten des Durchflussmessers in m³/min ermittelt. Der Durchflusskoeffizient ist anhand der Kalibrierdaten für jede Stelle wie folgt zu berechnen:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{A_0 d^2 P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}}$$

dabei bedeutet:

Q_{SSV} = Luftdurchflussmenge unter Standardbedingungen (101,3 kPa, 273 K), m³/s

T = Temperatur am Eintritt des Venturirohrs, K

d = Durchmesser der SSV-Verengung, m

r = Verhältnis der SSV-Verengung zum Eintritt absolut, statischer Druck = $1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

β = Verhältnis des Durchmessers der SSV-Verengung, d, zum inneren Durchmesser des Eintrittsrohrs = $\frac{d}{D}$

Zur Bestimmung des Bereichs der kritisch betriebenen Strömung ist eine Kurve C_d in Abhängigkeit von der Reynolds-Zahl an der SSV-Verengung aufzunehmen. Die Re an der SSV-Verengung berechnet sich nach folgender Formel:

$$Re = A_1 \frac{Q_{SSV}}{d\mu}$$

dabei bedeutet:

A_1 = Sammlung von Konstanten und Einheitenumwandlungen

$$= 25,55152 \left(\frac{1}{m^3} \right) \left(\frac{\text{min}}{s} \right) \left(\frac{mm}{m} \right)$$

Q_{SSV} = Luftdurchflussmenge unter Standardbedingungen (101,3 kPa, 273 K), m^3/s

d = Durchmesser der SSV-Verengung, m

μ = absolute oder dynamische Viskosität des Gases, berechnet nach folgender Formel:

$$\mu = \frac{bT^{3/2}}{S + T} = \frac{bT^{1/2}}{1 + \frac{S}{T}} \quad \text{kg/m-s}$$

Darin bedeuten:

b = empirische Konstante = $1,458 \cdot 10^6 \frac{kg}{msK^{1/2}}$

S = empirische Konstante = $110,4 K$

Da Q_{SSV} ein Input der Re-Formel ist, müssen die Berechnungen mit einer ersten Schätzung für Q_{SSV} oder C_d des Kalibrierungs-Venturirohrs beginnen und solange wiederholt werden, bis Q_{SSV} konvergiert. Die Konvergenzmethode muss auf mindestens 0,1% genau sein.

Für mindestens sechzehn Punkte im Bereich der kritisch betriebenen Strömung dürfen die für C_d anhand der resultierenden Gleichung zur Anpassung der Kalibrierkurve berechneten Werte höchstens um $\pm 0,5\%$ vom für jeden Kalibrierpunkt gemessenen Wert C_d abweichen.

3.5. Überprüfung des gesamten Systems

Die Gesamtgenauigkeit des CVS-Entnahmesystems und des Analysesystems wird ermittelt, indem eine bekannte Menge luftverunreinigenden Gases in das System eingeführt wird, wenn dieses normal in Betrieb ist. Der Schadstoff wird analysiert und die Masse gemäß Anhang III Anlage 3 Abschnitt 2.4.1 berechnet, allerdings ist anstelle von 0,000479 für HC bei Propan ein Faktor von 0,000472 zu verwenden. Eines der beiden folgenden Verfahren ist zu verwenden.

3.5.1. Messung mit einer Messblende für kritische Strömung

Durch eine kalibrierte Messblende wird eine bekannte Menge reinen Gases (Propan) in das CVS-System eingeführt. Ist der Eintrittsdruck groß genug, so ist die von der Messblende eingestellte Durchflussmenge unabhängig vom Austrittsdruck der Messblende (Bedingung für kritische Strömung). Das CVS-System ist wie bei einer normalen Prüfung der Abgasemission 5 bis 10 Minuten zu betreiben. Eine Gasprobe wird mit dem normalerweise verwendeten Gerät analysiert (Beutel oder Integrationsmethode) und die Masse des Gases berechnet. Die auf diese Weise bestimmte Masse muss $\pm 3\%$ der bekannten Masse des eingespritzten Gases betragen.

3.5.2. Messung mit einem gravimetrischen Verfahren

Das Gewicht eines kleinen, mit Propan gefüllten Zylinders ist auf $\pm 0,01$ g genau zu bestimmen. Danach wird das CVS-System 5 bis 10 Minuten lang wie für eine normale Prüfung zur Bestimmung der Abgasemissionen betrieben, wobei Kohlenmonoxid oder Propan in das System eingeführt 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. Die auf diese Weise bestimmte Masse muss $\pm 3\%$ der bekannten Masse des eingespritzten Gases betragen.

(g) Anlage 3 wird wie folgt geändert:

- Folgende Überschrift wird eingefügt „AUSWERTUNG DER MESSWERTE UND BERECHNUNGEN“
- die Überschrift von Abschnitt 1 lautet „AUSWERTUNG DER MESSWERTE UND BERECHNUNGEN - NRSC-PRÜFUNG“
- in Absatz 1.2, Satz 1 werden die Worte „oder Gesamtvolumina ($V_{SAM,I}$)“ gestrichen und im letzten Spiegelstrich werden die Worte „oder das Volumen (V_{DIL})“ und die Worte „oder M_d/V_{dil} “ gestrichen
- in Absatz 1.3.1, erster Spiegelstrich werden die Worte „ V_{EXHW} oder V_{EXHD} “ und im zweiten Spiegelstrich das Wort V_{TOTW} gestrichen
- Die Absätze 1.3.2 und 1.4.6 erhalten folgende Fassung:

1.3.2. Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Wird G_{EXHW} , verwendet, so ist die gemessene Konzentration nach folgender Formel in einen Wert für den feuchten Bezugszustand umzurechnen, falls die Messung nicht schon für den feuchten Bezugszustand vorgenommen worden ist:

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

Für das Rohabgas gilt:

$$K_{w, r, 1} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (\%CO[dry] + \%CO_2[dry]) + K_{w2}} \right)$$

Für das verdünnte Gas gilt:

$$K_{w,e,1} = \left(1 - \frac{1,88 \times CO_2 \% (wet)}{200} \right) - K_{w1}$$

oder

$$K_{w,e,1} = \left(\frac{1 - K_{w1}}{1 + \frac{1,88 \times CO_2 \% (dry)}{200}} \right)$$

Für die Verdünnungsluft:

$$\begin{aligned} k_{w,d} &= 1 - k_{w1} \\ k_{w1} &= \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]} \\ H_d &= \frac{6,22 \times R_d \times p_d}{p_B - p_d \times R_d \times 10^{-2}} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} k_{w,a} &= 1 - k_{w2} \\ k_{w2} &= \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)} \\ H_a &= \frac{6,22 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}} \end{aligned}$$

Darin bedeuten:

H_a : absolute Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

H_d : absolute Feuchtigkeit der Verdünnungsluft, g Wasser je kg trockener Luft

R_d : relative Feuchtigkeit der Verdünnungsluft, %

R_a : relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_d : Sättigungsdampfdruck der Verdünnungsluft, kPa

p_a : Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B : barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a und H_d können von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der

Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

1.3.3. Feuchtigkeitskorrektur bei NO_x

Da die NO_x-Emission von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, ist die NO_x-Konzentration unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebungsluft mit Hilfe des in der folgenden Formel angegebenen Faktors K_H zu korrigieren:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

Darin bedeuten:

T_a : Lufttemperatur in K

H_a : Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_a : Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B : barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a kann von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

1.3.4. Berechnung der Emissionsmassendurchsätze

Die Massendurchsätze der Emissionen für jede Prüfphase sind wie folgt zu berechnen:

(a) Für das Rohabgas¹:

$$Gas_{mass} = u \times conc \times G_{EXHW}$$

(b) Für das verdünnte Abgas¹:

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

Darin bedeuten:

$conc_c$ = die hintergrundkorrigierte Konzentration

¹ Im Fall von NO_x ist die NO_x-Konzentration (NO_xconc oder NO_xconc_c) mit K_{HNO_x} (Feuchtigkeits-Korrekturfaktor für NO_x, angegeben in Abschnitt 1.3.3) wie folgt zu multiplizieren: K_{HNO_x} × conc oder K_{HNO_x} × conc_c

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

$$DF = 13,4 / (conc_{CO_2} + (conc_{CO} + conc_{HC}) \times 10^{-4})$$

oder

$$DF = 13,4 / conc_{CO_2}$$

Der Koeffizient u - feucht ist entsprechend der folgenden Tabelle zu verwenden:

Tabelle 4. Werte des Koeffizienten u - feucht für verschiedene Abgasbestandteile

Gas	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	Prozent

Die Dichte von HC basiert auf einem durchschnittlichen Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis von 1:1,85.

1.3.5. Berechnung der spezifischen Emissionen

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

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

Hierbei ist $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$.

Die in der obigen Berechnung verwendeten Wichtungsfaktoren und die Anzahl der Prüfphasen (n) entsprechen Anhang III Abschnitt 3.7.1.

1.4. Berechnung der Partikelemission

Die Partikelemission ist folgendermaßen zu berechnen:

1.4.1. Feuchtigkeits-Korrekturfaktor für Partikel

Da die Partikelemission der Dieselmotoren von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, muss der Massendurchsatz der Partikel unter Berücksichtigung der Feuchtigkeit

der Umgebungsluft mit Hilfe des in der folgenden Formel angegebenen Faktors K_p korrigiert werden:

$$K_p = 1 / (1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71))$$

H_a : Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_a : Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B : barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a kann von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

1.4.2. Teilstrom-Verdünnungssystem

Die in das Prüfprotokoll aufzunehmenden Ergebnisse der Prüfung der Partikelemissionen werden in folgenden Schritten ermittelt. Da verschiedene Arten der Kontrolle des Verdünnungsverhältnisses angewandt werden dürfen, gelten verschiedene Methoden zur Berechnung des äquivalenten Massendurchsatzes des verdünnten Abgases G_{EDF} . Alle Berechnungen müssen auf den Durchschnittswerten der einzelnen Prüfphasen (i) während der Probenahmedauer beruhen.

1.4.2.1. Isokinetische Systeme

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW,i} + (G_{EXHW,i} \times r)}{(G_{EXHW,i} \times r)}$$

wobei r dem Verhältnis der Querschnittsflächen der isokinetischen Sonde A_p und des Auspuffrohrs A_T entspricht:

$$r = \frac{A_p}{A_T}$$

1.4.2.2. Systeme mit Messung von CO_2 - oder NO_x -Konzentration

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{Conc_{E,i} - Conc_{A,i}}{Conc_{D,i} - Conc_{A,i}}$$

Darin bedeuten:

Conc_E = Konzentration des feuchten Tracergases im unverdünnten Abgas

Conc_D = Konzentration des feuchten Tracergases im verdünnten Abgas

Conc_A = Konzentration des feuchten Tracergases in der Verdünnungsluft

Die auf trockener Basis gemessenen Konzentrationen sind gemäß Abschnitt 1.3.2 in Feuchtwerte umzuwandeln.

1.4.2.3. Systeme mit CO₂-Messung und Kohlenstoffbilanzmethode

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

Darin bedeuten:

CO_{2D} = CO₂-Konzentration des verdünnten Abgases

CO_{2A} = CO₂-Konzentration der Verdünnungsluft

(Konzentrationen in Volumenprozent, feucht)

Diese Gleichung beruht auf der Annahme der Kohlenstoffbilanz (die dem Motor zugeführten Kohlenstoffatome werden als CO₂ freigesetzt) und wird in nachstehenden Schritten ermittelt:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

und

$$q_i = \frac{206,6 \times G_{FUEL,i}}{G_{EXHW,i} \times (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

1.4.2.4. Systeme mit Durchsatzmessung

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

1.4.3. Vollstrom-Verdünnungssystem

Die in das Prüfprotokoll aufzunehmenden Ergebnisse der Prüfung der Partikelemissionen werden in folgenden Schritten ermittelt.

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

$$G_{EDFW,i} = G_{TOTW,i}$$

1.4.4. Berechnung des Partikelmassendurchsatzes

Der Partikelmassendurchsatz ist wie folgt zu berechnen:

Bei der Einfachfiltermethode:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1000}$$

Darin bedeuten:

$(G_{EDFW})_{aver}$ ist über den Prüfzyklus durch Addition der in den einzelnen Prüfphasen während der Probenahmedauer ermittelten Durchschnittswerte zu bestimmen:

$$(G_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n G_{EDFW,i} \times WF_i$$

$$M_{SAM} = \sum_{i=1}^n M_{SAM,i}$$

wobei $i = 1, \dots, n$

Bei der Mehrfachfiltermethode:

$$PT_{mass} = \frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} \times \frac{(G_{EDFW,i})_{aver}}{1000}$$

wobei $i = 1, \dots, n$

Die Hintergrundkorrektur des Partikelmassendurchsatzes kann wie folgt vorgenommen werden:

Bei der Einfachfiltermethode:

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1000}$$

Wird mehr als eine Messung durchgeführt, so ist (M_d/M_{DIL}) durch $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ zu ersetzen.

$$DF = 13,4 / (\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4})$$

oder

$$DF = 13,4 / \text{concCO}_2$$

Bei der Mehrfachfiltermethode:

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{M_{SAM,i}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) \right) \right] \times \left[\frac{G_{EDFW,i}}{1000} \right]$$

Wird mehr als eine Messung durchgeführt, so ist (M_d/M_{DIL}) durch $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ zu ersetzen.

$$DF = 13,4 / (\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4})$$

oder

$$DF=13,4/\text{concCO}_2$$

1.4.5. Berechnung der spezifischen Emissionen

Die spezifischen Partikelemissionen PT (g/kWh) sind folgendermaßen zu berechnen¹:

Bei der Einfachfiltermethode:

$$PT = \frac{PT_{\text{mass}}}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

Bei der Mehrfachfiltermethode:

$$PT = \frac{\sum_{i=1}^n PT_{\text{mass},i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

1.4.6. Effektiver Wichtungsfaktor

Bei der Einfachfiltermethode ist der effektive Wichtungsfaktor $WF_{E,i}$ für jede Prüfphase folgendermaßen zu berechnen:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} \times (G_{EDFW})_{\text{aver}}}{M_{SAM} \times (G_{EDFW,i})}$$

wobei $i = 1, \dots, n$

Der Wert der effektiven Wichtungsfaktoren darf von den Werten der in Anhang III Abschnitt 3.7.1 aufgeführten Wichtungsfaktoren um höchstens $\pm 0,005$ (absoluter Wert) abweichen.

- *Ein neuer Abschnitt 2 mit folgendem Wortlaut wird eingefügt:*

2. AUSWERTUNG DER MESSWERTE UND BERECHNUNGEN (NRTC-PRÜFUNG)

In diesem Abschnitt werden die beiden Messgrundsätze beschrieben, die bei der Bestimmung der Schadstoffemissionen über den NRTC-Prüfzyklus hinweg angewandt werden können:

- die gasförmigen Bestandteile im Rohabgas werden in Echtzeit gemessen und die Partikel mit Hilfe eines Teilstrom-Verdünnungssystems bestimmt
- die gasförmigen Bestandteile und die Partikel werden mit Hilfe eines Vollstrom-Verdünnungssystems (CVS-System) bestimmt.

¹ Der Partikelmassendurchsatz PT_{mass} ist mit K_p (Feuchtigkeits-Korrekturfaktor für Partikel laut Abschnitt 1.4.1) zu multiplizieren.

2.1. Berechnung der gasförmigen Emissionen in den Rohabgasen und der Partikelemissionen mit einem Teilstrom-Verdünnungssystem

2.1.1. Einleitung

Die momentanen Konzentrationssignale der gasförmigen Bestandteile werden zur Berechnung der Massemissionen durch Multiplikation mit dem momentanen Abgasmassendurchsatz verwendet. Der Abgasmassendurchsatz kann direkt gemessen oder anhand der in Anhang III Anlage 1 Abschnitt 2.2.3 beschriebenen Methoden berechnet werden (Messung des Ansaugluft- und des Kraftstoffstroms, Tracermethode, Messung der Ansaugluft und des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses). Besondere Aufmerksamkeit ist den Ansprechzeiten der einzelnen Instrumente zu widmen. Diese Differenzen sind durch zeitliche Angleichung der Signale zu berücksichtigen.

Bei Partikeln werden die Abgasmassendurchsatzsignale zur Regelung des Teilstrom-Verdünnungssystems verwendet, um eine zum Abgasmassendurchsatz proportionale Probe zu nehmen. Die Qualität der Proportionalität wird geprüft durch eine Regressionsanalyse zwischen Probe- und Abgasstrom, wie in Anhang III Anlage 1 Abschnitt 2.4 beschrieben.

2.1.2. Bestimmung der gasförmigen Bestandteile

2.1.2.1. Berechnung der emittierten Masse

Die Schadstoffmasse M_{gas} (g/Prüfung) ist zu bestimmen durch Berechnung der momentanen Massemissionen aus den Rohschadstoffkonzentrationen, den u-Werten aus Tabelle 4 (siehe auch vorstehender Absatz 1.3.4) und dem Abgasmassendurchsatz, angeglichen für die Umwandlungszeit und Integrieren der momentanen Werte über den gesamten Zyklus. Die Konzentrationen sind vorzugsweise im feuchten Bezugszustand zu messen. Wenn die Messung auf trockener Basis erfolgt, ist die nachstehend erläuterte Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand auf die momentanen Konzentrationswerte anzuwenden, bevor weitere Berechnungen vorgenommen werden.

Table 4. Werte des Koeffizienten u - feucht für verschiedene Abgasbestandteile

Gas	u	conc
NO _x	0,001587	ppm
CO	0,000966	ppm
HC	0,000479	ppm
CO ₂	15,19	Prozent

Die Dichte von HC basiert auf einem durchschnittlichen Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis von 1:1,85.

Hierzu dient die folgende Formel:

$$M_{gas} = \sum_{i=1}^{i=n} u \times conc_i \times G_{EXHW,i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{in g/Prüfung})$$

In dieser Formel bedeutet:

u = Verhältnis zwischen der Dichte des Abgasbestandteils und der Abgasdichte

$conc_i$ = momentane Konzentration des jeweiligen Bestandteils im Rohabgas, ppm

$G_{EXHW,i}$ = momentaner Abgasmassendurchsatz, kg/s

f = Datenauswahlsatz, Hz

n = Anzahl der Messungen

Zur Berechnung von NO_x ist der Feuchtigkeits-Korrekturfaktor k_H wie nachstehend beschrieben zu verwenden.

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

2.1.2.2. Umrechnung vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Wenn die momentane Konzentration im trockenen Bezugszustand gemessen wird, ist sie anhand folgender Formel in den feuchten Bezugszustand umzurechnen:

$$conc_{feu.} = k_W \times conc_{tro.}$$

In dieser Formel bedeutet:

$$K_{W,r,1} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (conc_{CO} + conc_{CO_2}) + K_{W2}} \right)$$

Dabei ist:

$$k_{W2} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

In dieser Formel bedeutet:

$conc_{CO2}$ = CO_2 -Konzentration im trockenen Bezugszustand, %

$conc_{CO}$ = CO-Konzentration im trockenen Bezugszustand, %

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_a : Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B : barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a kann von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

2.1.2.3. Korrektur der NO_x-Konzentration unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit

Da die NO_x-Emission von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, ist die NO_x-Konzentration unter Berücksichtigung von Feuchtigkeit und Temperatur der Umgebungsluft mit Hilfe der in der folgenden Formel angegebenen Faktoren zu korrigieren:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

Dabei ist:

T_a = Temperatur der Ansaugluft, K

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_a : Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B : barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a kann von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

2.1.2.4. Berechnung der spezifischen Emissionen

Die spezifischen Emissionen (g/kWh) sind für jeden einzelnen Bestandteil folgendermaßen zu berechnen:

$$\text{Einzelnes Gas} = M_{gas}/W_{act}$$

Dabei bedeutet:

W_{act} = tatsächliche Zyklusarbeit gemäß Anhang III Abschnitt 4.6.2, kWh

2.1.3. Partikelbestimmung

2.1.3.1. Berechnung der emittierten Masse

Die Partikelmasse M_{PT} (g/Prüfung) ist nach einer der folgenden Methoden zu berechnen:

a)

$$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{M_{EDFW}}{1000}$$

In dieser Formel bedeutet:

M_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse, mg

M_{SAM} = Masse des durch Partikelfilter geleiteten verdünnten Abgases, kg

M_{EDFW} = Masse des äquivalenten verdünnten Abgases über den Zyklus, kg

Die Gesamtmasse des äquivalenten verdünnten Abgases über den Zyklus ist wie folgt zu bestimmen:

$$M_{EDFW} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{EDFW,i} \times \frac{1}{f}$$

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

In dieser Formel bedeutet:

$G_{EDFW,i}$ = momentaner äquivalenter Massendurchsatz des verdünnten Abgases, kg/s

$G_{EXHW,i}$ = momentaner Abgasmassendurchsatz, kg/s

q_i = momentanes Verdünnungsverhältnis

$G_{TOTW,i}$ = momentaner Massendurchsatz des verdünnten Abgases durch Verdünnungstunnel, kg/s

$G_{DILW,i}$ = momentaner Massendurchsatz der Verdünnungsluft, kg/s

f = Datenauswahlsatz, Hz

n = Anzahl der Messungen

b)

$$M_{PT} = \frac{M_f}{r_s * 1000}$$

In dieser Formel bedeutet:

M_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse, mg

r_s = mittlere Probenahmequotient über den Zyklus

Dabei ist:

$$r_s = \frac{M_{SE}}{M_{EXHW}} \times \frac{M_{SAM}}{M_{TOTW}}$$

M_{SE} = Abgasmassenproben über den gesamten Zyklus, kg

M_{EXHW} = Gesamtabgasmassendurchsatz über den gesamten Zyklus, kg

M_{SAM} = Masse des durch Partikelfilter geleiteten verdünnten Abgases, kg

M_{TOTW} = Masse des durch den Verdünnungstunnel geleiteten verdünnten Abgases, kg

HINWEIS: Bei einem Gesamtprobenahmesystem sind M_{SAM} und M_{TOT} identisch

2.1.3.2. Feuchtigkeitskorrekturfaktor für Partikel

Da die Partikelemission der Dieselmotoren von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, muss die Partikelkonzentration unter Berücksichtigung der Feuchtigkeit der Umgebungsluft mit Hilfe des in der folgenden Formel angegebenen Faktors K_p korrigiert werden:

$$k_p = \frac{1}{[1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71)]}$$

In dieser Formel bedeutet:

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_a : Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B : barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a kann von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der

Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

2.1.3.3. Berechnung der spezifischen Emissionen

Die Partikelemission (g/kWh) ist folgendermaßen zu berechnen:

$$PT = M_{PT} \times K_p / W_{act}$$

Dabei bedeutet:

W_{act} = tatsächliche Zyklusarbeit gemäß Anhang III Abschnitt 4.6.2, kWh

2.2. Bestimmung von gasförmigen und Partikelbestandteilen mit einem Vollstrom-Verdünnungssystem

Zur Berechnung der Emissionen des verdünnten Abgases muss der Massendurchsatz des verdünnten Abgases bekannt sein. Der Durchfluss des gesamten verdünnten Abgases M_{TOTW} über den Zyklus (kg/Prüfung) berechnet sich aus den Messwerten über den Zyklus und den entsprechenden Kalibrierdaten des Durchflussmessgeräts (V_0 für PDP, K_V für CFV, C_d für SSV) anhand eines im nachstehenden Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Verfahrens. Überschreitet die Probengesamtmasse der Partikel (M_{SAM}) und gasförmigen Schadstoffen 0,5% des gesamten CVS-Durchsatzes M_{TOTW} , so ist der CVS-Durchsatz für M_{SAM} zu korrigieren oder der Strom der Partikelprobe ist vor der Durchflussmesseinrichtung zum CVS zurückzuführen.

2.2.1. Bestimmung des Durchsatzes des verdünnten Abgases

PDP-CVS-System

Der Massendurchsatz über den gesamten Zyklus berechnet sich wie folgt, wenn die Temperatur des verdünnten Abgases bei Verwendung eines Wärmeaustauschers über den Zyklus hinweg höchstens ± 6 K beträgt.

$$M_{TOTW} = 1,293 * V_0 * N_P * (p_B - p_1) * 273 / (101,3 * T)$$

In dieser Formel bedeutet:

M_{TOTW} = Masse des verdünnten Abgases im feuchten Bezugszustand über den Zyklus

V_0 = Volumen je Pumpenumdrehung unter Prüfbedingungen, m^3/rev

N_P = Pumpengesamtumdrehungszahl je Prüfung

p_B = atmosphärischer Druck in der Prü fzelle, kPa

p_1 = Absenkung des Drucks am Pumpeneinlass unter atmosphärischen Druck, kPa

T = mittlere Temperatur des verdünnten Abgases am Pumpeneinlass über den Zyklus, K

Wird ein System mit Durchflussmengenkompensation verwendet (d.h. ohne Wärmeaustauscher), so sind die momentanen Massemissionen über den Zyklus zu berechnen

und integrieren. In diesem Fall ist die momentane Masse des verdünnten Abgases wie folgt zu berechnen:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * V_0 * N_{P,i} * (p_B - p_l) * 273 / (101,3 * T)$$

In dieser Formel bedeutet:

$N_{P,i}$ = Pumpenumdrehungen insgesamt je Zeitabschnitt

CFV-CVS-System

Der Massendurchsatz über den gesamten Zyklus berechnet sich wie folgt, wenn die Temperatur des verdünnten Abgases bei Verwendung eines Wärmeaustauschers über den Zyklus hinweg höchstens ± 11 K beträgt:

$$M_{TOTW} = 1,293 * t * K_v * p_A / T^{0,5}$$

In dieser Formel bedeutet:

M_{TOTW} = Masse des verdünnten Abgases im feuchten Bezugszustand über den Zyklus

t = Zykluszeit, s

K_v = *Kalibrierungskoeffizient des Venturi-Rohrs mit kritischer Strömung unter Standardbedingungen*

p_A = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs, kPa

T = absolute Temperatur am Eintritt des Venturirohrs, K

Wird ein System mit Durchflussmengenkompensation verwendet (d.h. ohne Wärmeaustauscher), so sind die momentanen Masseemissionen über den Zyklus zu berechnen und integrieren. In diesem Fall ist die momentane Masse des verdünnten Abgases wie folgt zu berechnen:

$$M_{TOTW,i} = 1,293 * \Delta t_i * K_v * p_A / T^{0,5}$$

In dieser Formel bedeutet:

Δt_i = Zeitabschnitt, s

SSV-CVS-System

Der Massendurchsatz über den gesamten Zyklus berechnet sich wie folgt, wenn die Temperatur des verdünnten Abgases bei Verwendung eines Wärmeaustauschers über den Zyklus hinweg höchstens ± 11 K beträgt:

$$M_{TOTW} = 1,293 * Q_{SSV}$$

dabei bedeutet:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}$$

A_0 = Sammlung von Konstanten und Einheitenumwandlungen

$$\left(\frac{m^3}{\min} \right) \left(\frac{K^{\frac{1}{2}}}{kPa} \right) \left(\frac{1}{mm^2} \right)$$

= 0,006111 in SI-Einheiten von

d = Durchmesser der SSV-Verengung, m

C_d = Durchflusskoeffizient des SSV

P_A = absoluter Druck am Eintritt des Venturirohrs, kPa

T = Temperatur am Eintritt des Venturirohrs, K

r = Verhältnis der SSV-Verengung zum Eintritt absolut, statischer Druck = $1 - \frac{\Delta P}{P_A}$

β = Verhältnis des Durchmessers der SSV-Verengung, d , zum inneren Durchmesser des Eintrittsrohrs = $\frac{d}{D}$

Wird ein System mit Durchflussmengenkompensation verwendet (d.h. ohne Wärmeaustauscher), so sind die momentanen Masseemissionen über den Zyklus zu berechnen und integrieren. In diesem Fall ist die momentane Masse des verdünnten Abgases wie folgt zu berechnen:

$$M_{TOTW} = 1,293 * Q_{SSV} * \Delta t_i$$

In dieser Formel bedeutet:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A * \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r^{1.4286} - r^{1.7143} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]}$$

Δt_i = Zeitabschnitt, s

Die Echtzeit-Berechnung ist entweder mit einem angemessenen Wert für C_d wie 0,98 oder mit einem angemessenen Wert für Q_{SSV} zu beginnen. Wird die Berechnung mit Q_{SSV} begonnen, so ist der Anfangswert von Q_{SSV} zur Bewertung von Re zu verwenden.

Während aller Emissionsprüfungen muss die Reynolds-Zahl an der SSV-Verengung im Bereich der Reynolds-Zahlen liegen, die zur Ableitung der in Anlage 2 Abschnitt 3.2 entwickelten Kalibrierkurve verwendet wurden.

2.2.2. *Feuchtigkeitskorrektur bei NO_x*

Da die NO_x-Emission von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, ist die NO_x-Konzentration unter Berücksichtigung der Feuchtigkeit der Umgebungsluft mit Hilfe der in den folgenden Formeln angegebenen Faktoren zu korrigieren:

$$k_H = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

dabei bedeutet:

T_a = Lufttemperatur in K

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

Hierbei bedeuten:

$$H_a = \frac{6,220 * R_a * p_a}{p_B - p_a * R_a * 10^{-2}}$$

R_a = relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_a = Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B = barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a kann von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

2.2.3. *Berechnung des Emissionsmassendurchsatzes*

2.2.3.1. Systeme mit konstantem Massendurchsatz

Bei Systemen mit Wärmeaustauscher ist die Schadstoffmasse M_{GAS} (g/Prüfung) anhand der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$M_{GAS} = u \times \text{conc} \times M_{TOTW}$$

In dieser Formel bedeutet:

u = *Verhältnis zwischen der Dichte des Abgasbestandteils und der Dichte des verdünnten Abgases, wie in Tabelle 4, Ziffer 2.1.2.1 angegeben*

conc = *mittlere hintergrundkorrigierte Konzentrationen über den gesamten Zyklus aus Integration (obligatorisch für NO_x und HC) oder Beutelmessung, ppm*

M_{TOTW} = Gesamtmasse des verdünnten Abgases über den gesamten Zyklus gemäß Abschnitt 2.2.1, kg

Da die NO_x -Emission von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, ist die NO_x -Konzentration unter Berücksichtigung der Feuchtigkeit der Umgebungsluft mit Hilfe des Faktors k_H gemäß Abschnitt 2.2.2 zu korrigieren:

Die auf trockener Basis gemessenen Konzentrationen sind gemäß Abschnitt 1.3.2 in Feuchtwerte umzuwandeln.

2.2.3.1.1. Bestimmung der hintergrundorientierten Konzentrationen

Um die Nettokonzentration der Schadstoffe zu bestimmen, sind die mittleren Hintergrundkonzentrationen der gasförmigen Schadstoffe in der Verdünnungsluft von den gemessenen Konzentrationen abzuziehen. Die mittleren Werte der Hintergrundkonzentrationen können mit Hilfe der Beutel-Methode oder durch laufende Messungen mit Integration bestimmt werden. Die nachstehende Formel ist zu verwenden.

$$conc = conc_e - conc_d * (1 - (1/DF))$$

dabei bedeutet:

$conc$ = Konzentration des jeweiligen Schadstoffs, gemessen im verdünnten Abgas, korrigiert um die Menge des in der Verdünnungsluft enthaltenen jeweiligen Schadstoffs, ppm

$conc_e$ = Konzentration des jeweiligen Schadstoffs, gemessen im verdünnten Abgas, ppm

$conc_d$ = Konzentration des jeweiligen Schadstoffs, gemessen in der Verdünnungsluft, ppm

DF = Verdünnungsfaktor

Der Verdünnungsfaktor berechnet sich wie folgt:

$$DF = \frac{13,4}{conc_{e_{CO_2}} + (conc_{e_{HC}} + conc_{e_{CO}}) * 10^{-4}}$$

2.2.3.2. Systeme mit Durchflussmengenkompensation

Bei Systemen ohne Wärmeaustauscher ist die Masse der Schadstoffe M_{GAS} (g/Prüfung) durch Berechnen der momentanen Masseemissionen und Integrieren der momentanen Werte über den gesamten Zyklus zu bestimmen. Darüber hinaus ist die Hintergrundkorrektur direkt auf den momentanen Konzentrationswert anzuwenden. Hierzu dienen die folgenden Formeln:

$$M_{GAS} = \sum_{i=1}^n (M_{TOTW,i} \times conc_{e,i} \times u) - (M_{TOTW} \times conc_d \times (1 - 1/DF) \times u)$$

dabei bedeutet:

$conc_{e,i}$ = momentane Konzentration des jeweiligen Schadstoffs, gemessen im verdünnten Abgas, ppm

$conc_d$ = Konzentration des jeweiligen Schadstoffs, gemessen in der Verdünnungsluft, ppm

u = Verhältnis zwischen der Dichte des Abgasbestandteils und der Dichte des verdünnten Abgases, wie in Tabelle 4, Ziffer 2.1.2.1 angegeben

$M_{TOTW,i}$ = momentane Masse des verdünnten Abgases (siehe Abschnitt 2.2.1), kg

M_{TOTW} = Gesamtmasse des verdünnten Abgases über den Zyklus (siehe Abschnitt 2.2.1), kg

DF = Verdünnungsfaktor, wie unter Ziffer 2.2.3.1.1 bestimmt

Da die NO_x -Emission von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, ist die NO_x -Konzentration unter Berücksichtigung der Feuchtigkeit der Umgebungsluft mit Hilfe des Faktors k_H wie in Abschnitt 2.2.2 beschrieben zu korrigieren:

2.2.4. Berechnung der spezifischen Emissionen

Die spezifischen Emissionen (g/kWh) sind für jeden einzelnen Bestandteil folgendermaßen zu berechnen:

Einzelnes Gas = M_{gas}/W_{act}

Dabei bedeutet:

W_{act} = tatsächliche Zyklusarbeit gemäß Anhang III Abschnitt 4.6.2, kWh

2.2.5. Berechnung der Partikelemission

2.2.5.1. Berechnung des Massendurchsatzes

Die Partikelmasse M_{PT} (g/Prüfung) berechnet sich wie folgt:

$$M_{PT} = \frac{M_f}{M_{SAM}} * \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

M_f = über den Zyklus abgeschiedene Partikelprobenahmemasse, mg

M_{TOTW} = Gesamtmasse des verdünnten Abgases über den gesamten Zyklus gemäß Abschnitt 2.2.1 bestimmt, kg

M_{SAM} = Masse des aus dem Verdünnungstunnel zum Abscheiden von Partikeln entnommenen verdünnten Abgases, kg

und

M_f = $M_{f,p} + M_{f,b}$, sofern getrennt gewogen, mg

$M_{f,p}$ = am Hauptfilter abgeschiedene Partikelmasse, mg

$M_{f,b}$ = am Nachfilter abgeschiedene Partikelmasse, mg

Bei Verwendung eines Doppelverdünnungssystems ist die Masse der Sekundärverdünnungsluft von der Gesamtmasse des zweifach verdünnten Abgases, das zur Probenahme durch die Partikelfiltern geleitet wurde, abzuziehen.

$$M_{SAM} = M_{TOT} - M_{SEC}$$

dabei bedeutet:

M_{TOT} = Masse des durch Partikelfilter geleiteten doppelt verdünnten Abgases, kg

M_{SEC} = Masse der Sekundärverdünnungsluft, kg

Wird der Partikelhintergrund der Verdünnungsluft gemäß Anhang III, Abschnitt 4.4.4 bestimmt, so kann die Partikelmasse hintergrundkorrigiert werden. In diesem Fall ist die Partikelmasse (g/Prüfung) wie folgt zu berechnen:

$$M_{PT} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} * \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] * \frac{M_{TOTW}}{1000}$$

dabei bedeutet:

M_f, M_{SAM}, M_{TOTW} = siehe oben

M_{DIL} = Masse der Primärverdünnungsluft, Probenahme mittels Probenehmer für Hintergrund-Partikel, kg

M_d = abgeschiedene Hintergrund-Partikelmasse der Primärverdünnungsluft, mg

DF = Verdünnungsfaktor gemäß Ziffer 2.2.3.1.1

2.2.5.2. Feuchtigkeitskorrekturfaktor für Partikel

Da die Partikelemission der Dieselmotoren von den Bedingungen der Umgebungsluft abhängig ist, muss die Partikelkonzentration unter Berücksichtigung der Feuchtigkeit der Umgebungsluft mit Hilfe des in der folgenden Formel angegebenen Faktors K_p korrigiert werden:

$$k_p = \frac{1}{[1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71)]}$$

In dieser Formel bedeutet:

H_a = Feuchtigkeit der Ansaugluft, g Wasser je kg trockener Luft

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

R_a : relative Feuchtigkeit der Ansaugluft, %

p_a : Sättigungsdampfdruck der Ansaugluft, kPa

p_B : barometrischer Gesamtdruck, kPa

Hinweis: H_a kann von der vorstehend beschriebenen Messung der relativen Feuchtigkeit oder von der Messung am Taupunkt, der Messung des Dampfdrucks oder der Trocken/Feuchtmessung unter Verwendung der allgemein anerkannten Formeln abgeleitet werden.

2.2.5.3. Berechnung der spezifischen Emission

Die Partikelemission (g/kWh) ist folgendermaßen zu berechnen:

$$PT = M_{PT} \times K_p / W_{act}$$

Dabei bedeutet:

W_{act} = tatsächliche Zyklusarbeit gemäß Anhang III Abschnitt 4.6.2, kWh

(h) Die folgende Anlage 4 zu Anhang III wird eingefügt:

ANLAGE 4

NRTC-ABLAUFPLAN FÜR DEN MOTORLEISTUNGSPRÜFSTAND

Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0	0	52	102	46	103	74	24
2	0	0	53	102	41	104	77	6
3	0	0	54	102	31	105	76	12
4	0	0	55	89	2	106	74	39
5	0	0	56	82	0	107	72	30
6	0	0	57	47	1	108	75	22
7	0	0	58	23	1	109	78	64
8	0	0	59	1	3	110	102	34
9	0	0	60	1	8	111	103	28
10	0	0	61	1	3	112	103	28
11	0	0	62	1	5	113	103	19
12	0	0	63	1	6	114	103	32
13	0	0	64	1	4	115	104	25
14	0	0	65	1	4	116	103	38
15	0	0	66	0	6	117	103	39
16	0	0	67	1	4	118	103	34
17	0	0	68	9	21	119	102	44
18	0	0	69	25	56	120	103	38
19	0	0	70	64	26	121	102	43
20	0	0	71	60	31	122	103	34
21	0	0	72	63	20	123	102	41
22	0	0	73	62	24	124	103	44
23	0	0	74	64	8	125	103	37
24	1	3	75	58	44	126	103	27
25	1	3	76	65	10	127	104	13
26	1	3	77	65	12	128	104	30
27	1	3	78	68	23	129	104	19
28	1	3	79	69	30	130	103	28
29	1	3	80	71	30	131	104	40
30	1	6	81	74	15	132	104	32
31	1	6	82	71	23	133	101	63
32	2	1	83	73	20	134	102	54
33	4	13	84	73	21	135	102	52
34	7	18	85	73	19	136	102	51
35	9	21	86	70	33	137	103	40
36	17	20	87	70	34	138	104	34
37	33	42	88	65	47	139	102	36
38	57	46	89	66	47	140	104	44
39	44	33	90	64	53	141	103	44
40	31	0	91	65	45	142	104	33
41	22	27	92	66	38	143	102	27
42	33	43	93	67	49	144	103	26
43	80	49	94	69	39	145	79	53
44	105	47	95	69	39	146	51	37
45	98	70	96	66	42	147	24	23
46	104	36	97	71	29	148	13	33
47	104	65	98	75	29	149	19	55
48	96	71	99	72	23	150	45	30
49	101	62	100	74	22	151	34	7
50	102	51	101	75	24	152	14	4
51	102	50	102	73	30	153	8	16

Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo
%	%	%	%	%	%	%	%	%
154	15	6	205	20	18	256	102	84
155	39	47	206	27	34	257	58	66
156	39	4	207	32	33	258	64	97
157	35	26	208	41	31	259	56	80
158	27	38	209	43	31	260	51	67
159	43	40	210	37	33	261	52	96
160	14	23	211	26	18	262	63	62
161	10	10	212	18	29	263	71	6
162	15	33	213	14	51	264	33	16
163	35	72	214	13	11	265	47	45
164	60	39	215	12	9	266	43	56
165	55	31	216	15	33	267	42	27
166	47	30	217	20	25	268	42	64
167	16	7	218	25	17	269	75	74
168	0	6	219	31	29	270	68	96
169	0	8	220	36	66	271	86	61
170	0	8	221	66	40	272	66	0
171	0	2	222	50	13	273	37	0
172	2	17	223	16	24	274	45	37
173	10	28	224	26	50	275	68	96
174	28	31	225	64	23	276	80	97
175	33	30	226	81	20	277	92	96
176	36	0	227	83	11	278	90	97
177	19	10	228	79	23	279	82	96
178	1	18	229	76	31	280	94	81
179	0	16	230	68	24	281	90	85
180	1	3	231	59	33	282	96	65
181	1	4	232	59	3	283	70	96
182	1	5	233	25	7	284	55	95
183	1	6	234	21	10	285	70	96
184	1	5	235	20	19	286	79	96
185	1	3	236	4	10	287	81	71
186	1	4	237	5	7	288	71	60
187	1	4	238	4	5	289	92	65
188	1	6	239	4	6	290	82	63
189	8	18	240	4	6	291	61	47
190	20	51	241	4	5	292	52	37
191	49	19	242	7	5	293	24	0
192	41	13	243	16	28	294	20	7
193	31	16	244	28	25	295	39	48
194	28	21	245	52	53	296	39	54
195	21	17	246	50	8	297	63	58
196	31	21	247	26	40	298	53	31
197	21	8	248	48	29	299	51	24
198	0	14	249	54	39	300	48	40
199	0	12	250	60	42	301	39	0
200	3	8	251	48	18	302	35	18
201	3	22	252	54	51	303	36	16
202	12	20	253	88	90	304	29	17
203	14	20	254	103	84	305	28	21
204	16	17	255	103	85	306	31	15

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%
307	31	10
308	43	19
309	49	63
310	78	61
311	78	46
312	66	65
313	78	97
314	84	63
315	57	26
316	36	22
317	20	34
318	19	8
319	9	10
320	5	5
321	7	11
322	15	15
323	12	9
324	13	27
325	15	28
326	16	28
327	16	31
328	15	20
329	17	0
330	20	34
331	21	25
332	20	0
333	23	25
334	30	58
335	63	96
336	83	60
337	61	0
338	26	0
339	29	44
340	68	97
341	80	97
342	88	97
343	99	88
344	102	86
345	100	82
346	74	79
347	57	79
348	76	97
349	84	97
350	86	97
351	81	98
352	83	83
353	65	96
354	93	72
355	63	60
356	72	49
357	56	27

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%
358	29	0
359	18	13
360	25	11
361	28	24
362	34	53
363	65	83
364	80	44
365	77	46
366	76	50
367	45	52
368	61	98
369	61	69
370	63	49
371	32	0
372	10	8
373	17	7
374	16	13
375	11	6
376	9	5
377	9	12
378	12	46
379	15	30
380	26	28
381	13	9
382	16	21
383	24	4
384	36	43
385	65	85
386	78	66
387	63	39
388	32	34
389	46	55
390	47	42
391	42	39
392	27	0
393	14	5
394	14	14
395	24	54
396	60	90
397	53	66
398	70	48
399	77	93
400	79	67
401	46	65
402	69	98
403	80	97
404	74	97
405	75	98
406	56	61
407	42	0
408	36	32

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%
409	34	43
410	68	83
411	102	48
412	62	0
413	41	39
414	71	86
415	91	52
416	89	55
417	89	56
418	88	58
419	78	69
420	98	39
421	64	61
422	90	34
423	88	38
424	97	62
425	100	53
426	81	58
427	74	51
428	76	57
429	76	72
430	85	72
431	84	60
432	83	72
433	83	72
434	86	72
435	89	72
436	86	72
437	87	72
438	88	72
439	88	71
440	87	72
441	85	71
442	88	72
443	88	72
444	84	72
445	83	73
446	77	73
447	74	73
448	76	72
449	46	77
450	78	62
451	79	35
452	82	38
453	81	41
454	79	37
455	78	35
456	78	38
457	78	46
458	75	49
459	73	50

Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo
	%	%		%	%		%	%
460	79	58	511	85	73	562	43	25
461	79	71	512	84	73	563	30	60
462	83	44	513	85	73	564	40	45
463	53	48	514	86	73	565	37	32
464	40	48	515	85	73	566	37	32
465	51	75	516	85	73	567	43	70
466	75	72	517	85	72	568	70	54
467	89	67	518	85	73	569	77	47
468	93	60	519	83	73	570	79	66
469	89	73	520	79	73	571	85	53
470	86	73	521	78	73	572	83	57
471	81	73	522	81	73	573	86	52
472	78	73	523	82	72	574	85	51
473	78	73	524	94	56	575	70	39
474	76	73	525	66	48	576	50	5
475	79	73	526	35	71	577	38	36
476	82	73	527	51	44	578	30	71
477	86	73	528	60	23	579	75	53
478	88	72	529	64	10	580	84	40
479	92	71	530	63	14	581	85	42
480	97	54	531	70	37	582	86	49
481	73	43	532	76	45	583	86	57
482	36	64	533	78	18	584	89	68
483	63	31	534	76	51	585	99	61
484	78	1	535	75	33	586	77	29
485	69	27	536	81	17	587	81	72
486	67	28	537	76	45	588	89	69
487	72	9	538	76	30	589	49	56
488	71	9	539	80	14	590	79	70
489	78	36	540	71	18	591	104	59
490	81	56	541	71	14	592	103	54
491	75	53	542	71	11	593	102	56
492	60	45	543	65	2	594	102	56
493	50	37	544	31	26	595	103	61
494	66	41	545	24	72	596	102	64
495	51	61	546	64	70	597	103	60
496	68	47	547	77	62	598	93	72
497	29	42	548	80	68	599	86	73
498	24	73	549	83	53	600	76	73
499	64	71	550	83	50	601	59	49
500	90	71	551	83	50	602	46	22
501	100	61	552	85	43	603	40	65
502	94	73	553	86	45	604	72	31
503	84	73	554	89	35	605	72	27
504	79	73	555	82	61	606	67	44
505	75	72	556	87	50	607	68	37
506	78	73	557	85	55	608	67	42
507	80	73	558	89	49	609	68	50
508	81	73	559	87	70	610	77	43
509	81	73	560	91	39	611	58	4
510	83	73	561	72	3	612	22	37

Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo
%	%	%	%	%	%	%	%	%
613	57	69	664	92	72	715	102	64
614	68	38	665	91	72	716	102	69
615	73	2	666	90	71	717	102	68
616	40	14	667	90	71	718	102	70
617	42	38	668	91	71	719	102	69
618	64	69	669	90	70	720	102	70
619	64	74	670	90	72	721	102	70
620	67	73	671	91	71	722	102	62
621	65	73	672	90	71	723	104	38
622	68	73	673	90	71	724	104	15
623	65	49	674	92	72	725	102	24
624	81	0	675	93	69	726	102	45
625	37	25	676	90	70	727	102	47
626	24	69	677	93	72	728	104	40
627	68	71	678	91	70	729	101	52
628	70	71	679	89	71	730	103	32
629	76	70	680	91	71	731	102	50
630	71	72	681	90	71	732	103	30
631	73	69	682	90	71	733	103	44
632	76	70	683	92	71	734	102	40
633	77	72	684	91	71	735	103	43
634	77	72	685	93	71	736	103	41
635	77	72	686	93	68	737	102	46
636	77	70	687	98	68	738	103	39
637	76	71	688	98	67	739	102	41
638	76	71	689	100	69	740	103	41
639	77	71	690	99	68	741	102	38
640	77	71	691	100	71	742	103	39
641	78	70	692	99	68	743	102	46
642	77	70	693	100	69	744	104	46
643	77	71	694	102	72	745	103	49
644	79	72	695	101	69	746	102	45
645	78	70	696	100	69	747	103	42
646	80	70	697	102	71	748	103	46
647	82	71	698	102	71	749	103	38
648	84	71	699	102	69	750	102	48
649	83	71	700	102	71	751	103	35
650	83	73	701	102	68	752	102	48
651	81	70	702	100	69	753	103	49
652	80	71	703	102	70	754	102	48
653	78	71	704	102	68	755	102	46
654	76	70	705	102	70	756	103	47
655	76	70	706	102	72	757	102	49
656	76	71	707	102	68	758	102	42
657	79	71	708	102	69	759	102	52
658	78	71	709	100	68	760	102	57
659	81	70	710	102	71	761	102	55
660	83	72	711	101	64	762	102	61
661	84	71	712	102	69	763	102	61
662	86	71	713	102	69	764	102	58
663	87	71	714	101	69	765	103	58

Zeit	Norm. Drehz.	Norm. Drehmo	Zeit	Norm. Drehz.	Norm. Drehmo	Zeit	Norm. Drehz.	Norm. Drehmo
s	%	%	s	%	%	s	%	%
766	102	59	817	81	46	868	83	16
767	102	54	818	80	39	869	83	12
768	102	63	819	80	32	870	83	9
769	102	61	820	81	28	871	83	8
770	103	55	821	80	26	872	83	7
771	102	60	822	80	23	873	83	6
772	102	72	823	80	23	874	83	6
773	103	56	824	80	20	875	83	6
774	102	55	825	81	19	876	83	6
775	102	67	826	80	18	877	83	6
776	103	56	827	81	17	878	59	4
777	84	42	828	80	20	879	50	5
778	48	7	829	81	24	880	51	5
779	48	6	830	81	21	881	51	5
780	48	6	831	80	26	882	51	5
781	48	7	832	80	24	883	50	5
782	48	6	833	80	23	884	50	5
783	48	7	834	80	22	885	50	5
784	67	21	835	81	21	886	50	5
785	105	59	836	81	24	887	50	5
786	105	96	837	81	24	888	51	5
787	105	74	838	81	22	889	51	5
788	105	66	839	81	22	890	51	5
789	105	62	840	81	21	891	63	50
790	105	66	841	81	31	892	81	34
791	89	41	842	81	27	893	81	25
792	52	5	843	80	26	894	81	29
793	48	5	844	80	26	895	81	23
794	48	7	845	81	25	896	80	24
795	48	5	846	80	21	897	81	24
796	48	6	847	81	20	898	81	28
797	48	4	848	83	21	899	81	27
798	52	6	849	83	15	900	81	22
799	51	5	850	83	12	901	81	19
800	51	6	851	83	9	902	81	17
801	51	6	852	83	8	903	81	17
802	52	5	853	83	7	904	81	17
803	52	5	854	83	6	905	81	15
804	57	44	855	83	6	906	80	15
805	98	90	856	83	6	907	80	28
806	105	94	857	83	6	908	81	22
807	105	100	858	83	6	909	81	24
808	105	98	859	76	5	910	81	19
809	105	95	860	49	8	911	81	21
810	105	96	861	51	7	912	81	20
811	105	92	862	51	20	913	83	26
812	104	97	863	78	52	914	80	63
813	100	85	864	80	38	915	80	59
814	94	74	865	81	33	916	83	100
815	87	62	866	83	29	917	81	73
816	81	50	867	83	22	918	83	53

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%
919	80	76
920	81	61
921	80	50
922	81	37
923	82	49
924	83	37
925	83	25
926	83	17
927	83	13
928	83	10
929	83	8
930	83	7
931	83	7
932	83	6
933	83	6
934	83	6
935	71	5
936	49	24
937	69	64
938	81	50
939	81	43
940	81	42
941	81	31
942	81	30
943	81	35
944	81	28
945	81	27
946	80	27
947	81	31
948	81	41
949	81	41
950	81	37
951	81	43
952	81	34
953	81	31
954	81	26
955	81	23
956	81	27
957	81	38
958	81	40
959	81	39
960	81	27
961	81	33
962	80	28
963	81	34
964	83	72
965	81	49
966	81	51
967	80	55
968	81	48
969	81	36

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%
970	81	39
971	81	38
972	80	41
973	81	30
974	81	23
975	81	19
976	81	25
977	81	29
978	83	47
979	81	90
980	81	75
981	80	60
982	81	48
983	81	41
984	81	30
985	80	24
986	81	20
987	81	21
988	81	29
989	81	29
990	81	27
991	81	23
992	81	25
993	81	26
994	81	22
995	81	20
996	81	17
997	81	23
998	83	65
999	81	54
1000	81	50
1001	81	41
1002	81	35
1003	81	37
1004	81	29
1005	81	28
1006	81	24
1007	81	19
1008	81	16
1009	80	16
1010	83	23
1011	83	17
1012	83	13
1013	83	27
1014	81	58
1015	81	60
1016	81	46
1017	80	41
1018	80	36
1019	81	26
1020	86	18

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%
1021	82	35
1022	79	53
1023	82	30
1024	83	29
1025	83	32
1026	83	28
1027	76	60
1028	79	51
1029	86	26
1030	82	34
1031	84	25
1032	86	23
1033	85	22
1034	83	26
1035	83	25
1036	83	37
1037	84	14
1038	83	39
1039	76	70
1040	78	81
1041	75	71
1042	86	47
1043	83	35
1044	81	43
1045	81	41
1046	79	46
1047	80	44
1048	84	20
1049	79	31
1050	87	29
1051	82	49
1052	84	21
1053	82	56
1054	81	30
1055	85	21
1056	86	16
1057	79	52
1058	78	60
1059	74	55
1060	78	84
1061	80	54
1062	80	35
1063	82	24
1064	83	43
1065	79	49
1066	83	50
1067	86	12
1068	64	14
1069	24	14
1070	49	21
1071	77	48

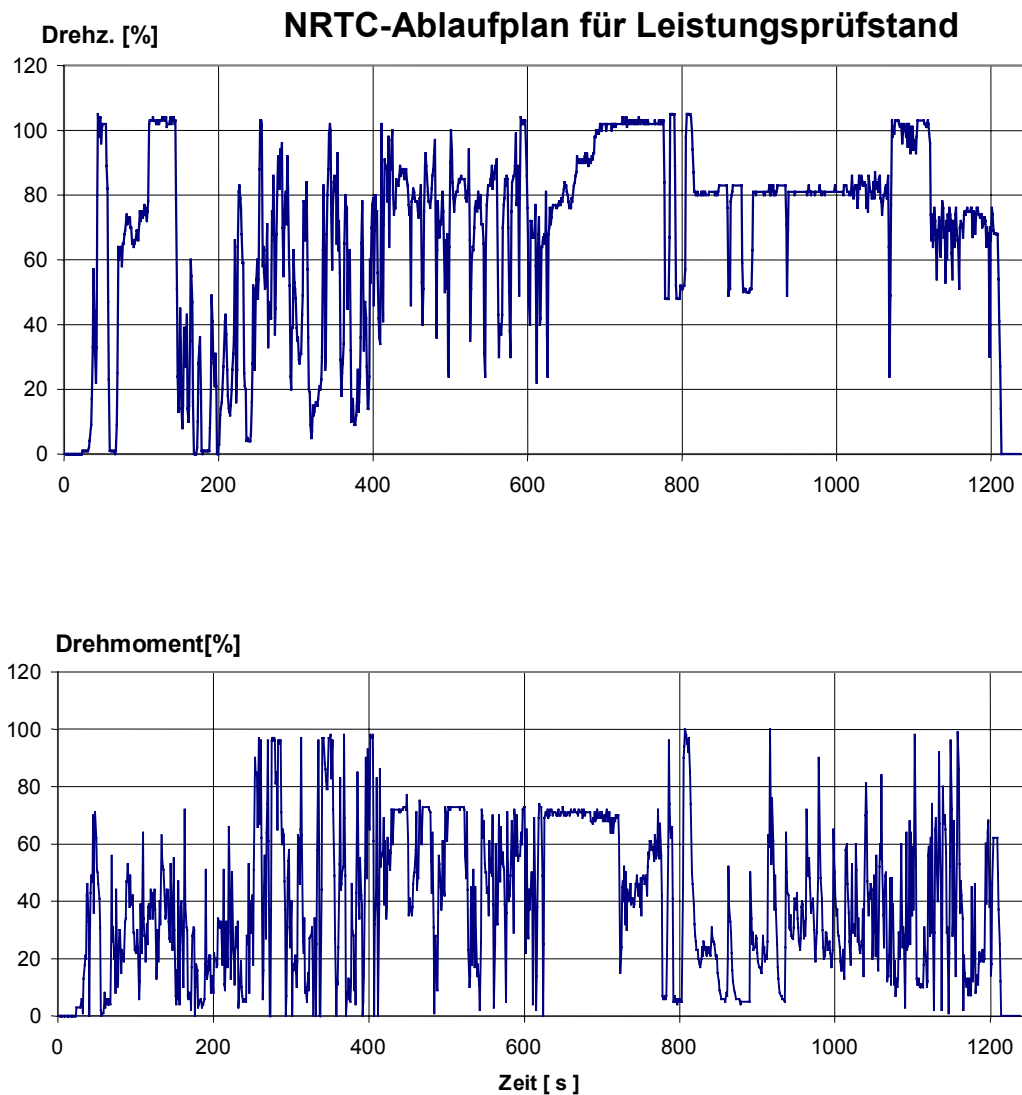
Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.	Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo	s	Drehz.	Drehmo
%	%	%	%	%	%	%	%	%
1072	103	11	1123	66	62	1174	76	8
1073	98	48	1124	74	29	1175	76	7
1074	101	34	1125	64	74	1176	67	45
1075	99	39	1126	69	40	1177	75	13
1076	103	11	1127	76	2	1178	75	12
1077	103	19	1128	72	29	1179	73	21
1078	103	7	1129	66	65	1180	68	46
1079	103	13	1130	54	69	1181	74	8
1080	103	10	1131	69	56	1182	76	11
1081	102	13	1132	69	40	1183	76	14
1082	101	29	1133	73	54	1184	74	11
1083	102	25	1134	63	92	1185	74	18
1084	102	20	1135	61	67	1186	73	22
1085	96	60	1136	72	42	1187	74	20
1086	99	38	1137	78	2	1188	74	19
1087	102	24	1138	76	34	1189	70	22
1088	100	31	1139	67	80	1190	71	23
1089	100	28	1140	70	67	1191	73	19
1090	98	3	1141	53	70	1192	73	19
1091	102	26	1142	72	65	1193	72	20
1092	95	64	1143	60	57	1194	64	60
1093	102	23	1144	74	29	1195	70	39
1094	102	25	1145	69	31	1196	66	56
1095	98	42	1146	76	1	1197	68	64
1096	93	68	1147	74	22	1198	30	68
1097	101	25	1148	72	52	1199	70	38
1098	95	64	1149	62	96	1200	66	47
1099	101	35	1150	54	72	1201	76	14
1100	94	59	1151	72	28	1202	74	18
1101	97	37	1152	72	35	1203	69	46
1102	97	60	1153	64	68	1204	68	62
1103	93	98	1154	74	27	1205	68	62
1104	98	53	1155	76	14	1206	68	62
1105	103	13	1156	69	38	1207	68	62
1106	103	11	1157	66	59	1208	68	62
1107	103	11	1158	64	99	1209	68	62
1108	103	13	1159	51	86	1210	54	50
1109	103	10	1160	70	53	1211	41	37
1110	103	10	1161	72	36	1212	27	25
1111	103	11	1162	71	47	1213	14	12
1112	103	10	1163	70	42	1214	0	0
1113	103	10	1164	67	34	1215	0	0
1114	102	18	1165	74	2	1216	0	0
1115	102	31	1166	75	21	1217	0	0
1116	101	24	1167	74	15	1218	0	0
1117	102	19	1168	75	13	1219	0	0
1118	103	10	1169	76	10	1220	0	0
1119	102	12	1170	75	13	1221	0	0
1120	99	56	1171	75	10	1222	0	0
1121	96	59	1172	75	7	1223	0	0
1122	74	28	1173	75	13	1224	0	0

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehm
	%	%
1225	0	0
1226	0	0
1227	0	0
1228	0	0
1229	0	0
1230	0	0
1231	0	0
1232	0	0
1233	0	0
1234	0	0
1235	0	0
1236	0	0
1237	0	0
1238	0	0

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%

Zeit	Norm.	Norm.
s	Drehz.	Drehmo
	%	%

Nachstehend folgt eine grafische Darstellung des NRTC-Ablaufplans für den Motorleistungsprüfstand:



(i) die folgende Anlage 5 zu Anhang III wird eingefügt:

„Anlage 5

Dauerhaltbarkeitsanforderungen

1. EMISSIONS-DAUERHALTBARKEITSPERIODE (EPD) UND VERSCHLECHTERUNGS-FAKTOREN

Diese Anlage gilt nur für Kompressionszündungsmotoren in Stufe IIIA und Stufe IIIB.

* * * * *

- 1.1. Die Hersteller legen für jeden reglementierten Schadstoff für alle Motorfamilien der Stufen IIIA und IIIB einen Verschlechterungsfaktor fest. Diese Verschlechterungsfaktoren sind für die Typgenehmigung und die Prüfung an der Fertigungsstraße anzuwenden.
- 1.1.1 Prüfungen zur Festlegung der Verschlechterungsfaktoren sind wie folgt durchzuführen:
 - 1.1.1.1 Der Hersteller muss nach einem Prüfplan Dauerhaltbarkeitsprüfungen durchführen. Dieser Prüfplan ist nach bestem technischem Ermessen auszuwählen, damit er in Bezug auf Merkmale der Verschlechterung der Emissionsleistung von Motoren repräsentativ ist. Der Dauerhaltbarkeitsprüfzeitraum sollte in der Regel mindestens einem Viertel der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode entsprechen.

Die Dauerprüfung kann durchgeführt werden, indem der Motor auf einem Prüfstand läuft oder tatsächlich in Betrieb ist. Beschleunigte Dauerhaltbarkeitsprüfungen können durchgeführt werden, wobei das Dauerprüfprogramm bei einem höheren Belastungsgrad durchlaufen wird, als er in der Regel in diesem Bereich vorkommt. Der Beschleunigungsfaktor, der die Anzahl der Motorhaltbarkeitsprüfstunden zur entsprechenden Anzahl der EDP-Stunden ins Verhältnis setzt, wird vom Motorhersteller nach bestem technischem Ermessen festgelegt.

Während des Zeitraums der Dauerhaltbarkeitsprüfung dürfen emissionsempfindliche Bestandteile nur nach dem vom Hersteller empfohlenen regelmäßigen Wartungsplan gewartet oder ausgetauscht werden.

Der Prüfmotor, die Baugruppen oder Bauteile, die zur Bestimmung der Abgasemissions-Verschlechterungsfaktoren für eine Motorenfamilie oder für Motorenfamilien mit vergleichbarer Emissionsminderungstechnologie verwendet werden, sind vom Motorhersteller nach bestem technischem Ermessen auszuwählen. Der Prüfmotor sollte das Emissionsverschlechterungsmerkmal der Motorenfamilien repräsentieren, die die resultierenden Verschlechterungsfaktorwerte bei der Typgenehmigung anwenden. Motoren mit unterschiedlicher Bohrung und unterschiedlichem Hub, unterschiedlicher Konfiguration, unterschiedlichen Luftaufbereitungssystemen und unterschiedlichen Kraftstoffsystemen können in Bezug auf die Emissionsverschlechterungsmerkmale als äquivalent eingestuft werden, sofern es hierfür eine hinreichende technische Grundlage gibt.

Die Werte der Verschlechterungsfaktoren eines anderen Herstellers können angewandt werden, sofern es eine hinreichende Grundlage dafür gibt, in Bezug auf die Verschlechterung bei den Emissionen von technischer Äquivalenz auszugehen, und die Prüfungen nachweislich gemäß den vorgeschriebenen Anforderungen durchgeführt wurden.

Die Emissionsprüfung wird gemäß den Verfahren durchgeführt, die in dieser Richtlinie für eingefahrene Prüfmotoren, die noch nicht in Betrieb waren, und für Prüfmotoren am Ende der Dauerhaltbarkeitsperiode festgelegt sind. Emissionsprüfungen können auch in Abständen während des Dauerprüfungszeitraums durchgeführt und zur Bestimmung der Verschlechterungstendenz angewandt werden.

- 1.1.1.2 Bei den zur Bestimmung der Verschlechterung durchgeführten Dauerprüfungen oder Emissionsprüfungen darf kein Vertreter der Genehmigungsbehörde zugegen sein.

1.1.1.3 Bestimmung der Verschlechterungsfaktorwerte durch Dauerhaltbarkeitsprüfungen

Ein additiver Verschlechterungsfaktor ist definiert als der Wert, der durch Subtraktion des zu Beginn der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode bestimmten Wertes vom am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode bestimmten Wert, der der Emissionsleistung entspricht, ermittelt wird.

Ein multiplikativer Verschlechterungsfaktor ist definiert als der am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode bestimmte Emissionswert geteilt durch den zu Beginn der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode aufgezeichneten Emissionswert.

Für jeden in Rechtsvorschriften erfassten Schadstoff sind gesonderte Werte für den Verschlechterungsfaktor zu erstellen. Wird der Wert des Verschlechterungsfaktors gegenüber dem NO_x+HC-Standard bestimmt, so geschieht dies bei einem additiven Verschlechterungsfaktor basierend auf der Summe der Schadstoffe, unbeschadet der Tatsache, dass eine negative Verschlechterung bei einem Schadstoff die Verschlechterung eines anderen Faktors nicht ausgleichen kann. Bei einem multiplikativen NO_x+HC-Verschlechterungsfaktor sind bei der Berechnung der verschlechterten Emissionswerte anhand des Ergebnisses einer Emissionsprüfung gesonderte Verschlechterungsfaktoren für NO_x und HC festzulegen und anzuwenden, bevor die resultierenden verschlechterten NO_x- und HC-Werte im Hinblick auf die Einhaltung des Standards kombiniert werden.

Wird die Prüfung nicht für die vollständige Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode durchgeführt, so werden die Emissionswerte am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode durch Extrapolation der für den Prüfzeitraum festgestellten Emissionsverschlechterungstendenz auf die vollständige Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode bestimmt.

Wurden Ergebnisse von Emissionsprüfungen während der Dauerhaltbarkeitsprüfung regelmäßig aufgezeichnet, so sind bei der Bestimmung der Emissionswerte am Ende der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode auf vorbildlichen Verfahren basierende Standardtechniken der statistischen Aufbereitung anzuwenden; die statistische Signifikanz kann bei der Bestimmung der endgültigen Emissionswerte geprüft werden.

Ergibt die Berechnung einen Wert unter 1,00 für einen multiplikativem Verschlechterungsfaktor oder unter 0,00 für einen additiven Verschlechterungsfaktor, so gilt der Verschlechterungsfaktor 1,00 bzw. 0,00.

- 1.1.1.4 Ein Hersteller kann mit Genehmigung der Typgenehmigungsbehörde Verschlechterungsfaktorwerte verwenden, die anhand der Ergebnisse Dauerhaltbarkeitsprüfungen bestimmt wurden, die zur Ermittlung von Verschlechterungsfaktorwerten bei Kompressionszündungsmotoren für schwere Nutzfahrzeuge durchgeführt wurden. Dies ist zulässig, wenn der Kfz-Prüfmotor und die Motorenfamilien für mobile Maschinen und Geräte, die die Verschlechterungsfaktorwerte für die Typgenehmigungszwecke anwenden, technisch äquivalent sind. Die aus den Ergebnissen von Emissionsdauerhaltbarkeitsprüfungen von Kfz-Motoren abgeleiteten Verschlechterungsfaktorwerte sind auf der Grundlage

der in Absatz 2 definierten Werte der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperiode zu berechnen.

- 1.1.1.5 Verwendet die Motorenfamilie anerkannte Technologien, so kann nach Genehmigung durch die Typgenehmigungsbehörde anstelle der Prüfung eine auf guter technischer Praxis basierende Analyse herangezogen werden, um einen Verschlechterungsfaktor für diese Motorenfamilie zu bestimmen.

1.2 Angaben zum Verschlechterungsfaktor in Anträgen auf Typgenehmigung

- 1.2.1 Für jeden Schadstoff sind im Typgenehmigungsantrag für eine Motorenfamilie von Kompressionszündungsmotoren ohne Nachbehandlungseinrichtung additive Verschlechterungsfaktoren anzugeben.
- 1.2.2 Für jeden Schadstoff sind im Typgenehmigungsantrag für eine Motorenfamilie von Kompressionszündungsmotoren mit Nachbehandlungseinrichtung multiplikative Verschlechterungsfaktoren anzugeben.
- 1.2.3 Der Hersteller muss der Typgenehmigungsbehörde auf Anfrage Informationen zur Verfügung stellen, die die Verschlechterungsfaktoren belegen. Dazu zählen in der Regel die Ergebnisse von Emissionsprüfungen, der Prüfplan für die Dauerprüfung, die Wartungsverfahren sowie gegebenenfalls unterstützende Angaben zum technischen Ermessen hinsichtlich der technischen Äquivalenz.

2. EMISSIONS-DAUERHALTBARKEITSPERIODEN FÜR MOTOREN DER STUFEN IIIA UND IIIB

- 2.1. **Hersteller müssen die Emissions-Dauerhaltbarkeitsperioden in Tabelle 1 dieses Absatzes verwenden.**

Tabelle 1: Kategorien der Emissions-Dauerhaltbarkeitsperioden für Kompressionszündungsmotoren in Stufe IIIA und Stufe IIIB (Stunden)

Kategorie (Leistungsbereich)	Lebensdauer (Stunden) Emissions-Dauerhaltbarkeitsperioden
≤ 37 kW (Motoren mit konstanter Drehzahl)	3.000
≤ 37 kW (Motoren mit nichtkonstanter Drehzahl)	5.000
> 37 kW	8.000
Motoren zum Antrieb von Binnenschiffen	10.000

4. ANHANG V WIRD WIE FOLGT GEÄNDERT:

- *Die bisherigen Überschriften erhalten folgende Fassung:*

TECHNISCHE DATEN DES BEZUGSKRAFTSTOFFS FÜR DIE PRÜFUNGEN ZUR GENEHMIGUNG UND DIE ÜBERPRÜFUNG DER ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION

BEZUGSKRAFTSTOFF FÜR MOBILE MASCHINEN UND GERÄTE FÜR KOMPRESSIÖNZÜNDUNGSMOTOREN, FÜR DIE EINE TYPGENEHMIGUNG NACH DEN GRENZWERTEN FÜR DIE STUFEN I, II UND IIIA UND FÜR MOTOREN ZUR VERWENDUNG IN BINNENSCHIFFEN ERTEILT WURDE

- *Folgende neue Überschriften und Tabellen werden nach der bisherigen Tabelle zum Bezugskraftstoff für Diesel eingefügt:*

**BEZUGSKRAFTSTOFF FÜR MOBILE MASCHINEN UND GERÄTE FÜR
KOMPRESSIÖNSZÜNDUNGSMOTOREN, FÜR DIE EINE TYPGENEHMIGUNG
NACH DEN GRENZWERTEN FÜR DIE STUFE IIIB ERTEILT WURDE**

Parameter	Einheit	Grenzwerte ⁽¹⁾		Prüfmethode
		Min.	Max.	
Cetanzahl ⁽²⁾			54,0	EN-ISO 5165
Dichte bei 15°C	kg/m ³	833	837	EN-ISO 3675
Siedeverlauf:				
50%-Absatz	°C	245	-	EN-ISO 3405
95%-Absatz	°C	345	350	EN-ISO 3405
- Siedeende	°C	-	370	EN-ISO 3405
Flammpunkt	°C	55	-	EN 22719
Grenzwert der Filtrierbarkeit (CFPPP)	°C	-	-5	EN 116
Viskosität bei 40°C	mm ² /s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	% m/m	3,0	6,0	IP 391
Schwefelgehalt ⁽³⁾	mg/kg	-	10	ASTM D 5453
Kupferlamellenkorrosion		-	class 1	EN-ISO 2160
Conradsonzahl (Verkokungsneigung) bei 10% Rückstand	% m/m	-	0,2	EN-ISO 10370
Aschegehalt	% m/m	-	0,01	EN-ISO 6245

Parameter	Einheit	Grenzwerte ⁽¹⁾		Prüfmethode
		Min.	Max.	
Wassergehalt	% m/m	-	0,02	EN-ISO 12937
Säurezahl (starke Säure)	mg KOH/g	-	0,02	ASTM D 974
Oxidationsbeständigkeit ⁽⁴⁾	mg/ml	-	0,025	EN-ISO 12205
Schmierfähigkeit (Durchmesser der Verschleißfläche nach HFRR bei 60 %)	µm	-	400	CEC F-06-A-96

Parameter	Einheit	Grenzwerte ⁽¹⁾		Prüfmethode
		Min.	Max.	
Fettsäuremethylester	unzulässig			

⁽¹⁾ Bei den Werten der technischen Daten handelt es sich um „tatsächliche Werte“. Bei der Festlegung ihrer Grenzwerte kamen die Bestimmungen von ISO 4259 „Mineralölerzeugnisse - Bestimmung und Anwendung der Werte für die Präzision von Prüfverfahren“ zur Anwendung, und bei der Festlegung eines Mindestwertes wurde eine Minstdifferenz von 2R über Null berücksichtigt; bei der Festlegung eines Höchst- und eines Mindestwerts beträgt die Minstdifferenz 4R (R = Reproduzierbarkeit).

Unabhängig von dieser aus technischen Gründen getroffenen Festlegung sollte der Hersteller der Kraftstoffe dennoch anstreben, dort, wo ein Höchstwert von 2R vereinbart ist, einen Nullwert zu erreichen, und dort, wo Ober- und Untergrenzen festgelegt sind, den Mittelwert zu erreichen. Falls Zweifel bestehen, ob ein Kraftstoff die vorgeschriebenen Anforderungen erfüllt, gelten die Bestimmungen von ISO 4259.

⁽²⁾ Der Cetanzahlbereich entspricht nicht der vorgeschriebenen Mindestspanne von 4R. Bei Streitigkeiten zwischen dem Kraftstofflieferanten und dem Verwender können jedoch die Bestimmungen der ISO 4259 zur Regelung solcher Streitigkeiten herangezogen werden, sofern anstelle von Einzelmessungen Wiederholungsmessungen in einer zur Gewährleistung der notwendigen Genauigkeit ausreichenden Anzahl vorgenommen werden.

⁽³⁾ Der tatsächliche Schwefelgehalt des für die Prüfung Typ I verwendeten Kraftstoffs ist mitzuteilen.

⁽⁴⁾ Auch bei überprüfter Oxidationsbeständigkeit ist die Lagerbeständigkeit wahrscheinlich begrenzt. Es wird empfohlen, sich auf Herstellerempfehlungen hinsichtlich Lagerbedingungen und -beständigkeit zu stützen.

5. ANLAGE 1 ZU ANHANG VII ERHÄLT FOLGENDEN WORTLAUT:

„Anlage 1

PRÜFERGEBNISSE FÜR KOMPRESSIIONSZÜNDUNGSMOTOREN

PRÜFERGEBNISSE

1. INFORMATION ZUR DURCHFÜHRUNG DER NRSC-PRÜFUNG¹:

1.1. Für die Prüfung verwendeter Bezugskraftstoff

1.1.1. Cetanzahl:

1.1.2. Schwefelgehalt:

1.1.3. Dichte:

1.2. Schmiermittel

1.2.1. Fabrikmarke (n):

1.2.2. Typ(en):

(Prozentualen Anteil des Öls am Gemisch angeben, wenn Schmiermittel und Kraftstoff gemischt sind)

1.3. Vom Motor angetriebene Einrichtungen (falls vorhanden)

1.3.1. Aufzählung und Einzelheiten:

1.3.2. Aufgenommene Leistung bei angegebenen Motorendrehzahlen (nach Angaben des Herstellers):

Bei verschiedenen Motordrehzahlen aufgenommene Leistung P_{AE} (kW) ⁽¹⁾ unter Berücksichtigung von Anlage 3 dieses Anhangs		
Einrichtung	Zwischendrehzahl (wenn zutreffend)	Nenndrehzahl
Summe:		

⁽¹⁾ Darf 10 % der während der Prüfung gemessenen Leistung nicht überschreiten."

¹ Bei mehreren Stammmotoren für jeden einzeln anzugeben

1.4. Motorleistung

1.4.1. Motordrehzahlen:

Leerlauf:rpm

Zwischendrehzahl:rpm

Nennndrehzahl:.....rpm

1.4.2. Motorleistung¹

	Leistung (kW) bei verschiedenen Motordrehzahlen	
Bedingung	Zwischendrehzahl (wenn zutreffend)	Nennndrehzahl
Bei der Prüfung gemessene Höchstleistung (P_M) (kW) (a)		
Gesamte Leistungsaufnahme der motorgetriebenen Einrichtungen gemäß Abschnitt 1.3.2 oder Anhang III Abschnitt 3.1 (P_{AE}) (kW) (b)		
Nettoleistung des Motors gemäß Anhang I Abschnitt 2.4 (kW) (c)		
$c = a + b$		

1.5. Emissionswerte

1.5.1. Dynamometereinstellung (kW)

	Dynamometereinstellung (kW) bei verschiedenen Motordrehzahlen	
Teillast	Zwischendrehzahl (wenn zutreffend)	Nennndrehzahl
10 (wenn zutreffend)		
25 (wenn zutreffend)		
50		
75		
100		

¹ Nichtkorrigierte Leistung, gemessen gemäß den Bestimmungen von Anhang I, Abschnitt 2.4.

1.5.2. Ergebnisse der Emissionsprüfung nach der NRSC-Prüfung:

CO:.....g/kWh

HC:.....g/kWh

NOx:.....g/kWh

NMHC+NOx:g/kWh

Partikel:.....g/kWh

1.5.3. Für die NRSC-Prüfung verwendetes Probenahmesystem:

1.5.3.1. Gasförmige Emissionen¹:.....

1.5.3.2. Partikel¹:.....

1.5.3.2.1. Methode²: Einfach/Mehrfachfilter

2. INFORMATION ZUR DURCHFÜHRUNG DER NRTC-PRÜFUNG³:

2.1. Ergebnisse der Emissionsprüfung bei der NRTC-Prüfung:

CO:g/kWh

NMHC:g/kWh

NOx:g/kWh

Partikel:.....g/kWh

NMHC+NOx:g/kWh

2.2. Für die NRTC-Prüfung verwendetes Probenahmesystem:

Gasförmige Emissionen⁽¹⁾:.....

Partikel⁽¹⁾:.....

Methode⁽²⁾: Einfach/Mehrfachfilter

6. ANHANG XII WIRD WIE FOLGT GEÄNDERT:

- ein neuer Absatz 3 mit folgendem Wortlaut wird eingefügt:

3. Für Motoren der Klassen H, I und J (Stufe IIIA) und Motoren der Klassen K, L und M (Stufe IIIB) gemäß Artikel 9 Absatz 3 werden folgende

¹ Nummern der Abbildungen in Anhang VI, Abschnitt 1 angeben
² gegebenenfalls streichen
³ Bei mehreren Stammmotoren für jeden einzeln anzugeben

Typgenehmigungen und gegebenenfalls die entsprechenden Genehmigungszeichen als einer Genehmigung gemäß dieser Richtlinie gleichwertig anerkannt:

- 3.1 Typgenehmigungen, die gemäß der Richtlinie 88/77/EWG in der geänderten Fassung der Richtlinie 99/96/EG erteilt wurden, und den Anforderungen der Stufen B1, B2 oder C gemäß Artikel 2 und Abschnitt 6.2.1 des Anhangs I genügen
- 3.2 ECE/UNO Regelung Nr. 49 Änderungsserie 03, die den Anforderungen der Stufen B1, B2 oder C gemäß Artikel 5 Absatz 2 genügen.

ANHANG II

„Anhang VI

ANALYSE- UND PROBENAHMESYSTEM

1. SYSTEME ZUR PROBEENTNAHME VON GASFÖRMIGEN UND PARTIKELEMISSIONEN

Nummer der Abbildung	Beschreibung
2	Abgasanalysesystem für Rohabgas
3	Abgasanalysesystem für verdünntes Abgas
4	Teilstrom, isokinetischer Durchfluß, Ansauggebläseregelung, Teilprobenahme
5	Teilstrom, isokinetischer Durchfluß, Druckgebläseregelung, Teilprobenahme
6	Teilstrom, CO ₂ - oder NO _x -Regelung, Teilprobenahme
7	Teilstrom, CO ₂ - und Kohlenstoffbilanz, Gesamtprobenahme
8	Teilstrom, Einfach-Venturirohr und Konzentrationsmessung, Teilprobenahme
9	Teilstrom, Doppel-Venturirohr oder -Blende und Konzentrationsmessung, Teilprobenahme
10	Teilstrom, Mehrfachröhrenteilung und Konzentrationsmessung, Teilprobenahme
11	Teilstrom, Durchsatzregelung, Gesamtprobenahme
12	Teilstrom, Durchsatzregelung, Teilprobenahme
13	Vollstrom, Verdrängerpumpe oder Venturi-Rohr mit kritischer Strömung, Teilprobenahme
14	Partikel-Probenahmesystem
15	Verdünnungsanlage für Vollstromsystem

1.1. Bestimmung der gasförmigen Emissionen

Ausführliche Beschreibungen der empfohlenen Probenahme- und Analysesysteme sind in Abschnitt 1.1.1 sowie in den Abbildungen 2 und 3 enthalten. Da mit verschiedenen Anordnungen gleichwertige Ergebnisse erzielt werden können, ist eine genaue

Übereinstimmung mit diesen Abbildungen nicht erforderlich. Es können zusätzliche Bauteile wie Instrumente, Ventile, Elektromagnete, Pumpen und Schalter verwendet werden, um weitere Informationen zu erlangen und die Funktionen der Teilsysteme zu koordinieren. Bei einigen Systemen kann auf manche Bauteile, die für die Aufrechterhaltung der Genauigkeit nicht erforderlich sind, verzichtet werden, wenn ihr Wegfall nach bestem technischen Ermessen begründet erscheint.

1.1.1. Bestandteile gasförmiger Emissionen - CO, CO₂, HC, NO_x

Es wird ein Analysesystem für die Bestimmung der gasförmigen Emissionen im Rohabgas oder verdünnten Abgas beschrieben, das auf der Verwendung

- eines HFID-Analysators für die Messung der Kohlenwasserstoffe,
- von NDIR-Analysatoren für die Messung von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid,
- eines HCLD- oder gleichwertigen Analysators für die Messung der Stickoxide beruht.

Beim Rohabgas (siehe Abbildung 2) kann die Probe zur Bestimmung sämtlicher Bestandteile mit einer Probenahmesonde oder zwei nahe beieinander befindlichen Probenahmesonden entnommen werden und intern nach den verschiedenen Analysatoren aufgespalten werden. Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass sich an keiner Stelle des Analysesystems Kondensate von Abgasbestandteilen (einschließlich Wasser und Schwefelsäure) bilden.

Beim verdünnten Abgas (siehe Abbildung 3) ist die Probe zur Bestimmung der Kohlenwasserstoffe mit einer anderen Probenahmesonde zu entnehmen als die Probe zur Bestimmung der anderen Bestandteile. Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass sich an keiner Stelle des Analysesystems Kondensate von Abgasbestandteilen (einschließlich Wasser und Schwefelsäure) bilden.

Abbildung 2

Flussdiagramm für ein Abgasanalyssystem für CO, NO_x und HC

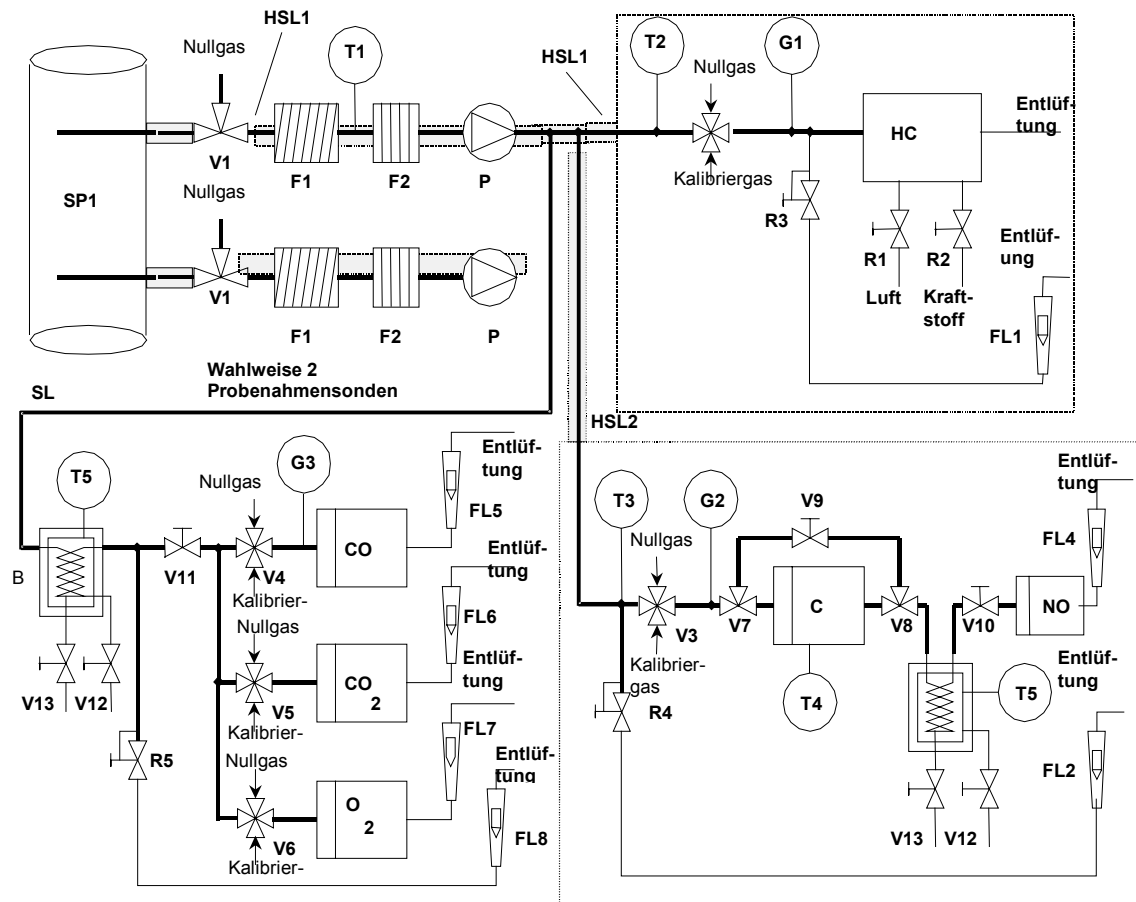
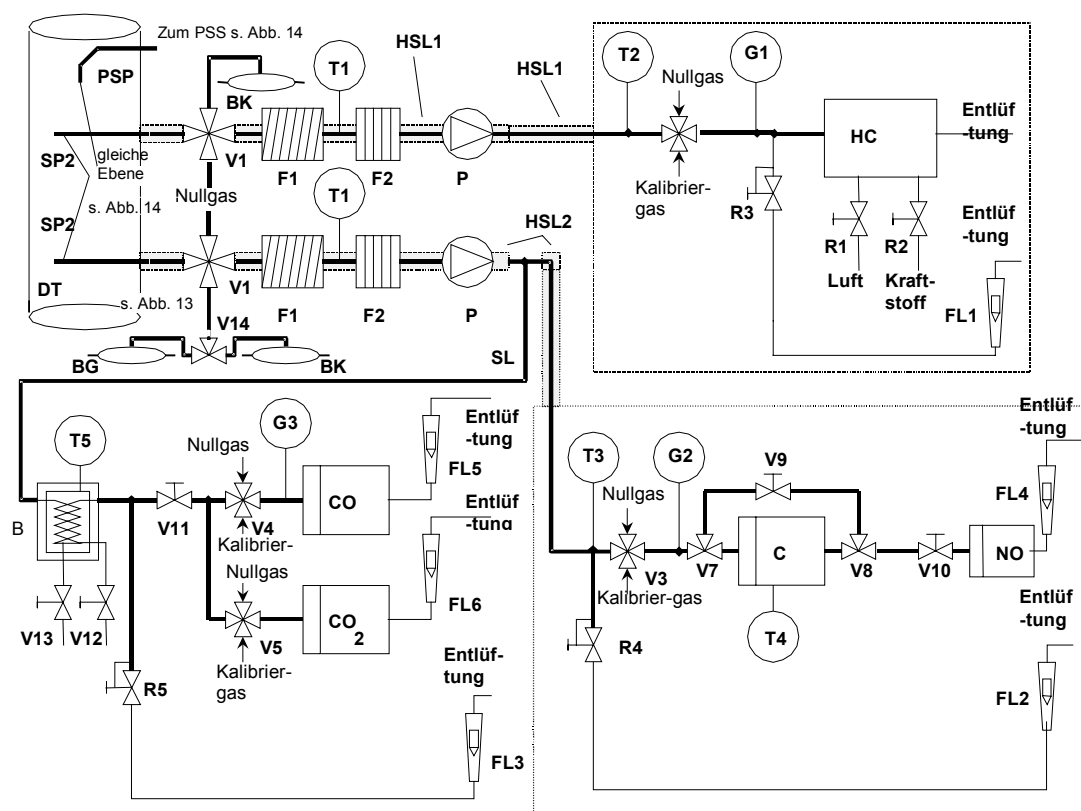


Abbildung 3

Flussdiagramm für ein Abgasanalysessystem für CO, CO₂, NO_x und HC



Beschreibung - Abbildungen 2 und 3

Allgemeiner Hinweis:

Alle Bauteile, mit denen die Gasprobe in Berührung kommt, müssen auf der für das jeweilige System vorgeschriebenen Temperatur gehalten werden.

- SP1: Sonde zur Entnahme von Proben aus dem unverdünnten Abgas (nur Abbildung 2)

Empfohlen wird eine Sonde aus rostfreiem Stahl mit geschlossenem Ende und mehreren Löchern. Der Innendurchmesser darf nicht größer sein als der Innendurchmesser der Probenahmeleitung. Die Wanddicke der Sonde darf nicht größer als 1 mm sein. Erforderlich sind mindestens drei Löcher auf drei verschiedenen radialen Ebenen und von einer solchen Größe, dass sie ungefähr den gleichen Durchfluss entnehmen. Die Sonde muss sich über mindestens 80 % des Auspuffrohr-Querschnitts erstrecken.

- SP2: Sonde zur Entnahme von HC-Proben aus dem verdünnten Abgas (nur Abbildung 3)

Die Sonde muss

- die ersten 254 mm bis 762 mm der Kohlenwasserstoff-Probenahmeleitung bilden (HSL3),

- einen Innendurchmesser von mindestens 5 mm haben,
 - im Verdünnungstunnel DT (Abschnitt 1.2.1.2) an einer Stelle angebracht sein, wo Verdünnungsluft und Abgase gut vermischt sind (d. h. etwa 10 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt gelegen, an dem die Abgase in den Verdünnungstunnel eintreten),
 - in ausreichender Entfernung (radial) von anderen Sonden und von der Tunnelwand angebracht werden, um eine Beeinflussung durch Wellen oder Wirbel zu vermeiden,
 - so beheizt werden, dass die Temperatur des Gasstroms am Sondenauslass auf $463\text{ K } (190\text{ °C}) \pm 10\text{ K}$ erhöht wird.
- SP3: Sonde zur Entnahme von CO-, CO₂- und NO_x-Proben aus dem verdünnten Abgas (nur Abbildung 3)

Die Sonde muss

- sich auf derselben Ebene wie SP2 befinden,
 - in ausreichender Entfernung (radial) von anderen Sonden und von der Tunnelwand angebracht werden, um eine Beeinflussung durch Wellen oder Wirbel zu vermeiden,
 - über ihre gesamte Länge beheizt und so isoliert sein, dass die Mindesttemperatur $328\text{ K } (55\text{ °C})$ beträgt, um eine Kondenswasserbildung zu vermeiden.
- HSL1: beheizte Probenahmeleitung

Die Probenahmeleitung dient der Entnahme von Gasproben von einer einzelnen Sonde bis hin zu dem (den) Aufteilungspunkt(en) und dem HC-Analysator.

Die Probenahmeleitung muss

- einen Innendurchmesser von mindestens 5 mm und höchstens 13,5 mm haben,
 - aus rostfreiem Stahl oder PTFE bestehen,
 - auf einer Wandtemperatur von $463\text{ K } (190\text{ °C}) \pm 10\text{ K}$, gemessen an jedem getrennt geregelten beheizten Abschnitt, gehalten werden, wenn die Abgastemperatur an der Probenahmesonde bis einschließlich $463\text{ K } (190\text{ °C})$ beträgt,
 - auf einer Wandtemperatur von über $453\text{ K } (180\text{ °C})$ gehalten werden, wenn die Abgastemperatur an der Probenahmesonde mehr als $463\text{ K } (190\text{ °C})$ beträgt,
 - unmittelbar vor dem beheizten Filter (F2) auf dem HFID ständig eine Gastemperatur von $463\text{ K } (190\text{ °C}) \pm 10\text{ K}$ aufweisen.
- HSL2: beheizte NO_x-Probenahmeleitung

Die Probenahmeleitung muss

- bei Verwendung eines Kühlers bis hin zum Konverter und bei Nichtverwendung eines Kühlers bis hin zum Analysator auf einer Wandtemperatur von 328 bis 473 K (55 bis 200 °C) gehalten werden,
- aus rostfreiem Stahl oder Polytetrafluorethylen (PTFE) bestehen.

Da die Probenahmeleitung nur zur Verhinderung der Kondensation von Wasser und Schwefelsäure beheizt werden muss, hängt ihre Temperatur vom Schwefelgehalt des Kraftstoffs ab.

- SL: Probenahmeleitung für CO (CO₂)

Die Leitung muss aus PTFE oder rostfreiem Stahl bestehen. Sie kann beheizt oder unbeheizt sein.

- BK Hintergrundbeutel (wahlweise; nur Abbildung 3)

Zur Messung der Hintergrundkonzentrationen.

- BG Probenahmebeutel (wahlweise; Abbildung 3 nur CO und CO₂)

Zur Messung der Probenkonzentrationen.

- F1: Beheiztes Vorfilter (wahlfrei)

Es muss die gleiche Temperatur aufweisen wie HSL1.

- F2: Beheiztes Filter

Dieses Filter muss alle Feststoffteilchen aus der Gasprobe entfernen, bevor diese in den Analysator gelangt. Es muss die gleiche Temperatur aufweisen wie HSL1. Das Filter ist bei Bedarf zu wechseln.

- P: Beheizte Probenahmepumpe

Die Pumpe ist auf die Temperatur von HSL1 aufzuheizen.

- HC

Beheizter Flammenionisationsdetektor (HFID) zur Bestimmung der Kohlenwasserstoffe. Die Temperatur ist auf 453 bis 473 K (180 bis 200 °C) zu halten.

- CO, CO₂

NDIR-Analysatoren zur Bestimmung von Kohlenmonoxid und Kohlendioxid.

- NO₂

(H)CLD-Analysator zur Bestimmung der Stickoxide. Wird ein HCLD verwendet, so ist er auf einer Temperatur von 328 bis 473 K (55 bis 200 °C) zu halten.

- C: Konverter

Für die katalytische Reduktion von NO₂ zu NO vor der Analyse im CLD oder HCLD ist ein Konverter zu verwenden.

- B: Kühler

Zum Kühlen und Kondensieren von Wasser aus der Abgasprobe. Der Kühler ist durch Eis oder ein Kühlsystem auf einer Temperatur von 273 bis 277 K (0 °C bis 4 °C) zu halten. Der Kühler ist wahlfrei, wenn der Analysator keine Beeinträchtigung durch Wasserdampf - bestimmt nach Anhang III Anlage 2 Abschnitte 1.9.1 und 1.9.2 - aufweist.

Die Verwendung chemischer Trockner zur Entfernung von Wasser aus der Probe ist nicht zulässig.

- T1, T2, T3: Temperatursensor

Zur Überwachung der Temperatur des Gasstromes.

- T4: Temperatursensor

Temperatur des NO₂-NO-Konverters.

- T5: Temperatursensor

Zur Überwachung der Temperatur des Kühlers.

- G1, G2, G3: Druckmesser

Zur Messung des Drucks in den Probenahmeleitungen.

- R1, R2: Druckregler

Zur Regelung des Luft- bzw. Kraftstoffdrucks für den HFID.

- R3, R4, R5: Druckregler

Zur Regelung des Drucks in den Probenahmeleitungen und des Durchflusses zu den Analysatoren.

- FL1, FL2, FL3: Durchflussmesser

Zur Überwachung des Bypass-Durchflusses der Probe.

- FL4 bis FL7: Durchflussmesser (wahlfrei)

Zur Überwachung des Durchflusses durch die Analysatoren.

- V1 bis V6: Umschaltventil

Geeignete Ventile zum wahlweisen Einleiten der Probe, von Kalibriergas oder zum Schließen der Zufuhrleitung in den Analysator.

- V7, V8: Magnetventil
Zur Umgehung des NO₂-NO-Konverters.
- V9: Nadelventil
Zum Ausgleichen des Durchflusses durch den NO₂-NO-Konverter und den Bypass.
- V10, V11: Nadelventil
Zum Regulieren des Durchflusses zu den Analysatoren.
- V12, V13: Ablasshahn
Zum Ablassen des Kondensats aus dem Kühler B.
- V14: Umschaltventil
Zur Auswahl von Probe- oder Hintergrundbeutel.

1.2. Bestimmung der Partikel

Die Abschnitte 1.2.1 und 1.2.2 und die Abbildungen 4 bis 15 vermitteln ausführliche Beschreibungen der empfohlenen Verdünnungs- und Probenahmesysteme. Da mit verschiedenen Anordnungen gleichwertige Ergebnisse erzielt werden können, ist eine genaue Übereinstimmung mit diesen Abbildungen nicht erforderlich. Es können zusätzliche Bauteile wie Instrumente, Ventile, Elektromagnete, Pumpen und Schalter verwendet werden, um weitere Informationen zu erlangen und die Funktionen der Teilsysteme zu koordinieren. Bei einigen Systemen kann auf manche Bauteile, die für die Aufrechterhaltung der Genauigkeit nicht erforderlich sind, verzichtet werden, wenn ihr Wegfall nach bestem technischen Ermessen begründet erscheint.

1.2.1. Verdünnungssystem

1.2.1.1. Teilstrom-Verdünnungssystem (Abbildungen 4 bis 12)¹

Es wird ein Verdünnungssystem beschrieben, das auf der Verdünnung eines Teils der Auspuffabgase beruht. Die Teilung des Abgasstroms und der nachfolgende Verdünnungsprozess können mit verschiedenen Typen von Verdünnungssystemen vorgenommen werden. Zur anschließenden Abscheidung der Partikel kann entweder das gesamte verdünnte Abgas oder nur ein Teil des verdünnten Abgases durch das Partikel-Probenahmesystem geleitet werden (Abschnitt 1.2.2, Abbildung 14). Die erste Methode wird als *Gesamtprobenahme*, die zweite als *Teilprobenahme* bezeichnet.

Die Errechnung des Verdünnungsverhältnisses hängt vom Typ des angewandten Systems ab.

¹ Die Abbildungen 4 bis 12 zeigen viele Arten von Teilstrom-Verdünnungssystemen, die normalerweise für die Prüfung unter stationären Bedingungen (NRSC) angewandt werden können. Wegen der sehr strengen Beschränkungen der Prüfung unter instationären Bedingungen werden nur die Teilstrom-Verdünnungssysteme (Abbildungen 4 bis 12), die die Anforderungen in Abschnitt "Spezifikationen für Teilstrom-Verdünnungssysteme" in Anhang III, Anlage 1, Absatz 2.4, erfüllen, für die Prüfung unter instationären Bedingungen (NRTC) akzeptiert.

Empfohlen werden folgende Typen:

- *Isokinetische Systeme* (Abbildungen 4 und 5)

Bei diesen Systemen entspricht der in das Übertragungsrohr eingeleitete Strom von der Gasgeschwindigkeit und/oder vom Druck her dem Hauptabgasstrom, so dass ein ungehinderter und gleichmäßiger Abgasstrom an der Probenahmesonde erforderlich ist. Dies wird in der Regel durch Verwendung eines Resonators und eines geraden Rohrs stromaufwärts von der Probenahmestelle erreicht. Das Teilungsverhältnis wird anschließend anhand leicht messbarer Werte, wie z. B. Rohrdurchmesser, berechnet. Es ist zu beachten, dass die Isokinetik lediglich zur Angleichung der Durchflussbedingungen und nicht zur Angleichung der Größenverteilung verwendet wird. Letzteres ist in der Regel nicht erforderlich, da die Partikel so klein sind, dass sie den Stromlinien des Abgases folgen.

- *Systeme mit Durchflussregelung und Konzentrationsmessung* (Abbildungen 6 bis 10)

Bei diesen Systemen wird die Probe dem Hauptabgasstrom durch Einstellung des Verdünnungsluftdurchflusses und des Gesamtdurchflusses des verdünnten Abgases entnommen. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand der Konzentrationen von Tracergasen wie CO₂ oder NO_x bestimmt, die bereits in den Motorabgasen enthalten sind. Die Konzentrationen im verdünnten Abgas und in der Verdünnungsluft werden gemessen, und die Konzentration im Rohabgas kann entweder direkt gemessen oder bei bekannter Kraftstoffzusammensetzung anhand des Kraftstoffdurchsatzes und der Kohlenstoffbilanz-Gleichung ermittelt werden. Die Systeme können auf der Grundlage des berechneten Verdünnungsverhältnisses (Abbildungen 6 und 7) oder auf der Grundlage des Durchflusses in das Übertragungsrohr (Abbildungen 8, 9 und 10) geregelt werden.

- *Systeme mit Durchflussregelung und Durchflussmessung* (Abbildungen 11 und 12)

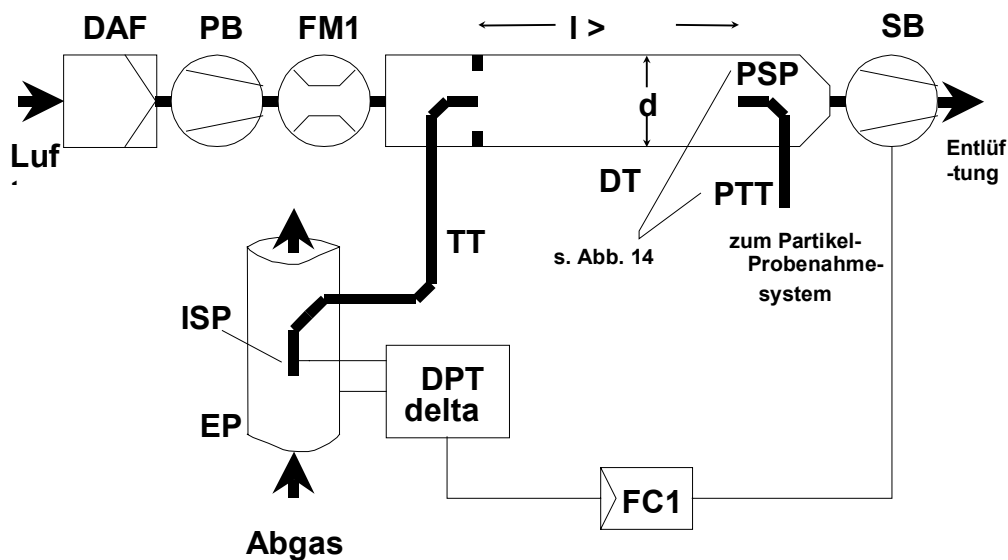
Bei diesen Systemen wird die Probe dem Hauptabgasstrom durch Einstellung des Verdünnungsluftdurchflusses und des Gesamtdurchflusses des verdünnten Abgases entnommen. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand der Differenz der beiden Durchsätze bestimmt. Die Durchflussmesser müssen aufeinander bezogen präzise kalibriert sein, da die relative Größe der beiden Durchsätze bei größeren Verdünnungsverhältnissen zu bedeutenden Fehlern führen kann (Abbildung 9 und oben). Die Durchflussregelung erfolgt sehr direkt, indem der Durchsatz des verdünnten Abgases konstant gehalten und der Verdünnungsluftdurchsatz bei Bedarf geändert wird.

Damit die Vorteile von Teilstrom-Verdünnungssystemen voll zum Tragen kommen, ist besondere Aufmerksamkeit auf die Vermeidung von Partikelverlusten im Übertragungsrohr, auf die Gewährleistung der Entnahme einer repräsentativen Probe aus dem Motorabgas und auf die Bestimmung des Teilungsverhältnisses zu richten.

Bei den beschriebenen Systemen werden diese kritischen Punkte berücksichtigt.

Abbildung 4

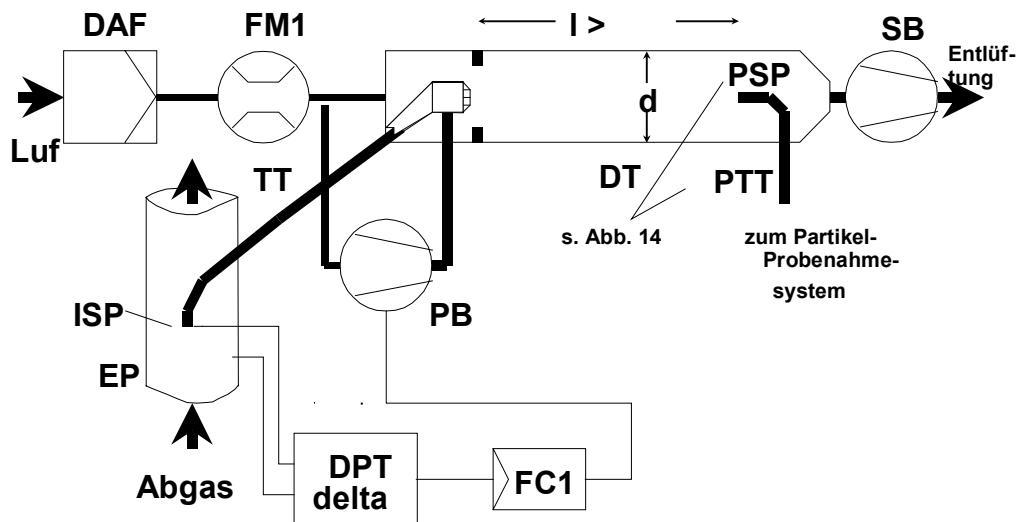
**Teilstrom-Verdünnungssystem mit isokinetischer Sonde und Teilprobenahme
(SB-Regelung)**



Unverdünntes Abgas wird mit Hilfe der isokinetischen Probenahmesonde ISP aus dem Auspuffrohr EP durch das Übertragungsrohr TT zum Verdünnungstunnel DT geleitet. Der Differenzdruck des Abgases zwischen Auspuffrohr und Sondeneinlass wird mit dem Differenzdruckaufnehmer DPT gemessen. Dieses Signal wird an den Durchflussregler FC1 übermittelt, der das Ansauggebläse SB so regelt, dass am Eintritt der Sonde ein Differenzdruck von Null aufrechterhalten wird. Unter diesen Bedingungen stimmen die Abgasgeschwindigkeiten in EP und ISP überein, und der Durchfluss durch ISP und TT ist ein konstanter Bruchteil des Abgasstroms. Das Teilungsverhältnis wird anhand der Querschnittsflächen von EP und ISP bestimmt. Der Verdünnungsluftdurchsatz wird mit dem Durchflussmessgerät FM1 gemessen. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand des Verdünnungsluftdurchsatzes und des Teilungsverhältnisses berechnet.

Abbildung 5

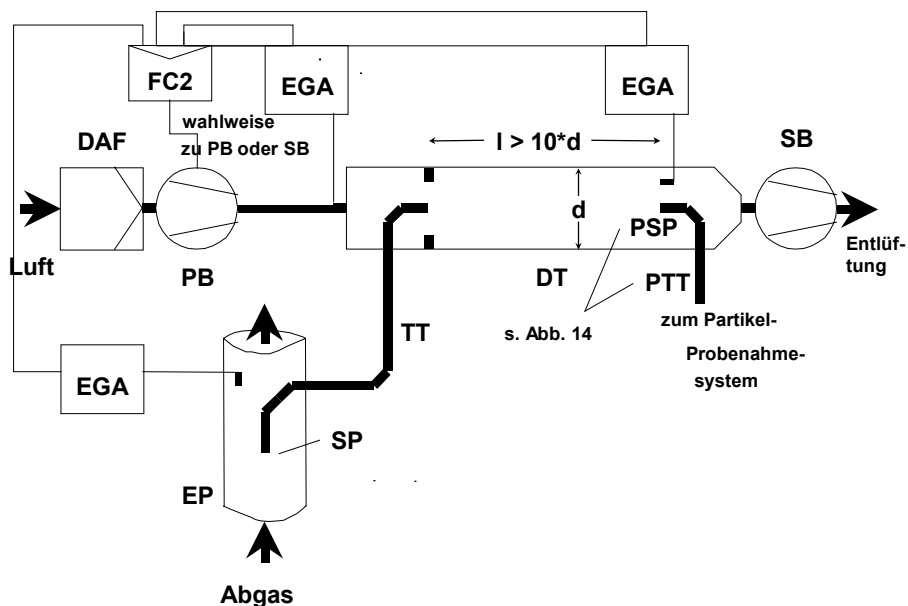
Teilstrom-Verdünnungssystem mit isokinetischer Sonde und Teilprobenahme (PB-Regelung)



Unverdünntes Abgas wird mit Hilfe der isokinetischen Probenahmesonde ISP aus dem Auspuffrohr EP durch das Übertragungsrohr TT zum Verdünnungstunnel DT geleitet. Der Differenzdruck des Abgases zwischen Auspuffrohr und Sondeneinlass wird mit dem Differenzdruckaufnehmer DPT gemessen. Dieses Signal wird an den Durchflussregler FC1 übermittelt, der das Ansauggebläse SB so regelt, dass am Eintritt der Sonde ein Differenzdruck von Null aufrechterhalten wird. Dazu wird ein kleiner Teil der Verdünnungsluft, deren Durchsatz bereits mit dem Durchflussmessgerät FM1 gemessen wurde, entnommen und mit Hilfe einer pneumatischen Blende in das TT eingeleitet. Unter diesen Bedingungen stimmen die Abgasgeschwindigkeiten in EP und ISP überein, und der Durchfluss durch ISP und TT ist ein konstanter Bruchteil des Abgasstroms. Das Teilungsverhältnis wird anhand der Querschnittsflächen von EP und ISP bestimmt. Die Verdünnungsluft wird vom Ansauggebläse SB durch den DT gesogen und der Durchsatz mittels FM1 am Einlass zum DT gemessen. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand des Verdünnungsluftdurchsatzes und des Teilungsverhältnisses berechnet.

Abbildung 6

Teilstrom-Verdünnungssystem mit CO₂- oder Nox-Konzentrationsmessung und Teilprobenahme



Unverdünntes Abgas wird aus dem Auspuffrohr EP durch die Probenahmesonde SP und das Übertragungsrohr TT in den Verdünnungstunnel DT geleitet. Die Konzentrationen eines Tracergases (CO₂ oder NO_x) werden mit dem (den) Abgasanalysator(en) EGA im unverdünnten und verdünnten Abgas sowie in der Verdünnungsluft gemessen. Diese Signale werden an den Durchflussregler FC2 übermittelt, der entweder das Druckgebläse PB oder das Ansauggebläse SB so regelt, dass im DT das gewünschte Teilungs- und Verdünnungsverhältnis des Abgases aufrechterhalten wird. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand der Konzentrationen des Tracergases im unverdünnten Abgas, im verdünnten Abgas und in der Verdünnungsluft berechnet.

Teilstrom-Verdünnungssystem mit CO₂-Konzentrationsmessung, Kohlenstoffbilanz und Gesamtprobenahme

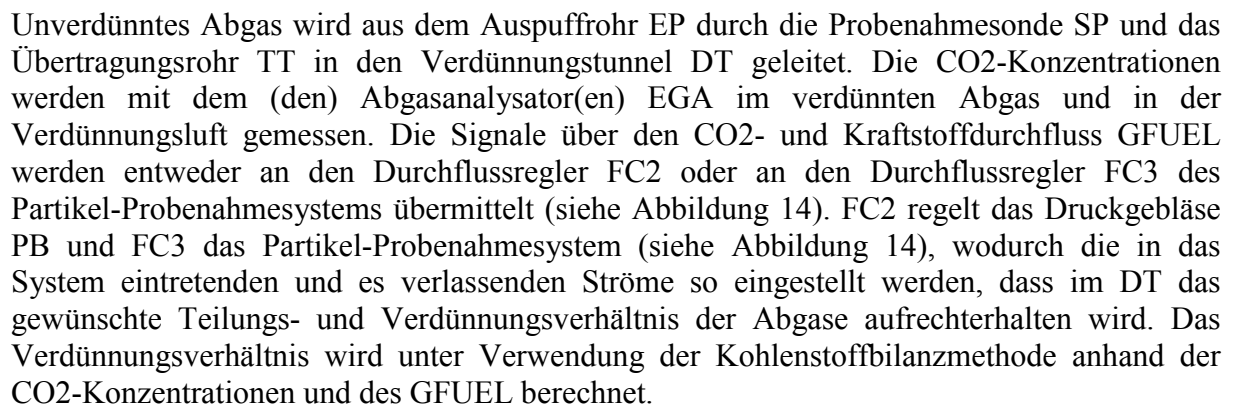
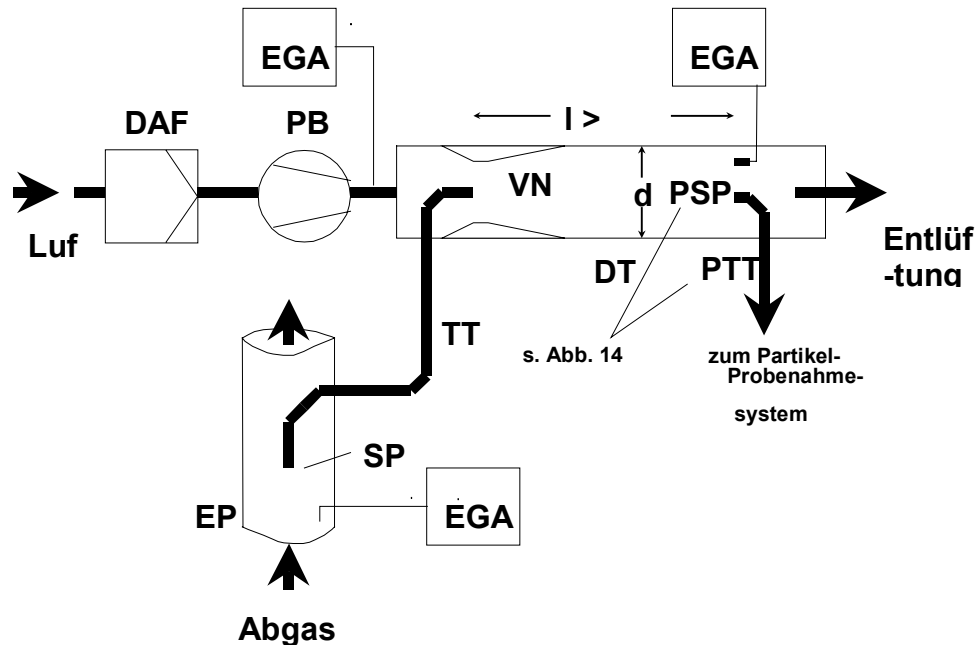


Abbildung 8

**Teilstrom-Verdünnungssystem mit Einfach-Venturi-Rohr,
Konzentrationsmessung und Teilprobenahme**



Unverdünntes Abgas wird aufgrund des Unterdrucks, den das Venturi-Rohr VN im DT erzeugt, aus dem Auspuffrohr EP durch die Probenahmesonde SP und das Übertragungsrohr TT zum Verdünnungstunnel DT geleitet. Der Gasdurchsatz durch das TT hängt vom Impulsaustausch im Venturibereich ab und wird somit von der absoluten Temperatur des Gases am Ausgang des TT beeinflusst. Folglich ist die Abgasteilung bei einem bestimmten Tunneldurchsatz nicht konstant, und das Verdünnungsverhältnis ist bei geringer Last etwas kleiner als bei hoher Last. Die Konzentrationen des Tracergases (CO_2 oder NO_x) werden mit dem (den) Abgasanalysator(en) EGA im unverdünnten Abgas, im verdünnten Abgas und in der Verdünnungsluft gemessen, und das Verdünnungsverhältnis wird anhand der gemessenen Werte errechnet.

Abbildung 9

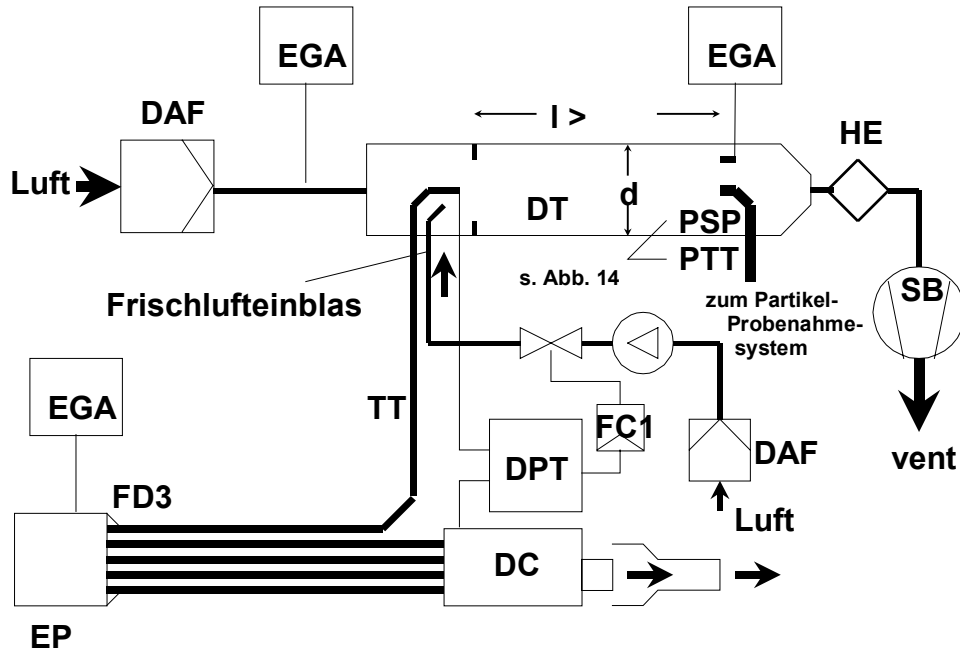
Teilstrom-Verdünnungssystem, Doppel-Venturi-Rohr oder -Blende, Konzentrationsmessung und Teilprobenahme

S

Unverdünntes Abgas wird aus dem Auspuffrohr EP durch die Probenahmesonde SP und das Übertragungsrohr TT zum Verdünnungstunnel DT geleitet, und zwar mittels eines Mengenteilers, der ein Paar Blenden oder Venturi-Rohre enthält. Der erste Mengenteiler (FD1) befindet sich im EP, der zweite (FD2) im TT. Zusätzlich sind zwei Druckregelventile (PCV1 und PCV2) erforderlich, damit durch Regelung des Gegendrucks in der EP und des Drucks im DT eine konstante Abgasteilung aufrechterhalten werden kann. PCV1 befindet sich stromabwärts der SP im EP, PCV2 zwischen dem Druckgebläse PB und dem DT. Die Konzentrationen des Tracergases (CO₂ oder NO_x) werden im unverdünnten Abgas, im verdünnten Abgas und in der Verdünnungsluft mit dem (den) Abgasanalysator(en) EGA gemessen. Sie werden zur Überprüfung der Abgasteilung benötigt und können zur Einstellung von PCV1 und PCV2 im Interesse einer präzisen Teilungsregelung verwendet werden. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand der Tracergaskonzentrationen berechnet.

Abbildung 10

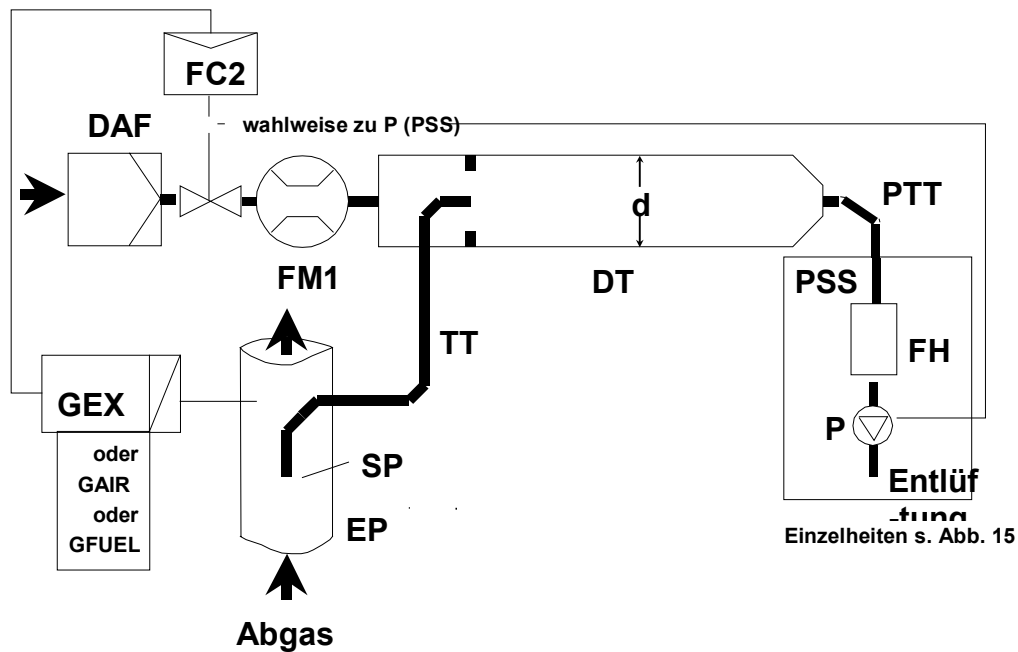
**Teilstrom-Verdünnungssystem mit Mehrfachröhrenteilung,
Konzentrationsmessung und Teilprobenahme**



Unverdünntes Abgas wird aus dem Auspuffrohr EP durch die Probenahmesonde SP und das Übertragungsrohr TT zum Verdünnungstunnel DT geleitet, und zwar mittels eines im EP angebrachten Mengenteilers, der aus einer Reihe von Röhren mit gleichen Abmessungen besteht (Durchmesser, Länge und Biegunghalbmesser gleich). Das durch eine dieser Röhren strömende Abgas wird zum DT geleitet, das durch die übrigen Röhren strömende Abgas wird durch die Dämpfungskammer DC geleitet. Die Abgasteilung wird also durch die Gesamtzahl der Röhren bestimmt. Eine konstante Teilungsregelung setzt zwischen der DC und dem Ausgang des TT einen Differenzdruck von Null voraus, der mit dem Differenzdruckaufnehmer DPT gemessen wird. Ein Differenzdruck von Null wird erreicht, indem in den DT am Ausgang des TT Frischluft eingespritzt wird. Die Konzentrationen des Tracergases (CO_2 oder NO_x) werden im unverdünnten Abgas, im verdünnten Abgas und in der Verdünnungsluft mit dem (den) Abgasanalysator(en) EGA gemessen. Sie werden zur Überprüfung der Abgasteilung benötigt und können zur Einstellung von PCV1 und PCV2 im Interesse einer präzisen Teilungsregelung verwendet werden. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand der Tracergaskonzentrationen berechnet.

Abbildung 11

Teilstrom-Verdünnungssystem mit Durchsatzregelung und Gesamtprobenahme

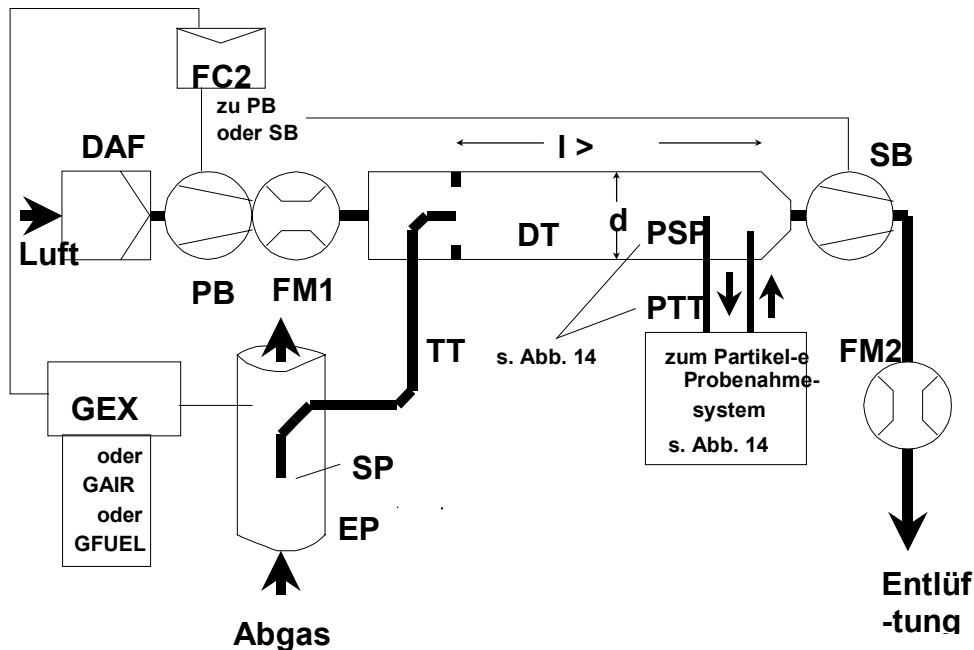


Unverdünntes Abgas wird aus dem Auspuffrohr EP durch die Probenahmesonde SP und das Übertragungsrohr TT in den Verdünnungstunnel DT geleitet. Der Gesamtdurchfluss durch den Tunnel wird mit dem Durchflussregler FC3 und der Probenahmepumpe P des Partikel-Probenahmesystems eingestellt (siehe Abbildung 16).

Der Verdünnungsluftdurchfluss wird mit dem Durchflussregler FC2 geregelt, der G_{EXH} , G_{AIR} oder G_{FUEL} als Steuersignale zur Herbeiführung der gewünschten Abgasteilung verwenden kann. Der Probedurchfluss in den DT ist die Differenz aus dem Gesamtdurchfluss und dem Verdünnungsluftdurchfluss. Der Verdünnungsluftdurchsatz wird mit dem Durchflussmessgerät FM1 und der Gesamtdurchsatz mit dem Durchflussmessgerät FM3 des Partikel-Probenahmesystems gemessen (siehe Abbildung 14). Das Verdünnungsverhältnis wird anhand dieser beiden Durchsätze berechnet.

Abbildung 12

Teilstrom-Verdünnungssystem mit Durchsatzregelung und Teilprobenahme



Unverdünntes Abgas wird aus dem Auspuffrohr EP durch die Probenahmesonde SP und das Übertragungsrohr TT in den Verdünnungstunnel DT geleitet. Die Abgasteilung und der Durchfluss in den DT werden mit dem Durchflussregler FC2 geregelt, der die Durchflüsse (oder Drehzahlen) des Druckgebläses PB und des Ansauggebläses SB entsprechend einstellt. Dies ist möglich, weil die mit dem Partikel-Probenahmesystem entnommene Probe in den DT zurückgeführt wird. Als Steuersignale für FC2 können GEXH, GAIR oder GFUEL verwendet werden. Der Verdünnungsluftdurchsatz wird mit dem Durchflussmessgerät FM1, der Gesamtdurchsatz mit dem Durchflussmessgerät FM2 gemessen. Das Verdünnungsverhältnis wird anhand dieser beiden Durchsätze berechnet.

Beschreibung - Abbildungen 4 bis 12

- EP: Auspuffrohr

Das Auspuffrohr kann isoliert sein. Um die Wärmeträgheit des Auspuffrohrs zu verringern, wird ein Verhältnis Stärke/Durchmesser von höchstens 0,015 empfohlen. Die Verwendung flexibler Abschnitte ist auf ein Verhältnis Stärke/Durchmesser von höchstens 12 zu begrenzen. Biegungen sind auf ein Mindestmaß zu begrenzen, um Trägheitsablagerungen zu verringern. Gehört zu dem System ein Prüfstand-Schalldämpfer, so kann auch dieser isoliert werden.

Bei einem isokinetischen System muss das Auspuffrohr vom Eintritt der Sonde ab stromaufwärts mindestens sechs Rohrdurchmesser und stromabwärts drei Rohrdurchmesser frei von scharfen Krümmungen, Biegungen und plötzlichen Durchmesseränderungen sein. Die Gasgeschwindigkeit muss im Entnahmebereich höher als 10 m/s sein; dies gilt nicht für den Leerlauf. Druckschwankungen der Abgase dürfen im Durchschnitt ± 500 Pa nicht übersteigen. Jede Maßnahme zur

Vermeidung der Druckschwankungen, die über die Verwendung einer Fahrzeug-Auspuffanlage (einschließlich Schalldämpfer und Nachbehandlungsanlage) hinausgeht, darf die Motorleistung nicht verändern und zu keiner Partikelablagerung führen.

Bei Systemen ohne isokinetische Sonde wird ein gerades Rohr empfohlen, das stromaufwärts vom Eintritt der Sonde den sechsfachen Rohrdurchmesser und stromabwärts von diesem Punkt den dreifachen Rohrdurchmesser haben muss.

- SP: Probenahmesonde (Abbildungen 6 bis 12)

Der Innendurchmesser muss mindestens 4 mm betragen. Das Verhältnis der Durchmesser von Auspuffrohr und Sonde muss mindestens vier betragen. Die Sonde muss eine offene Röhre sein, die der Strömungsrichtung zugewandt in der Mittellinie des Auspuffrohrs angebracht ist, oder es muss sich um eine Mehrlochsonde - wie unter SP1 in Abschnitt 1.1.1 beschrieben - handeln.

- ISP: Isokinetische Probenahmesonde (Abbildungen 4 und 5)

Die isokinetische Probenahmesonde ist der Strömungsrichtung zugewandt in der Mittellinie des Auspuffrohrs an einem Punkt anzubringen, an dem die im Abschnitt EP beschriebenen Strömungsbedingungen herrschen; sie ist so auszulegen, dass eine verhältnismäßige Probenahme aus dem unverdünnten Abgas gewährleistet ist. Der Innendurchmesser muss mindestens 12 mm betragen.

Ein Reglersystem ist erforderlich, damit durch Aufrechterhaltung eines Differenzdrucks von Null zwischen dem EP und der ISP eine isokinetische Abgasteilung erreicht wird. Unter diesen Bedingungen sind die Abgasgeschwindigkeiten im EP und in der ISP gleich, und der Massendurchfluss durch die ISP ist ein konstanter Bruchteil des Abgasstroms. Die ISP muss an einen Differenzdruckaufnehmer angeschlossen werden. Die Regelung, mit der zwischen dem EP und der ISP ein Differenzdruck von Null erreicht wird, erfolgt über die Drehzahl des Gebläses oder über den Durchflussregler.

- FD1, FD2: Mengenteiler (Abbildung 9)

Ein Paar Venturi-Rohre oder Blenden wird im Auspuffrohr EP bzw. im Übertragungsrohr TT angebracht, damit eine verhältnismäßige Probenahme aus dem unverdünnten Abgas gewährleistet ist. Das aus den beiden Druckregelventilen PCV1 und PCV2 bestehende Reglersystem wird benötigt, damit eine verhältnismäßige Aufteilung mittels Regelung der Drücke im EP und DT erfolgen kann.

- FD3: Mengenteiler (Abbildung 10)

Ein Satz Röhren (Mehrfachröhreneinheit) wird im Auspuffrohr EP angebracht, damit eine verhältnismäßige Probenahme aus dem unverdünnten Abgas gewährleistet ist. Eine dieser Röhren leitet Abgas zum Verdünnungstunnel DT, das Abgas aus den übrigen Röhren strömt in eine Dämpfungskammer DC. Die Röhren müssen gleiche Abmessungen aufweisen (Durchmesser, Länge, Biegunghalbmesser gleich); demzufolge ist die Abgasteilung von der Gesamtzahl der Röhren abhängig. Ein Reglersystem wird benötigt, damit durch Aufrechterhaltung eines Differenzdrucks von Null zwischen der Einmündung der Mehrfachröhreneinheit in die DC und dem

Ausgang des TT eine verhältnismäßige Aufteilung erfolgen kann. Unter diesen Bedingungen herrschen im EP und in FD3 proportionale Abgasgeschwindigkeiten, und der Durchfluss im TT ist ein konstanter Bruchteil des Abgasdurchflusses. Die beiden Punkte müssen an einen Differenzdruckaufnehmer DPT angeschlossen sein. Die Regelung zur Herstellung eines Differenzdrucks von Null erfolgt über den Durchflussregler FC1.

- EGA: Abgasanalysator (Abbildungen 6 bis 10)

Es können CO₂- oder NO_x-Analysatoren verwendet werden (bei der Kohlenstoffbilanzmethode nur CO₂-Analysatoren). Die Analysatoren sind ebenso zu kalibrieren wie die Analysatoren für die Messung der gasförmigen Emissionen. Ein oder mehrere Analysatoren können zur Bestimmung der Konzentrationsunterschiede verwendet werden.

Die Messsysteme müssen eine solche Genauigkeit aufweisen, dass die Genauigkeit von $G_{EDFW} \pm 4\%$ beträgt.

- TT: Übertragungsrohr (Abbildungen 4 bis 12)

Das Übertragungsrohr für die Partikelprobe muss

- so kurz wie möglich, jedoch nicht länger als 5 m sein,
- einen Durchmesser haben, der gleich dem Durchmesser der Sonde oder größer, jedoch nicht größer als 25 mm ist,
- den Ausgang in der Mittellinie des Verdünnungstunnels haben und in Strömungsrichtung zeigen.

Rohre von einer Länge bis zu einem Meter sind mit einem Material zu isolieren, dessen maximale Wärmeleitfähigkeit $0,05 \text{ W/(m} \times \text{K)}$ beträgt, wobei die Stärke der Isolierschicht dem Durchmesser der Sonde entspricht. Rohre von mehr als einem Meter Länge sind zu isolieren und so zu beheizen, dass die Wandtemperatur mindestens 523 K (250 °C) beträgt.

Wahlweise können die erforderlichen Wandtemperaturen des Übertragungsrohrs auch durch Standardberechnungen der Wärmeübertragung bestimmt werden.

- DPT: Differenzdruckaufnehmer (Abbildungen 4, 5 und 10)

Der größte Messbereich des Differenzdruckaufnehmers muss $\pm 500 \text{ Pa}$ betragen.

- FC1: Durchflussregler (Abbildungen 4, 5 und 10)

Bei den isokinetischen Systemen (Abbildungen 4 und 5) wird der Durchflussregler zur Aufrechterhaltung eines Differenzdrucks von Null zwischen dem EP und der ISP benötigt. Die Einstellung kann folgendermaßen erfolgen:

- a) durch Regelung der Drehzahl oder des Durchflusses des Ansauggebläses (SB) und Konstanthalten der Drehzahl des Druckgebläses (PB) bei jeder Prüfphase (Abbildung 4)*

oder

b) durch Einstellung des Ansauggebläses (SB) auf einen konstanten Massendurchfluss des verdünnten Abgases und Regelung des Durchflusses des Druckgebläses PB, wodurch der Durchfluss der Abgasprobe in einem Bereich am Ende des Übertragungsrohrs (TT) geregelt wird (Abbildung 5).

Bei Systemen mit geregelter Druck darf der verbleibende Fehler in der Steuerschleife ± 3 Pa nicht übersteigen. Die Druckschwankungen im Verdünnungstunnel dürfen im Durchschnitt ± 250 Pa nicht übersteigen.

Bei Mehrfachröhrensystemen (Abbildung 10) wird der Durchflussregler zur Aufrechterhaltung eines Differenzdrucks von Null zwischen dem Auslass der Mehrfachröhreneinheit und dem Ausgang des TT benötigt, damit der Abgasstrom verhältnismäßig aufgeteilt wird. Die Einstellung kann durch Regelung des Durchsatzes der eingeblasenen Luft erfolgen, die am Ausgang des TT in den DT einströmt.

- PCV1, PCV2: Druckregelventile (Abbildung 9)

Zwei Druckregelventile werden für das Doppelventuri-/Doppelblenden-System benötigt, damit durch Regelung des Gegendrucks des EP und des Drucks im DT eine verhältnismäßige Stromteilung erfolgen kann. Die Ventile müssen sich stromabwärts der SP im EP und zwischen PB und DT befinden.

- DC: Dämpfungskammer (Abbildung 10)

Am Ausgang des Mehrfachröhrensystems ist eine Dämpfungskammer anzubringen, um die Druckschwankungen im Auspuffrohr EP so gering wie möglich zu halten.

- VN: Venturi-Rohr (Abbildung 8)

Ein Venturi-Rohr wird im Verdünnungstunnel DT angebracht, um im Bereich des Ausgangs des Übertragungsrohrs TT einen Unterdruck zu erzeugen. Der Gasdurchsatz im TT wird durch den Impulsaustausch im Venturibereich bestimmt und ist im Grund dem Durchsatz des Druckgebläses PB proportional, so dass ein konstantes Verdünnungsverhältnis erzielt wird. Da der Impulsaustausch von der Temperatur am Ausgang des TT und vom Druckunterschied zwischen dem EP und dem DT beeinflusst wird, ist das tatsächliche Verdünnungsverhältnis bei geringer Last etwas kleiner als bei hoher Last.

- FC2: Durchflussregler (Abbildungen 6, 7, 11 und 12; wahlfrei)

Zur Durchflussregelung am Druckgebläse PB und/oder Ansauggebläse SB kann ein Durchflussregler verwendet werden. Er kann an den Abgasstrom- oder den Kraftstrom- und/oder an den CO₂- oder NO_x-Differenzsignalgeber angeschlossen sein.

Wird ein Druckluftversorgungssystem (Abbildung 11) verwendet, regelt der FC2 unmittelbar den Luftstrom.

- FM1: Durchflussmessgerät (Abbildungen 6, 7, 11 und 12)

Gasmessgerät oder sonstiges Durchflussmessgerät zur Messung des Verdünnungsluftdurchflusses. FM1 ist wahlfrei, wenn das PB für die Durchflussmessung kalibriert ist.

- FM2: Durchflussmessgerät (Abbildung 12)

Gasmessgerät oder sonstiges Durchflussmessgerät zur Messung des Durchflusses des verdünnten Abgases. FM2 ist wahlfrei, wenn das Ansauggebläse SB für die Durchflussmessung kalibriert ist.

- PB: Druckgebläse (Abbildungen 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 12)

Zur Steuerung des Verdünnungsluftdurchsatzes kann das PB an die Durchflussregler FC1 und FC2 angeschlossen sein. Ein PB ist nicht erforderlich, wenn eine Absperrklappe verwendet wird. Ist das PB kalibriert, kann es zur Messung des Verdünnungsluftdurchflusses verwendet werden.

- SB: Ansauggebläse (Abbildungen 4, 5, 6, 9, 10 und 12)

Nur für Teilprobenahmesysteme. Ist das SB kalibriert, kann es zur Messung des Durchflusses des verdünnten Abgases verwendet werden.

- DAF: Verdünnungsluftfilter (Abbildungen 4 bis 12)

Es wird empfohlen, die Verdünnungsluft zu filtern und durch Aktivkohle zu leiten, damit Hintergrund-Kohlenwasserstoffe entfernt werden. Die Verdünnungsluft muss eine Temperatur von 298 K (25 °C) $\pm$ 5 K haben.

Auf Antrag des Herstellers ist nach guter technischer Praxis eine Verdünnungsluftprobe zur Bestimmung des Raumluft-Partikelgehalts zu nehmen, der dann von den in den verdünnten Abgasen gemessenen Werten abgezogen werden kann.

- PSP: Partikel-Probenahmesonde (Abbildungen 4, 5, 6, 8, 9, 10 und 12)

Die Sonde bildet den vordersten Abschnitt des PTT und

- muss gegen den Strom gerichtet an einem Punkt angebracht sein, wo die Verdünnungsluft und die Abgase gut vermischt sind, d. h. in der Mittellinie des Verdünnungstunnels DT ungefähr 10 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt gelegen, wo die Abgase in den Verdünnungstunnel eintreten;
- muss einen Innendurchmesser von mindestens 12 mm haben;
- kann durch Direktbeheizung oder durch Vorheizen der Verdünnungsluft bis auf eine Wandtemperatur von höchstens 325 K (52 °C) beheizt werden, vorausgesetzt, dass die Lufttemperatur vor Eintritt des Abgases in den Verdünnungstunnel 325 K (52 °C) nicht übersteigt;
- können isoliert sein.

- DT: Verdünnungstunnel (Abbildungen 4 bis 12)

Der Verdünnungstunnel

- muss so lang sein, dass sich die Abgase bei turbulenten Strömungsbedingungen vollständig mit der Verdünnungsluft mischen können;
- muss aus rostfreiem Stahl bestehen und
 - bei Verdünnungstunneln mit einem Innendurchmesser über 75 mm ein Verhältnis Stärke/Durchmesser von höchstens 0,025 aufweisen,
 - bei Verdünnungstunneln mit einem Innendurchmesser bis zu 75 mm eine nominelle Wanddicke von mindestens 1,5 mm haben;
- muss bei einem Teilprobenahmesystem einen Durchmesser von mindestens 75 mm haben;
- sollte bei einem Gesamtprobenahmesystem möglichst einen Durchmesser von mindestens 25 mm haben.
- kann durch Direktbeheizung oder durch Vorheizen der Verdünnungsluft bis auf eine Wandtemperatur von höchstens 325 K (52 °C) beheizt werden, vorausgesetzt, dass die Lufttemperatur vor Eintritt des Abgases in den Verdünnungstunnel 325 K (52 °C) nicht übersteigt
- können isoliert sein.

Die Motorabgase müssen gründlich mit der Verdünnungsluft vermischt werden. Bei Teilprobenahmesystemen ist die Mischqualität nach Inbetriebnahme bei laufendem Motor mittels eines CO₂-Profils des Tunnels zu überprüfen (mindestens vier gleichmäßig verteilte Messpunkte). Bei Bedarf kann eine Mischblende verwendet werden.

Anmerkung Beträgt die Umgebungstemperatur in der Nähe des Verdünnungstunnels (DT) weniger als 293 K (20 °C), so sollte für eine Vermeidung von Partikelverlusten an den kühlen Wänden des Verdünnungstunnels gesorgt werden. Daher wird eine Beheizung und/oder Isolierung des Tunnels innerhalb der oben angegebenen Grenzwerte empfohlen.

Bei hoher Motorlast kann der Tunnel durch nichtaggressive Mittel wie beispielsweise einen Umlüfter gekühlt werden, solange die Temperatur des Kühlmittels nicht weniger als 293 K (20 °C) beträgt.

- HE: Wärmeaustauscher (Abbildungen 9 und 10)

Der Wärmeaustauscher muss eine solche Leistung aufweisen, dass die Temperatur am Einlass zum Ansauggebläse SB von der bei der Prüfung beobachteten durchschnittlichen Betriebstemperatur um höchstens ± 11 K abweicht.

1.2.1.2. Vollstrom-Verdünnungssystem (Abbildung 13)

Es wird ein Verdünnungssystem beschrieben, das unter Verwendung des CVS-Konzepts (Constant Volume Sampling) auf der Verdünnung des gesamten Abgasstroms beruht. Das Gesamtvolumen des Gemischs aus Abgas und Verdünnungsluft muss gemessen werden. Es kann entweder ein PDP- oder ein CFV- oder ein SSV-System verwendet werden.

Für die anschließende Sammlung der Partikel wird eine Probe des verdünnten Abgases durch das Partikel-Probenahmesystem geleitet (Abschnitt 1.2.2, Abbildungen 14 und 15). Geschieht dies direkt, spricht man von Einfachverdünnung. Wird die Probe in einem Sekundärverdünnungstunnel erneut verdünnt, spricht man von Doppelverdünnung. Letztere ist dann von Nutzen, wenn die Vorschriften in Bezug auf die Filteranströmtemperatur bei Einfachverdünnung nicht eingehalten werden können. Obwohl es sich beim Doppelverdünnungssystem zum Teil um ein Verdünnungssystem handelt, wird es in Abschnitt 1.2.2, Abbildung 15, als Unterart eines Partikel-Probenahmesystems beschrieben, da es die meisten typischen Bestandteile eines Partikel-Probenahmesystems aufweist.

Die gasförmigen Emissionen können auch im Verdünnungstunnel eines Vollstrom-Verdünnungssystems bestimmt werden. Daher werden die Probenahmesonden für die gasförmigen Bestandteile in Abbildung 13 dargestellt, erscheinen jedoch nicht bei den Beschreibungen. Die entsprechenden Vorschriften sind in Abschnitt 1.1.1 dargelegt.

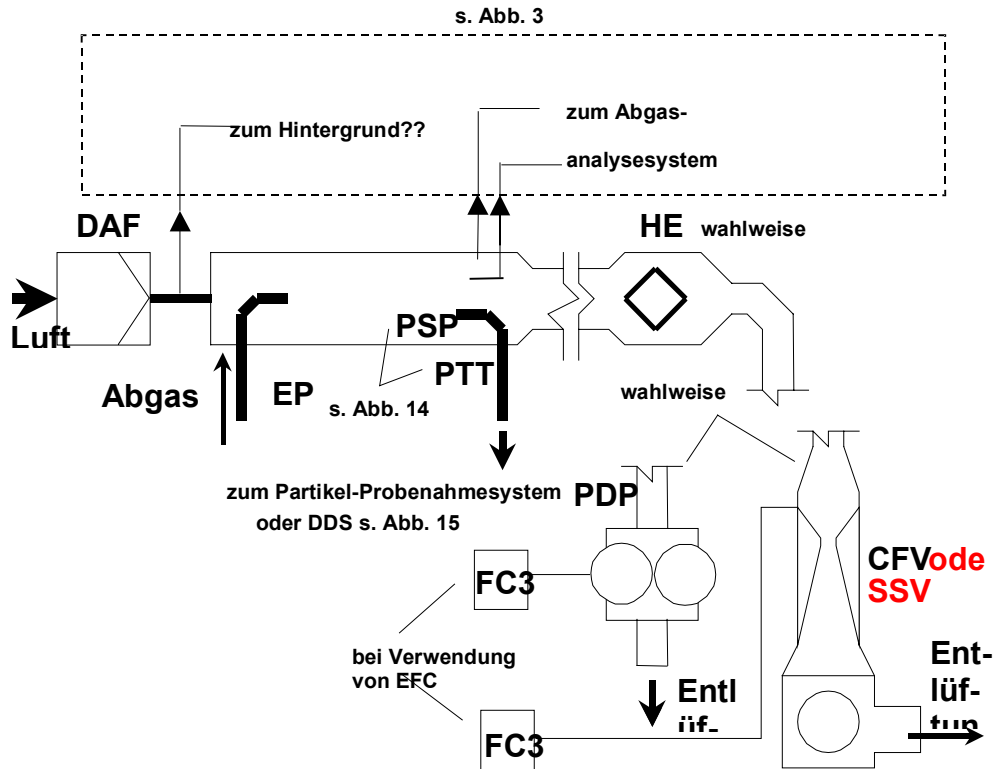
Beschreibungen - Abbildung 13

- EP: Auspuffrohr

Die Länge des Auspuffrohrs vom Auslass des Auspuffkrümmers, des Turboladers oder der Nachbehandlungseinrichtung bis zum Verdünnungstunnel darf nicht mehr als 10 m betragen. Überschreitet die Länge des Systems 4 m, sind über diesen Grenzwert hinaus alle Rohre mit Ausnahme eines etwaigen im Auspuffsystem befindlichen Rauchmessgerätes zu isolieren. Die Stärke der Isolierschicht muss mindestens 25 mm betragen. Die Wärmeleitfähigkeit des Isoliermaterials darf, bei 673 K (400 °C) gemessen, höchstens 0,1 W/(m × K) betragen. Um die Wärmeträgheit des Auspuffrohrs zu verringern, wird ein Verhältnis Stärke/Durchmesser von höchstens 0,015 empfohlen. Die Verwendung flexibler Abschnitte ist auf ein Verhältnis Stärke/Durchmesser von höchstens 12 zu begrenzen.

Abbildung 13

Vollstrom-Verdünnungssystem



Die Gesamtmenge des unverdünnten Abgases wird im Verdünnungstunnel DT mit der Verdünnungsluft vermischt. Der Durchsatz des verdünnten Abgases wird entweder mit einer Verdrängerpumpe PDP oder mit einem Venturi-Rohr mit kritischer Strömung CFV oder mit einer kritisch betriebenen Venturidüse SSV gemessen. Ein Wärmeaustauscher HE oder eine elektronische Durchflussmengenkompensation EFC kann für eine verhältnismäßige Partikel-Probenahme und für die Durchflussbestimmung verwendet werden. Da die Bestimmung der Partikelmasse auf dem Gesamtdurchfluss des verdünnten Abgases beruht, ist die Berechnung des Verdünnungsverhältnisses nicht erforderlich.

- PDP: Verdrängerpumpe

Die PDP misst den Gesamtdurchfluss des verdünnten Abgases aus der Anzahl der Pumpenumdrehungen und dem Pumpenkammervolumen. Der Abgasgegendruck darf durch die PDP oder das Verdünnungslufteinlasssystem nicht künstlich gesenkt werden. Der mit laufendem CVS-System gemessene statische Abgasgegendruck muss bei einer Toleranz von $\pm 1,5$ kPa im Bereich des statischen Drucks bleiben, der bei gleicher Motordrehzahl und Belastung ohne Anschluss an das CVS gemessen wurde.

Die unmittelbar vor dem PDP gemessene Temperatur des Gasgemischs muss bei einer Toleranz von ± 6 K innerhalb des Durchschnittswerts der während der

Prüfung ermittelten Betriebstemperatur bleiben, wenn keine Durchflussmengenkompensation erfolgt.

Eine Durchflussmengenkompensation darf nur angewendet werden, wenn die Temperatur am Einlass der PDP 323 K (50 °C) nicht überschreitet.

- CFV: Venturi-Rohr mit kritischer Strömung

Das CFV wird zur Messung des Gesamtdurchflusses des verdünnten Abgases unter Sättigungsbedingungen (kritische Strömung) benutzt. Der mit dem im Betrieb befindlichen CFV-System gemessene statische Abgasgegendruck muss bei einer Toleranz von $\pm 1,5$ kPa im Bereich des statischen Drucks bleiben, der bei gleicher Motordrehzahl und Belastung ohne Anschluss an das CFV gemessen wurde. Die unmittelbar vor dem CFV gemessene Temperatur des Gasgemischs muss bei einer Toleranz von ± 11 K innerhalb des Durchschnittswerts der während der Prüfung ermittelten Betriebstemperatur bleiben, wenn keine Durchflussmengenkompensation erfolgt.

- SSV: kritisch betriebene Venturidüse

Das SSV wird zur Messung des Gesamtdurchflusses des verdünnten Abgases als Funktion von Eintrittsdruck, Eintrittstemperatur, Druckabfall zwischen SSV-Eintritt und -verengung benutzt. Der mit dem im Betrieb befindlichen SSV-System gemessene statische Abgasgegendruck muss bei einer Toleranz von $\pm 1,5$ kPa im Bereich des statischen Drucks bleiben, der bei gleicher Motordrehzahl und Belastung ohne Anschluss an das SSV gemessen wurde. Die unmittelbar vor dem SSV gemessene Temperatur des Gasgemischs muss bei einer Toleranz von ± 11 K innerhalb des Durchschnittswerts der während der Prüfung ermittelten Betriebstemperatur bleiben, wenn keine Durchflussmengenkompensation erfolgt.

- HE: Wärmeaustauscher (bei Anwendung von EFC wahlfrei)

Die Leistung des Wärmeaustauschers muss ausreichen, um die Temperatur innerhalb der obengenannten Grenzwerte zu halten.

- EFC: Elektronische Durchflusskompensation (bei Anwendung eines HE wahlfrei)

Wird die Temperatur an der Einlassöffnung der PDP oder des CFV oder der SSV nicht konstant gehalten, ist zum Zweck einer kontinuierlichen Messung der Durchflussmenge und zur Regelung der verhältnismässigen Probenahme im Partikelsystem ein elektronisches Durchflusskompensations-System erforderlich. Daher werden die Signale des kontinuierlich gemessenen Durchsatzes verwendet, um den Probendurchsatz durch die Partikelfilter des Partikel-Probenahmesystems entsprechend zu korrigieren (siehe Abbildungen 14 und 15).

- DT: Verdünnungstunnel

Der Verdünnungstunnel

- muss einen genügend kleinen Durchmesser haben, um eine turbulente Strömung zu erzeugen (Reynolds-Zahl größer als 4000), und hinreichend

lang sein, damit sich die Abgase mit der Verdünnungsluft vollständig vermischen. Eine Mischblende kann verwendet werden;

- muss einen Durchmesser von mindestens 75 mm haben;
- kann isoliert sein.

Die Motorabgase sind an dem Punkt, wo sie in den Verdünnungstunnel einströmen, stromabwärts zu richten und vollständig zu mischen.

Bei Einfachverdünnung wird eine Probe aus dem Verdünnungstunnel in das Partikel-Probenahmesystem geleitet (Abschnitt 1.2.2, Abbildung 14). Die Durchflussleistung der PDP oder des CFV oder des SSV muss ausreichend sein, um die Temperatur des verdünnten Abgasstroms unmittelbar von dem Primärpartikelfilter auf weniger oder gleich 325 K (52 °C) zu halten.

Bei Doppelverdünnung wird eine Probe aus dem Verdünnungstunnel zur weiteren Verdünnung in den Sekundärtunnel und darauf durch die Probenahmefilter geleitet (Abschnitt 1.2.2, Abbildung 15). Die Durchflussleistung des PDP oder des CFV oder des SSV muss ausreichend sein, um die Temperatur des verdünnten Abgasstroms im DT im Probenahmebereich auf weniger oder gleich 464 K (191 °C) zu halten. Das Sekundärverdünnungssystem muss genug Sekundärverdünnungsluft liefern, damit der doppelt verdünnte Abgasstrom unmittelbar vor dem Primärpartikelfilter auf einer Temperatur von weniger oder gleich 325 K (52 °C) gehalten werden kann.

- DAF: Verdünnungsluftfilter

Es wird empfohlen, die Verdünnungsluft zu filtern und durch Aktivkohle zu leiten, damit Hintergrund-Kohlenwasserstoffe entfernt werden. Die Verdünnungsluft muss eine Temperatur von 298 K (25 °C) $\pm$ 5 K haben. Auf Antrag des Herstellers ist nach guter technischer Praxis eine Verdünnungsluftprobe zur Bestimmung des Raumluft-Partikelgehalts zu nehmen, der dann von den in den verdünnten Abgasen gemessenen Werten abgezogen werden kann.

- PSP: Partikel-Probenahmesonde

Die Sonde bildet den vordersten Abschnitt des PTT und

- muss gegen den Strom gerichtet an einem Punkt angebracht sein, wo die Verdünnungsluft und die Abgase gut vermischt sind, d. h. in der Mittellinie des Verdünnungstunnels DT ungefähr 10 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt gelegen, wo die Abgase in den Verdünnungstunnel eintreten;
- muss einen Innendurchmesser von mindestens 12 mm haben;
- kann durch Direktbeheizung oder durch Vorheizen der Verdünnungsluft bis auf eine Wandtemperatur von höchstens 325 K (52 °C) beheizt werden, vorausgesetzt, dass die Lufttemperatur vor Eintritt des Abgases in den Verdünnungstunnel 325 K (52 °C) nicht übersteigt;

- kann isoliert sein.

1.2.2. Partikel-Probenahmesystem (Abbildungen 14 und 15)

Das Partikel-Probenahmesystem wird zur Sammlung der Partikel auf dem Partikelfilter benötigt. Im Fall von Teilstrom-Verdünnungssystemen mit Gesamtprobenahme, bei denen die gesamte Probe des verdünnten Abgases durch die Filter geleitet wird, bilden das Verdünnungssystem (Abschnitt 1.2.1.1, Abbildungen 7 und 11) und das Probenahmesystem in der Regel eine Einheit. Im Fall von Teilstrom- oder Vollstrom-Verdünnungssystemen mit Teilprobenahme, bei denen nur ein Teil des verdünnten Abgases durch die Filter geleitet wird, sind das Verdünnungssystem (Abschnitt 1.2.1.1, Abbildungen 4, 5, 6, 8, 9, 10 und 12, sowie Abschnitt 1.2.1.2, Abbildung 13) und das Probenahmesystem in der Regel getrennte Einheiten.

In dieser Richtlinie gilt das Doppelverdünnungssystem (DVS, Abbildung 15) eines Vollstrom-Verdünnungssystems als spezifische Unterart eines typischen Partikel-Probenahmesystems, wie es in Abbildung 14 dargestellt ist. Das Doppelverdünnungssystem enthält alle wichtigen Bestandteile eines Partikel-Probenahmesystems, wie beispielsweise Filterhalter und Probenahmepumpe, und darüber hinaus einige Merkmale eines Verdünnungssystems, wie beispielsweise die Verdünnungsluftzufuhr und einen Sekundär-Verdünnungstunnel.

Um eine Beeinflussung der Steuerschleifen zu vermeiden, wird empfohlen, die Probenahmepumpe während des gesamten Prüfverfahrens in Betrieb zu lassen. Bei der Einfachfiltermethode ist ein Bypass-System zu verwenden, um die Probe zu den gewünschten Zeitpunkten durch die Probenahmefilter zu leiten. Beeinträchtigungen des Schaltvorganges an den Steuerschleifen sind auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

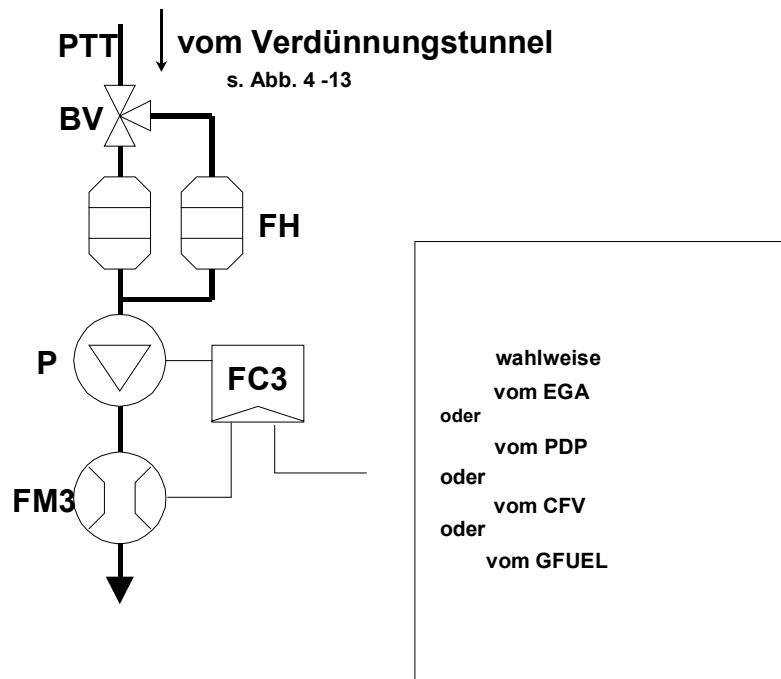
Beschreibung - Abbildungen 14 und 15

- PSP: Partikel-Probenahmesonde (Abbildungen 14 und 15)

Die in den Abbildungen dargestellte Probenahmesonde bildet den vordersten Abschnitt des Partikelübertragungsrohrs PTT. Die Sonde

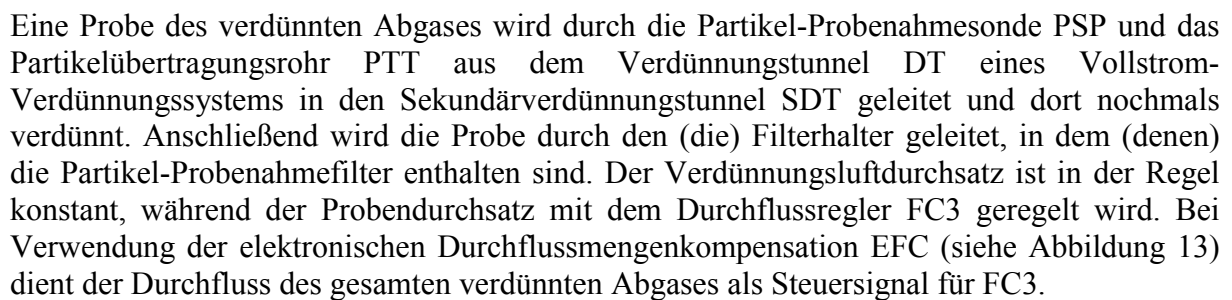
- muss gegen den Strom gerichtet an einem Punkt angebracht sein, wo die Verdünnungsluft und die Abgase gut vermischt sind, d. h. in der Mittellinie des Verdünnungstunnels DT des Verdünnungssystems (siehe Abschnitt 1.2.1) ungefähr 10 Tunneldurchmesser stromabwärts von dem Punkt gelegen, wo die Abgase in den Verdünnungstunnel eintreten;
- muss einen Innendurchmesser von mindestens 12 mm haben;
- kann durch Direktbeheizung oder durch Vorheizen der Verdünnungsluft bis auf eine Wandtemperatur von höchstens 325 K (52 °C) beheizt werden, vorausgesetzt, dass die Lufttemperatur vor Eintritt des Abgases in den Verdünnungstunnel 325 K (52 °C) nicht übersteigt;
- kann isoliert sein.

Abbildung 14
Partikel-Probenahmesystem



Eine Probe des verdünnten Abgases wird mit Hilfe der Probenahmepumpe P durch die Partikel-Probenahmesonde PSP und das Partikelübertragungsrohr PTT aus dem Verdünnungstunnel DT eines Teilstrom- oder Vollstrom-Verdünnungssystems entnommen. Die Probe wird durch den (die) Filterhalter FH geleitet, in dem (denen) die Partikel-Probenahmefilter enthalten sind. Der Probendurchsatz wird mit dem Durchflussregler FC3 geregelt. Bei Verwendung der elektronischen Durchflussmengenkompensation EFC (siehe Abbildung 13) dient der Durchfluss des verdünnten Abgases als Steuersignal für FC3.

Verdünnungsanlage (nur für Vollstromsystem)



- SDT: Sekundärverdünnungstunnel (Abbildung 15)

Der Sekundärverdünnungstunnel sollte einen Durchmesser von mindestens 75 mm haben und so lang sein, dass die doppelt verdünnte Probe mindestens 0,25 Sekunden in ihm verweilt. Die Halterung des Hauptfilters FH darf sich in nicht mehr als 300 mm Abstand vom Ausgang des SDT befinden.

Der Sekundärverdünnungstunnel

- kann durch Direktbeheizung oder durch Vorheizen der Verdünnungsluft bis auf eine Wandtemperatur von höchstens 325 K (52 °C) beheizt werden, vorausgesetzt, dass die Lufttemperatur vor Eintritt des Abgases in den Verdünnungstunnel 325 K (52 °C) nicht übersteigt;
- kann isoliert sein.
- FH: Filterhalter (Abbildungen 14 und 15)

Für die Haupt- und Nachfilter dürfen entweder ein einziger Filterhalter oder separate Filterhalter verwendet werden. Die Vorschriften von Anhang III Anlage 1 Abschnitt 1.5.1.3 müssen eingehalten werden.

Die Filterhalter

- können durch Direktbeheizung oder durch Vorheizen der Verdünnungsluft bis auf eine Wandtemperatur von höchstens 325 K (52 °C) beheizt werden, vorausgesetzt, dass die Lufttemperatur 325 K (52 °C) nicht übersteigt,
- können isoliert sein.
- P: Probenahmepumpe (Abbildungen 14 und 15)

Die Partikel-Probenahmepumpe muss so weit vom Tunnel entfernt sein, dass die Temperatur der einströmenden Gase konstant gehalten wird (± 3 K), wenn keine Durchflusskorrektur mittels FC3 erfolgt.

- DP: Verdünnungsluftpumpe (Abbildung 15) (nur bei Vollstrom-Doppelverdünnung)

Die Verdünnungsluftpumpe ist so anzuordnen, dass die sekundäre Verdünnungsluft mit einer Temperatur von 298 K (25 °C) ± 5 K zugeführt wird.

- FC3: Durchflussregler (Abbildungen 14 und 15)

Um eine Kompensation des Durchsatzes der Partikelprobe entsprechend von Temperatur- und Gegendruckschwankungen im Probenweg zu erreichen, ist, falls keine anderen Mittel zur Verfügung stehen, ein Durchflussregler zu verwenden. Bei Anwendung der elektronischen Durchflusskompensation EFC (siehe Abbildung 13) ist der Durchflussregler Vorschrift.

- FM3: Durchflussmessgerät (Abbildungen 14 und 15) (Durchfluss der Partikelprobe)

Das Gasmess- oder Durchflussmessgerät muss so weit von der Probenahmepumpe entfernt sein, dass die Temperatur des einströmenden Gases konstant bleibt ($\pm 3 \text{ K}$), wenn keine Durchflusskorrektur durch FC3 erfolgt.

- FM4: Durchflussmessgerät (Abbildung 15) (Verdünnungsluft, nur Vollstrom-Doppelverdünnung)

Das Gasmess- oder Durchflussmessgerät muss so angeordnet sein, dass die Temperatur des einströmenden Gases bei 298 K (25 °C) $\pm 5 \text{ K}$ bleibt.

- BV: Kugelventil (wahlfrei)

Der Durchmesser des Kugelventils darf nicht geringer als der Innendurchmesser des Entnahmerohrs sein, und seine Schaltzeit muss geringer als 0,5 Sekunden sein.

Anmerkung: Beträgt die Umgebungstemperatur in der Nähe von PSP, PTT, SDT und FH weniger als 239 K (20 °C), so ist für eine Vermeidung von Partikelverlusten an den kühlen Wänden dieser Teile zu sorgen. Es wird daher empfohlen, diese Teile innerhalb der in den entsprechenden Beschreibungen angegebenen Grenzwerte aufzuheizen und/oder zu isolieren. Ferner wird empfohlen, die Filteranströmtemperatur während der Probenahme nicht unter 293 K (20 °C) absinken zu lassen.

Bei hoher Motorlast können die obengenannten Teile durch nichtaggressive Mittel wie beispielsweise einen Umlüfter gekühlt werden, solange die Temperatur des Kühlmittels nicht weniger als 293 K (20 °C) beträgt.

ANHANG III

„Anhang XIII

VORSCHRIFTEN FÜR IM RAHMEN EINES „FLEXIBILITÄTSSYSTEMS“ IN VERKEHR GEBRACHTE MOTOREN

1. Auf Antrag eines Originalgeräteherstellers (OEM-Hersteller) kann ein Motorenhersteller gemäß nachstehenden Vorschriften im Zeitraum zwischen zwei Stufen von Grenzwerten eine begrenzte Anzahl von Motoren in Verkehr bringen, die nur den Emissionsgrenzwerten der vorhergehenden Stufe genügen.
2. Eine Genehmigungsbehörde könnte auf Antrag des OEM-Herstellers das Inverkehrbringen einer begrenzten Anzahl von Motoren eines jeden Leistungsbereichs genehmigen, die nicht den verbindlichen Emissionsgrenzwerten genügen.
 - 2.1. Die Anzahl der von den Grenzwerten ausgenommenen Motoren darf 20% der Jahresproduktion für jeden Leistungsbereich (berechnet als Durchschnitt der Verbreitung auf dem EU-Markt in letzten fünf Jahren) nicht überschreiten.
 - 2.1.1 Ein Hersteller hat im Rahmen von Absatz 2.1 auch die Möglichkeit, statt dessen eine feste Anzahl von Teilen aus einem oder mehreren Leistungsbereichen ausnehmen zu lassen, wobei folgende Mengen nicht überschritten werden dürfen: 50 Teile für 130-560 kW, 100 Teile für 75-130 kW, 150 Teile für 37-75 kW und 200 Teile für 19-37 kW.
 - 2.2. Die Genehmigungsbehörde stellt dem OEM-Hersteller eine Reihe von Aufklebern zur Verfügung, die auf dem Gerät anzubringen sind, das mit einem im Rahmen des Flexibilitätssystems in Verkehr gebrachten Motor ausgerüstet ist: „Maschine Nr. ... (Maschinenserie) von ... (Gesamtzahl der Maschinen im jeweiligen Leistungsbereich) gemäß der Genehmigung Nr.“
 - 2.3. Die Genehmigungsbehörde hat zur Identifizierung der Genehmigungen die Merkmale zur Identifizierung gemäß Anhang VIII zu verwenden. Beispiel (Österreich): 12/2005/01.
 - 2.4. Die Genehmigungsbehörde setzt alle übrigen Genehmigungsbehörden durch Übersendung einer Kopie von der Entscheidung in Kenntnis.
 - 2.5. Der OEM-Hersteller stellt der Genehmigungsbehörde alle für die Entscheidung erforderlichen Angaben zur Verfügung.
 - 2.6. Der OEM-Hersteller trägt alle für die Genehmigungsbehörde durch das Verfahren dieses Flexibilitätssystems entstehenden Kosten.
3. Ein Motorenhersteller kann mit einer Genehmigung gemäß Absatz 2 dieses Anhangs im Rahmen des Flexibilitätssystems Motoren in Verkehr bringen.

- 3.1.** Der Motorenhersteller stellt Angaben zu diesen Motoren und die erforderlichen Unterlagen der Genehmigungsbehörde zur Verfügung, bei der er die Typgenehmigung für die betreffenden Motorenfamilien beantragt.
- 3.2.** Der Motorenhersteller muss auf diesen Motoren einen Aufkleber mit folgendem Wortlaut anbringen: „Gemäß dem Flexibilitätssystem in Verkehr gebrachter Motor“.