

---

## Anforderungen an Geräte, Messabläufe und Selbsttests

### 1 Allgemeines

Die Messgeräte (Geräte) bestimmen die Volumenanteile<sup>1)</sup> von Abgasbestandteilen aus Selbstzündungsmotoren (Motoren) mit geringer Partikelemission (z. B. vermindert durch Partikelfilter) und die Parameter, die zur Festlegung des Motorbetriebs während der Abgasmessung notwendig sind.

Die Volumenanteile folgender Abgasbestandteile werden gemessen: Sauerstoff (O<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Kohlenwasserstoffe (HC, entsprechend n-Hexan<sup>2)</sup>).

Folgende Motorparameter werden gemessen: Drehzahl  $n$ , Abgastemperatur  $T_{Abgas}$  und Motorenöltemperatur  $T_{Öl}$ .

### 2 Wesentliche Bauteile des Geräts

Das Gerät besteht im Wesentlichen aus folgenden Bauteilen (Abbildung 1):

- einer Entnahmesonde, die in das Auspuffrohr des Motors eingeführt wird, um die Abgasprobe zu entnehmen und die Gastemperatur des Abgases am Eintrittspunkt in die Sonde zu bestimmen,
- einer an die Entnahmesonde angeschlossenen Schlauchleitung, durch welche die Abgasprobe zum Gerät geführt wird,
- einer Pumpe, welche die Abgase durch das Gerät fördert,
- einem Wasserabscheider vor den Sensoren, durch den verhindert wird, dass Wasser im Inneren des Geräts kondensiert,
- einem Partikelfilter, durch den Partikel, die eine Verschmutzung verschiedener empfindlicher Teile des Gerät bewirken können, entfernt werden,
- Einlassöffnungen hinter dem Wasserabscheider und dem Partikelfilter, um Null- und Kalibriergas einzuleiten,
- einem System von Detektoren zur Analyse der Gasproben,
- einem System zur Erfassung der Motorendrehzahl<sup>3)</sup>,
- einem System zur Erfassung der Temperatur des Motorenöls,

---

1) Während bei Kalibriergasen die Konzentrationen als Stoffmengenanteile (mol/mol) angegeben werden, zeigen die Geräte die Werte als Volumenanteile an. Die Werte für die Volumenanteile und die Stoffmengenanteile werden in der Richtlinie als identisch angenommen.

2) Das Nachweisprinzip für Kohlenwasserstoffe (engl.: hydrocarbons, Abk.: HC) basiert auf der Infrarotabsorption von Gasen. Gerätetypen, die auf anderen Nachweisprinzipien basieren, aber den technischen Anforderungen und den entsprechenden Prüfungen genügen, sind nicht ausgeschlossen.

3) Die Drehzahlmessung erfolgt beispielsweise mittels Klemmgeber, OT-Geber (OT = oberer Totpunkt) oder optischer Erfassung am Schwungrad.

- einem Datenverarbeitungssystem zur Signalverarbeitung und einer Anzeigeeinrichtung für die Messergebnisse,
- einer Steuereinrichtung zur Ein- und Ausgabe von Geräteoperationen, Geräteinformationen und Meldungen zu Messablauf, Justierung etc., und
- einem Drucker.

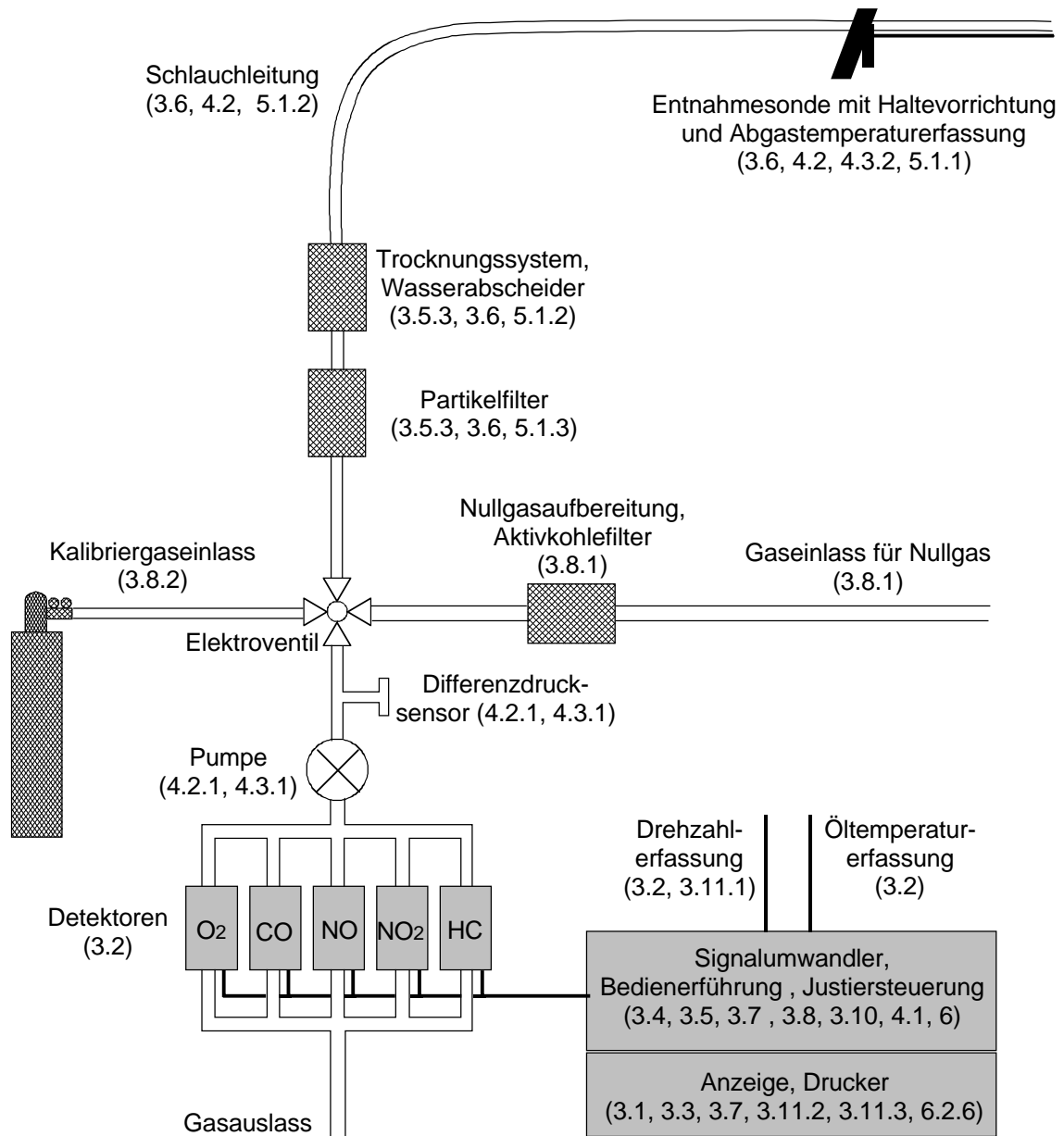


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Abgasmessgeräts als Beispiel (die Nummern in den Klammern bezeichnen die Ziffern im Text).

### 3 Metrologische Anforderungen

#### 3.1 Messbereiche und Auflösung

Die Anzeigebereiche und ihre zugehörige Auflösung müssen mindestens den folgenden Werten entsprechen:

Abgasbestandteile	Anzeigebereich	Auflösung
O <sub>2</sub>	0 bis 210 mL/L	1 mL/L
CO	0 bis 2000 µL/L <sup>4)</sup>	2 µL/L
NO	0 bis 2000 µL/L	2 µL/L
NO <sub>2</sub>	0 bis 500 µL/L	2 µL/L
HC	0 bis 2500 µL/L	2 µL/L
Motorparameter	Anzeigebereich	Auflösung
Drehzahl	0 bis 6000 min <sup>-1</sup>	10 min <sup>-1</sup>
Abgastemperatur	0 bis 700 °C	2 °C
Motorenöltemperatur	0 bis 120 °C	1 °C

#### 3.2 Fehlergrenzen

Die folgenden Fehlergrenzen<sup>5)</sup> (es gilt der grössere Wert von a und b × Messwert) gelten sowohl unter Referenz- (Ziffer 3.5.1) als auch Bemessungsbedingungen (Ziffer 3.5.2):

Abgasbestandteile	a (absolut)	b (relativ)
O <sub>2</sub>	3 mL/L	3 %
CO	20 µL/L	10 %
NO	20 µL/L	10 %
NO <sub>2</sub>	20 µL/L	10 %
HC	30 µL/L	5 %
Motorparameter	a (absolut)	b (relativ)
Drehzahl	30 min <sup>-1</sup>	2 %
Abgastemperatur	15 °C	10 %
Motorenöltemperatur	2 °C	3 %

#### 3.3 Ausgabe der Messergebnisse

Die Ausgabe der Messergebnisse erfolgt auf einer Anzeige und einem Drucker.

Die Anzeige und der Druck der Messergebnisse muss in SI-Einheiten<sup>6)</sup> erfolgen, eindeutig (Bezeichnungen) und gut leserlich (Zifferngrösse, Kontrast) sein. Der Druck des Belegs muss dauerhaft sein.

#### 3.4 Äquivalenzfaktor Propan/Hexan

Das Gerät muss HC in n-Hexan messen und kann mit Propan justiert werden. Daher muss bei jedem Gerät ein "C<sub>3</sub>-H<sub>6</sub>-Faktor" genannter Umrechnungsfaktor

<sup>4)</sup> Für den Volumenanteil wird anstelle der Einheit µL/L oft "ppm vol" verwendet.

<sup>5)</sup> VIM Ziffer 5.21

<sup>6)</sup> Einheiten-Verordnung vom 23. November 1994 (SR 941.202)

mit drei Stellen entweder als dauerhafte Aufschrift angegeben sein oder leicht angezeigt werden können.<sup>7)</sup>

### 3.5 Einflussgrössen <sup>8)</sup>

#### 3.5.1 Referenzbedingungen <sup>9)</sup>:

- a) Temperatur (20 ± 5) °C
- b) Rel. Luftfeuchtigkeit (60 ± 10) % rF
- c) Luftdruck stabile Umgebungsbedingungen
- d) Vorhandensein von Einfluss ausser den Messgrössen in N<sub>2</sub> ausübenden Gasbestandteilen

#### 3.5.2 Bemessungsbedingungen <sup>10)</sup>

- a) Temperatur (5 bis 40) °C
- b) Rel. Luftfeuchtigkeit bis 90 % rF
- c) Luftdruck (760 bis 1030) hPa

#### 3.5.3 Einfluss anderer Abgasbestandteile ausser der Messgrösse

Die Messung jeder Gaskomponente darf nicht um mehr als die Hälfte der Fehlergrenzen von anderen Abgasbestandteilen ausser der Messgrösse beeinflusst werden.

#### 3.5.4 Mechanische Stösse und Schwingungen

Nach mechanischen Stössen (Fallhöhe: 5 cm) und bei Schwingungen <sup>11)</sup> (Frequenzbereich 10 - 150 Hz, maximale Beschleunigung 20 m·s<sup>-2</sup>) dürfen keine groben Fehler auftreten, oder sie müssen vom Gerät als solche angezeigt werden.

#### 3.5.5 Elektromagnetische Störungen

Bei elektromagnetischen Störungen (SN EN 50082-2 <sup>12)</sup>) dürfen keine groben Fehler auftreten, oder sie müssen vom Gerät als solche angezeigt werden.

### 3.6 Einstelldauer <sup>13)</sup>

Bei der Messung von Gaskomponenten muss das Gerät 30 Sekunden nach der Beigabe des Gases an der Entnahmesonde zwischen 90 % und 95 % des Beharrungswerts anzeigen.

Bei der Messung von Temperaturen muss das Gerät 98 % des Beharrungswerts innerhalb von 100 Sekunden anzeigen.

7) Der Wert für diesen Faktor liegt üblicherweise zwischen 0,490 und 0,540.

8) VIM Ziffer 2.7

9) VIM Ziffer 5.7

10) VIM Ziffer 5.5

11) IEC-Publikation 60068-2-31. 1. Auflage, 1969: "Basic environmental testing procedures", Teil 2: Prüfungen, Prüfung Cc: "Drop and topple (procedure: Dropping on to a face)". IEC-Publikation 60068-2-6. 3. Auflage 1995: "Environmental testing - Part 2: Tests, Test Fc: Vibration (sinusoidal)".

12) SN EN 50082-2: 1995; Elektromagnetische Verträglichkeit, Fachgrundnorm Störfestigkeit, Teil 2: Industriebereich.

13) VIM 5.17

### 3.7 Abtastrate

Das Gerät muss mindestens alle 2 s Messwerte erfassen und anzeigen können.

### 3.8 Justierung

Das Gerät muss mindestens folgende Funktionen zum Justieren besitzen:

#### 3.8.1 *Justierung der Gasdetektoren mit Nullgas*

Die Justierung mit Nullgas muss vor jeder Messung erfolgen.

#### 3.8.2 *Justierung der Gasdetektoren mit Kalibriergas*

Die Justierung mit Kalibriergasen muss vom Gerät in geeigneten Abständen (Justierintervall) und mindestens einmal pro Jahr automatisch verlangt werden<sup>14)</sup>.

Das Messgerät muss die Messung verweigern, wenn das Justierintervall abgelaufen ist.

### 3.9 Messbeständigkeit<sup>15)</sup>

Die Messbeständigkeit in Bezug auf die Fehlergrenzen muss über die Dauer des Justierintervalls gewährleistet sein.

### 3.10 Anwärmzeit

Die Anwärmzeit darf höchstens 15 Minuten betragen.

### 3.11 Vorkehrungen zu Kontrollzwecken

#### 3.11.1 *Drehzahlerfassung*

Das Gerät muss über einen Signaleingang verfügen (z. B. BNC-Stecker), mit dem die Drehzahl mit einem periodischen Spannungssignal zwischen 5 V und 15 V erfasst werden kann.

#### 3.11.2 *Kontinuierliche Messung*

Neben dem automatischen Messablauf nach Ziffer 6 muss das Gerät über eine kontinuierliche Messfunktion und Anzeige verfügen.

#### 3.11.3 *Anzeige negativer Werte*

Das Gerät muss in der Nähe von Null negative Werte anzeigen können.

---

<sup>14)</sup> Eine Warnvorrichtung, die eine bald erforderliche Justierung ankündigt, kann sowohl bei automatischen als auch bei halbautomatischen Justierungen vorgesehen werden.

<sup>15)</sup> VIM 5.14

## 4 Anforderungen an die Funktionssicherheit

### 4.1 Allgemeines

- 4.1.1 Alle Einrichtungen zur Justierung müssen so konstruiert sein, dass sie mechanisch oder softwaremässig gesichert werden können.
- 4.1.2 Die Software zur Steuerung des Ablaufs und der Datenverarbeitung muss durch die Ausgabe von Erstellungsdatum, Versionsbezeichnung und Checksumme identifizierbar resp. prüfbar sein.

### 4.2 Kontrolleinrichtungen Typ I

#### 4.2.1 Leckprüfung (Typ I)

Das Gasführungssystem muss so dicht sein, dass das Messergebnis durch die Verdünnung mit Umgebungsluft höchstens um die Hälfte der Fehlergrenze verfälscht wird. Das Gerät muss täglich ein ausreichend genaues Leckprüfverfahren verlangen, mit dem unzulässige Lecks erkannt werden können. Beim Auftreten solcher Lecks muss das Gerät Messungen verhindern.

#### 4.2.2 Prüfung auf HC-Reste (Typ I)

Bei der Prüfung des HC-Restwerts <sup>16)</sup> wird die Anzeige von n-Hexan ermittelt, wenn die Entnahmesonde in Umgebungsluft gehalten wird. Das Gerät muss die Messung verweigern, wenn der HC-Restwert 20 µL/L n-Hexan übersteigt.

### 4.3 Kontrolleinrichtungen Typ P

#### 4.3.1 Prüfung des Mindestdurchflusses (Typ P)

Wenn der Gasdurchfluss so weit abnimmt, dass die zulässige Einstelldauer unterschritten wird oder der Messwert um die Hälfte der Fehlergrenze verfälscht wird, muss das Gerät die Messung verhindern.

#### 4.3.2 Temperaturüberwachung des Abgases (Typ P)

Das Messgerät muss den Benutzer warnen oder die Messung verweigern, wenn die Abgastemperatur 800 °C übersteigt.<sup>17)</sup>

## 5 Konstruktive Anforderungen

### 5.1 Anforderungen an das Gasführungssystem

- 5.1.1 Die Entnahmesonde muss mindestens 30 cm in das Auspuffrohr des Motors eingeführt und mit einer Halteeinrichtung befestigt werden können.
- 5.1.2 Das Gasführungssystem muss so ausgelegt sein, dass ausser in einem Wasserabscheider an keinem Punkt Wasser kondensiert. Dies ist gewährleistet, wenn die Abgastemperatur bei Bemessungsbedingungen im gesamten System nie unter 50 °C sinkt.

---

<sup>16)</sup> Bestimmung der Abgabe von HC aus der Entnahmesonde, der Schlauchleitung und des Partikelfilters.

<sup>17)</sup> Bei der Regeneration (Abbrennen) von Russfiltern im Auspuffsystem von Dieselmotoren können kurzzeitig wesentlich höhere Temperaturen auftreten.

5.1.3 Das Gasführungssystem muss eine Filtereinheit besitzen, die Teilchen mit einem Durchmesser  $> 5 \mu\text{m}$  abscheidet. Der Filter muss ohne Spezialwerkzeug leicht ersetzbar sein.

## 5.2 Anforderungen an die Aufschriften

5.2.1 Das Gerät muss mindestens folgende Aufschriften enthalten:

- Name des Herstellers
- Gerätebezeichnung
- Baujahr
- Seriennummer des Instruments
- Nummer des Konformitätszertifikats

5.2.2 Ausserdem muss der Wert des Propan-/Hexan-Äquivalenzfaktors am Gerät angebracht oder in der Anzeige abrufbar sein.

## 5.3 Bedienungsanleitung und Wartungsheft

5.3.1 Zu jedem Gerät gehören eine Bedienungsanleitung und ein Wartungsheft in italienischer, französischer oder deutscher Sprache.

5.3.2 Im Wartungsheft ist das Protokollieren mindestens der folgenden Angaben vorzusehen: Geräteidentifikation, ausgeführte Arbeiten, Datum, Name des Prüfers und Unterschrift.

Das Protokoll kann in Form einer Checkliste gemäss folgendem Muster gestaltet sein:

Marke: .....	Typ: .....
Serie Nr.: .....	Software Version: .....
Nachkontrolle: <input type="checkbox"/>	Wartung: <input type="checkbox"/> Reparatur: <input type="checkbox"/>
	n. i. O.      i. O.
Justierung mit Kalibriergas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Temperaturfühler Abgas justiert	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Temperaturfühler Motorenöl justiert	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Partikelfilter gewechselt	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sonde gereinigt	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sensor O <sub>2</sub> kontrolliert	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sensor NO kontrolliert	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sensor NO <sub>2</sub> kontrolliert	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Kommentar, Reparaturen: .....	
.....	
Firma: .....	Name: .....
Datum: .....	Unterschrift: .....

## 6 Anforderungen an den automatisierten Messablauf

Zur Beurteilung der Abgasemission wird in einem Ablauf (Messablauf) der Motor in verschiedene Betriebszustände gebracht. Die Abgasbestandteile und die Motorparameter werden für die verschiedenen Betriebszustände gemessen. Der Messablauf ist mittels Benutzerdialog weitgehend automatisiert. Die Messergebnisse für die Betriebszustände werden auf einem Beleg ausgedruckt.

### 6.1 Allgemeines

- 6.1 Der Messablauf muss ohne Unterbruch durchlaufen werden.
- 6.2 Wird die Messung in einen Betriebszustand verworfen, wird der ganze Messablauf verworfen.
- 6.3 Der Benutzer kann die Messung eines Betriebszustandes weglassen. Der Messablauf ist dann unvollständig.
- 6.4 Der Benutzer kann den Messablauf jederzeit abbrechen.
- 6.5 Der Beleg eines verworfenen, unvollständigen oder abgebrochenen Messablaufs wird mit einem entsprechenden gut lesbaren Hinweis versehen.

### 6.2 Messablauf

Der Messablauf setzt sich wie folgt zusammen:

- 6.2.1 Das Gerät führt mindestens die Kontrollen gemäss Ziffer 4.2 durch.
- 6.2.2 Das Gerät wird angeschlossen <sup>18)</sup>.
- 6.2.3 Betriebszustand tiefer Leerlauf: Der Motor wird unbelastet im tiefen Leerlauf gehalten. Sobald die Öltemperatur über 50 °C liegt und die Abgastemperatur sich weniger als 10 °C pro Minute ändert, beginnt die Messung. Sie dauert, bis alle Abgasbestandteile und die Drehzahl 60 s lang um weniger als die Fehlergrenzen von ihren Mittelwerten abweichen. Als Messergebnis gelten die Mittelwerte der Abgasbestandteile und Motorparameter.
- 6.2.4 Betriebszustand oberer Leerlauf: Der Motor wird unbelastet im oberen Leerlauf (Abregeldrehzahl) gehalten. Die Messung dauert bis alle Abgasbestandteile und die Drehzahl 30 s lang um weniger als die Fehlergrenzen von ihren Mittelwerten abweichen. Als Ergebnis gelten die am Schluss gemessenen Werte der Abgasbestandteile und Motorparameter. Ist die Messung nach 3 Minuten nicht abgeschlossen, wird die Messung beendet und gilt als verworfen.
- 6.2.5 Betriebszustand Vollast: Der Motor wird bei einer motorspezifischen Drehzahl belastet. Die Messung dauert, bis alle Abgasbestandteile und die Drehzahl 30 s lang um weniger als die Fehlergrenzen von ihren Mittelwerten abweichen. Als Ergebnis gelten die am Schluss gemessenen Werte der Abgasbestandteile und Motorparameter. Ist die Messung nach 4 Minuten nicht abgeschlossen, wird die Messung beendet und gilt als verworfen.

---

<sup>18)</sup> Sämtliche Anschlüsse werden bis zum Ende des Messablaufs am Motor respektive Auspuff belassen.

6.2.6 Am Schluss des Messablaufs wird automatisch ein Beleg im Doppel angefertigt. Er muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- Datum und Zeit der Messung
- Name und Adresse der Messstation
- Name des Prüfers
- Geräteidentifikation (z. B. Seriennummer)
- Datenfeld zur Identifikation des Motors (z. B. Motor- oder Chassisnummer)
- Datenfeld für Betriebsstunden oder Kilometerstand
- Je Betriebszustand die Messergebnisse (Volumenanteile von O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, HC; Drehzahl; Abgastemperatur; Motorenöltemperatur)