



# TA 1400-0300

Technische Anweisung

## Anleitung zur NOx-Messung und LEANOX-Einstellung



© INNIO Jenbacher GmbH & Co OG  
Achenseestr. 1-3  
A-6200 Jenbach, Austria  
[www.innio.com](http://www.innio.com)



1	Anwendungsbereich.....	1
2	Zweck .....	1
3	Sicherheitshinweise.....	2
4	Zusätzliche Informationen.....	2
5	Allgemeines .....	2
5.1	INNIO Lösungen zur Einhaltung der Emissionslimits .....	3
5.2	Einflussfaktoren auf die Emissionen .....	3
5.2.1	Gasqualität .....	4
5.2.2	Feuchte im Gas-/Luftgemisch .....	4
5.2.3	Motorkühlwassertemperaturschwankungen.....	5
5.2.4	Temperaturschwankung des Niedertemperaturkreises .....	5
5.2.5	Klopfregelung .....	5
5.2.6	Alterung des Brennraumes (Ablagerungen).....	6
6	Messmittel und Durchführung der Emissionsmessung.....	7
6.1	Kalibrierung des Messkoffers mit Prüfgas .....	7
6.2	Kalibrierung des Messkoffers mit Umgebungsluft.....	7
6.3	Ort der Emissionsmessung .....	8
6.4	Randbedingungen für die Emissionsmessung.....	9
6.5	Durchführung der Emissionsmessung .....	9
6.6	Messzeit.....	9
6.7	Dokumentation .....	9
7	Einstellwerte für NOx.....	10
8	Revisionsvermerk .....	11

---

**Die Zielstellen dieses Dokumentes sind:**

Vetriebspartner, Servicepartner, IB-Partner, Töchter/Außenstellen, Standort Jenbach

---

**Eigentumsrechtlicher Hinweis von INNIO: VERTRAULICH**

Die Informationen in diesem Dokument sind geschützte Informationen der INNIO Jenbacher GmbH & Co OG und deren Tochtergesellschaften und vertraulich. Sie sind Eigentum von INNIO und dürfen ohne vorherige schriftliche Genehmigung nicht verwendet, an Dritte weitergeleitet oder vervielfältigt werden. Hierzu zählt auch, aber nicht ausschließlich, die Nutzung der Informationen zur Erstellung, Herstellung, Entwicklung oder Ableitung von Reparaturen, Modifizierungen, Ersatzteilen, Konstruktionen oder Konfigurationsänderungen oder deren Beantragung bei staatlichen Behörden. Wenn die vollständige oder teilweise Vervielfältigung genehmigt wurde, sind dieser Hinweis sowie der weitere Hinweis auf allen Seiten dieses Dokuments ganz oder teilweise zu vermerken.

---

**GEDRUCKTE ODER ELEKTRONISCH VERMITTELTE VERSIONEN SIND NICHT KONTROLLIERT**

---

## 1 Anwendungsbereich

Diese Technische Anweisung (TA) gilt für folgende Jenbacher Gasmotoren:

- Baureihe 2
- Baureihe 3
- Baureihe 4
- Baureihe 6
- Baureihe 9

## 2 Zweck

Diese Technische Anweisung [TA] beschreibt das Vorgehen zur Einhaltung der reglementierten Abgasemissionen, bei der Anlagenkonzeption, wie auch im laufenden Motorbetrieb.

### 3 Sicherheitshinweise

#### **⚠️ WARNUNG**



##### **Personenschaden**

Wird keine persönliche Schutzausrüstung getragen bzw. die Sicherheitsvorschriften oder der Arbeitnehmerschutz nicht beachtet kann es zu Personenschäden kommen.

- Entsprechende Persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen.
- Sicherheitsvorschriften laut Technischer Anweisung 2300-0005 beachten.
- Hinweise zu Arbeitnehmerschutz laut Technischer Anweisung 2300-0001 beachten.

### 4 Zusätzliche Informationen

INNIO Jenbacher GmbH & Co OG lehnt sich bei der Motorentwicklung stark an die TA Luft an (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, vom 24. Juli 2002), in der die Schadstoffe CO, NOx & CH<sub>2</sub>O limitiert sind. Als Hilfestellung für den Betreiber des Motors bzw. der Motoranlage wird auf zwei VDI-Richtlinien (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE) verwiesen, wie Emissionsmessungen zu planen und durchzuführen sind.

- VDI 2448 Planung von stichprobenartigen Emissionsmessungen an geführten Quellen
- VDI 4200 Durchführung von Emissionsmessungen an geführten Quellen

Eine 1:1 Umsetzung im Bereich Motorkraftwerke ist zum Teil schwierig bzw. nicht möglich, es werden dennoch wertvolle Hinweise die die Abnahme und wiederkehrende Emissionsmessungen erleichtern gegeben.

#### **Relevante Dokumente**

**E 8057** - Datenerfassung NOx-Messung

**IW 0309 M0** - Zündkerzen

**IW 8057 M4** - NOx - Messung

**TA 1310-0011** - Standardwerkzeugkatalog

**TA 1400-0200** - Motoroptimierung - Baureihe 4

**TA 1503-0041** - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 Gasmischer für DIA.NE XT

**TA 1503-0042** - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 TecJet für DIA.NE XT

**TA 1503-0043** - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.4 für DIA.NE XT

**TA 1503-0045** - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.6 (Diane blau)

**TA 1503-0046** - Motoreinstellanweisung - BR.6 (Diane XT)

**TA 1503-0047** - Motoreinstellanweisung - Baureihe 6 (DIA.NE XT)

**TA 1503-0050** - Ölverbrauchszähler Online Ölverbrauchsmessung

**TA 1510-0067** - Einstellanweisung für Gasart 1-2

**TA 1530-0181** - Feuchtekompensation Ansaugluft

### 5 Allgemeines

Verbrennungsmotoren unterliegen in der Regel einer Emissionsvorschrift. Bei den Emissionen muss zwischen Motor-Rohemissionen (gemessen nach der Turbine des Abgasturboladers) und den Anlagen Emissionen (am Schornsteinaustritt nach einer etwaigen Abgasnachbehandlung) unterschieden werden. Zumeist schreibt die Genehmigungsbehörde die Emissionsgrenzwerte im Schornstein beim Übertritt des Abgases von der Anlage zur Umwelt vor. Jeder Betreiber einer Anlage ist gesetzlich verpflichtet, für ihren

ordnungsgemäßen Betrieb und für die Überwachung sowie Einhaltung der gesetzlich festgelegten Emissions-Grenzwerte sowie für die richtige Wartung der Anlage zu sorgen. Die folgenden Schadstoffe unterliegen bei Gasmotoren oft einer Reglementierung, Stand siehe Datum Revisionsverlauf:

- Kohlenmonoxid: CO
- Stickstoffoxid: NOx (Summe aus NO und NO<sub>2</sub>)
- Formaldehyd: CH<sub>2</sub>O
- Weitere Schadstoffe können anlagenspezifisch reglementiert sein. Die Grenzwerte sind der jeweiligen Genehmigungen der Anlage zu entnehmen.

## 5.1 INNIO Lösungen zur Einhaltung der Emissionslimits

### Kohlenmonoxide (CO):

- Motor-Rohemissionen sind geringer als das vorgeschriebene Limit – Keine Abgasnachbehandlung notwendig.
- Motor-Rohemissionen sind höher als das vorgeschriebene Limit
  - Verwendung eines CO-Oxidationskatalysators zur Abgasnachbehandlung.
  - Verwendung einer „Regenerativ Thermischen Oxidationsanlage“ (Cl.Air® System).

### Stickstoffoxide (NOx):

- Verwendung des Magergemischverbrennungsprinzips zur innermotorischen Reduktion der NOx-Emissionen: Einmessen und Einstellen des Motors durch periodische Messung der NOx-Emissionen in definierten Intervallen und Verwendung eines Reglers (LEANOX-Regler) der im zulässigen Teil-Last bis Voll-Last Betriebsbereich die NOx-Emissionswerte vorsteuert.
- Verwendung eines SCR (Selective Catalytic Reduction) Katalysatorsystems zur weiteren Reduktion der NOx-Emissionen.

### Formaldehyd (CH<sub>2</sub>O):

- Motor-Rohemissionen sind geringer als das vorgeschriebene Limit – Keine Abgasnachbehandlung notwendig.
- Motor-Rohemissionen sind höher als das vorgeschriebene Limit:
  - Verwendung eines CH<sub>2</sub>O-Oxidationskatalysators.
  - Verwendung einer „Regenerativ Thermischen Oxidationsanlage“ (Cl.Air® System).

## 5.2 Einflussfaktoren auf die Emissionen

Jenbacher Gasmotoren verfügen über keine permanente Emissionsmessung und werden indirekt auf die NOx-Emissionen geregelt. Aufgrund von Einflussparametern, wie beispielsweise Brennraumablagerungen (und weitere, wie folgt beschrieben), muss der Betreiber die Emissionen in vorgeschriebenen Intervallen kontrollieren, den Motor bzgl. NOx-Emissionen ggf. nachstellen (Justage LEANOX-Regler) und eventuell die Abgasnachbehandlung (ungeregelte Oxikats für CO oder CH<sub>2</sub>O und geregelte SCR-DeNOx Systeme) warten. Physikalisch bedingt kommt es bei jeder Anlage, unabhängig von Motortype und -größe, zu einer Drift der Emissionen. Folgende Punkte beeinflussen die Motor-Rohemissionen und müssen während der Anlagenplanung, bei der Motorerstinbetriebnahme wie auch im Motorbetrieb (Service) beachtet werden. Folgende Tabelle gibt einen Überblick der Einflussfaktoren, wie auch eine Matrix, wann die Einflussfaktoren zu beachten sind.

<b>Einflussfaktoren auf die Motor-Rohemissionen</b>	<b>Anlagenplanung</b>	<b>Motorerstinbetriebnahme</b>	<b>Motorbetrieb (Service)</b>
Schwankung der Gasqualität	X	X	X

<b>Einflussfaktoren auf die Motor-Rohemissionen</b>	<b>Anlagenplanung</b>	<b>Motorerstinbetriebnahme</b>	<b>Motorbetrieb (Service)</b>
Schwankung der Feuchte im Gas-/Luftgemisch	X	X	X
Schwankung der Motorkühlwassertemperatur	X		
Schwankung der Temperatur des Niedertemperaturkühlkreises	X	X	
Klopfregelung			X
Ablagerungen im Brennraum			X

### 5.2.1 Gasqualität

Durch Änderungen der Gasqualität, sprich des Heizwertes des Brenngases, können sich auch die Motor-Rohemissionen ändern. Bei Erdgasbetrieb stellt der Gasversorger sicher, dass der Heizwert des Brenngases in gewissen Grenzen konstant gehalten wird. Bei Betrieb des Motors mit Nicht-Erdgasen z.B. Biogas (nicht durch einen Gasversorger kontrollierte Gasqualität), kommt es speziell durch Schwankungen der Brenngaskomponenten CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub> zu einem wesentlichen Einfluss auf die NO<sub>x</sub>-Motor-Rohemissionen. Zur weitest gehenden Kompensation von Brenngasheizwertschwankungen sind Jenbacher Motorsteuerungen für Biogasanlagen oder andere methanhaltigen Brenngasen mit einem „Zweigasbetrieb“ LEANOX-Regler ausgestattet. Für den Zweigasbetrieb muss der CH<sub>4</sub>-Gehalt des Brenngases gemessen und der Motorsteuerung übermittelt werden.

Empfehlung bei Gasqualitätsschwankungen:

- Erdgasbetrieb mit geringen Heizwertschwankungen ( $\Delta H_u [\text{kWh/Nm}^3] < 5 \%$ ): NO<sub>x</sub>-Schwankungen können vernachlässigt werden.
- Methanhaltige Gase / Biogasbetrieb (schwankende Gasbestandteile N<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> > 5 %Vol. und  $\Delta H_u [\text{kWh/Nm}^3] > 5 \%$ ): Anwendung des Zweigasbetriebes mit beigestelltem CH<sub>4</sub> Signal (siehe TA 1510-0067 - Einstellanweisung für Gasart 1-2)

### 5.2.2 Feuchte im Gas-/Luftgemisch

Durch den prozess- oder witterungsbedingten Wasserdampf in der Ansaugluft und dem Brenngas der Motoranlage und vor allem durch deren täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen kommt es zur Beeinflussung der NO<sub>x</sub>-Motor-Rohemissionen. INNIO Jenbacher GmbH & Co OG bietet ein „Feuchtepaket“ an, welches am Luftfilter des Motors (Sensor) und in der Motorsteuerung integriert werden kann (keine Standardausrüstung). Dadurch kann regelungstechnisch eine unter bestimmten Randbedingungen mögliche Wasserdampfkondensation im Motor verhindert und der Einfluss schwankender Luftfeuchtegehalte speziell auf die NO<sub>x</sub>-Emissionen über den LEANOX-Regler minimiert werden. Dabei wird regelungstechnisch die eingemessene LEANOX-Regelgerade verschoben und dadurch kompensiert. Da der Feuchtegehalt in der Luft ausschlaggebend ist (das Brenngas-/Luftgemisch besteht zu ca. 95 vol.-% aus Luft und nur zu ca. 5 vol.-% aus Brenngas), wird auf eine Feuchtemessung des Brenngases verzichtet.

Empfehlung bei stark schwankenden Ansaugluftfeuchtegehalten:

- Bei Motorbetrieb mit großen Luftfeuchteschwankungen (schwankende Luftfeuchte > 5 gH<sub>2</sub>O/kg Luft) empfiehlt sich die Verwendung der Option Feuchtekompensation mittels Sensorelement in der Ansaugluft. (siehe TA 1530-0181 - Feuchtekompensation Ansaugluft)
- Alternativ zum „Feuchtepaket“, sollten die NO<sub>x</sub>-Werte bei geringster Ansaugluftfeuchte eingestellt werden. Dies stellt den „ungünstigsten“ Zustand dar. Eine Erhöhung der Luftfeuchte bewirkt eine Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen.

### 5.2.3 Motorkühlwassertemperaturschwankungen

Schwankungen der Motorkühlwassertemperatur (Hochtemperaturkühlkreis) oder der Öltemperatur, aufgrund des eingebundenen Ölwärmetauschers, bewirken durch Änderungen der Brennraumkühlung Unterschiede in der NOx-Bildung. Bei der Anlagenkonzeption soll sichergestellt werden, dass die Motorkühlwassertemperatur konstant bleibt.

Empfehlung:

- Um sicherzustellen, dass die Beeinflussung des Motorkühlwassers auf die NOx-Emissionen gering und somit vernachlässigbar ist, soll die Schwankung  $\pm 1\text{ °C}$  nicht übersteigen.
- Bei Anlagenbetrieb mit stark schwankenden Temperaturniveaus kann ein Regelventil zum Konstant halten der Motorkühlwassertemperatur vorgesehen werden.

### 5.2.4 Temperaturschwankung des Niedertemperaturkreises

Jenbacher Gasmotoren werden üblicherweise mit einem zweiten Niedertemperatur-Kühlkreis, zur weiteren Absenkung der Gemischtemperatur ( $t_2'$ ) betrieben. Schwankungen der Temperatur- und/oder Durchflussraten im Niedertemperaturkühlwasserkreis, haben direkten Einfluss auf die Gemischtemperatur und beeinflussen somit die NOx-Bildung.

Empfehlung:

- Die Beeinflussung der NOx-Bildung durch Schwankungen der Gemischtemperatur ( $t_2'$ ) ist vernachlässigbar, solange die Schwankung  $\pm 1,0\text{ °C}$  nicht übersteigt. Dies kann anlagenseitig berücksichtigt werden bzw. über die Motorsteuerung geregelt werden.
- Ist es nicht möglich die Gemischtemperatur ( $t_2'$ ) anlagenseitig zu stabilisieren, so verfügt die Jenbacher Motorsteuerung über eine Kompensation des LEANOX-Reglers. Es muss darauf geachtet werden, dass diese Kompensation aktiviert und richtig parametrier ist. Siehe:
  - TA 1503-0041 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 Gasmischer für DIA.NE XT
  - TA 1503-0042 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 TecJet für DIA.NE XT
  - TA 1503-0043 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.4 für DIA.NE XT
  - TA 1503-0045 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.6 (Diane blau)
  - TA 1503-0046 - Motoreinstellanweisung - BR.6 (Diane XT)
  - TA 1503-0047 - Motoreinstellanweisung - Baureihe 6 (DIA.NE XT)

### 5.2.5 Klopfregelung

Um Brennraumkomponenten im klopfenden Motorbetrieb vor Beschädigung zu schützen, wird als schnelle Gegenmaßnahme durch die Klopfregelung der Motorsteuerung der Zündzeitpunkt nach spät verschoben. Eine Änderung des Zündzeitpunktes hat eine Änderung des Zylinderspitzen druckes und eine Änderung der NOx-Bildung zur Folge. Der Zündzeitpunkt wird bei der Klopfregelung nur nach spät verschoben. Dies bewirkt eine Reduktion des Spitzen druckes und somit der NOx-Emissionen und ist somit unkritisch.

Empfehlung:

- Bei einer Änderung des **mittleren** Motorzündzeitpunktes von  $\Delta ZZZP < 0,5\text{ °KW}$  kann der Einfluss auf die NOx-Werte vernachlässigt werden.
- Reduziert der Klopfregler den mittleren ZZZP  $> 0,5\text{ °KW}$  so besteht die Möglichkeit dies mit einer in der Motorsteuerung enthaltenen Funktion zu kompensieren. Es muss darauf geachtet werden, dass diese Kompensation aktiviert und richtig parametrier ist. Siehe



- TA 1503-0041 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 Gasmischer für DIA.NE XT
- TA 1503-0042 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 TecJet für DIA.NE XT
- TA 1503-0043 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.4 für DIA.NE XT
- TA 1503-0045 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.6 (Diane blau)
- TA 1503-0046 - Motoreinstellanweisung - BR.6 (Diane XT)
- TA 1503-0047 - Motoreinstellanweisung - Baureihe 6 (DIA.NE XT)

### **5.2.6 Alterung des Brennraumes (Ablagerungen)**

Die Motor-Rohemissionen entstehen im Brennraum. Gasmotoren sind für sehr lange Lebensdauern konzipiert (60 000 – 80 000 Bh bis zur ersten Generalüberholung). Durch den langen Motorbetrieb altert der Brennraum und die angrenzenden Bauteile.

Folgende Aspekte müssen beachtet werden:

Durch den Verschleiß der Zündkerzen und der Ventil-/Ventilsitzpaarung werden die Emissionen nur unwesentlich beeinflusst. Einen größeren Einfluss auf die Emissionsdrift hat der Ablagerungsaufbau im Brennraum (Feuerplatte des Zylinderkopfes und an der Kolbenkrone). Dies wird durch kontaminiertes Brenngas (z.B. Silikate, ...) und durch den Ölverbrauch (z.B. Öltype, Öladditive, Wartung des Ölnebelabscheiders, die Motorbetriebsweise wie Anzahl der Starts und Lastprofil, ...), bestimmt. Ausgeprägte Brennraumablagerungen erhöhen die NOx-, CO- und THC-Emissionen.

Empfehlung:

- Sind die NOx-Emissionen zu hoch, so muss der LEANOX-Regler neu eingemessen werden, um die NOx-Rohemissionen wieder zu senken.
  - TA 1503-0041 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 Gasmischer für DIA.NE XT
  - TA 1503-0042 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.2/3 TecJet für DIA.NE XT
  - TA 1503-0043 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.4 für DIA.NE XT
  - TA 1503-0045 - Motoreinstellanweisung, erweiterte Leanoxregelung BR.6 (Diane blau)
  - TA 1503-0046 - Motoreinstellanweisung - BR.6 (Diane XT)
  - TA 1503-0047 - Motoreinstellanweisung - Baureihe 6 (DIA.NE XT)
- Die NOx-Emissionen sind am jeweiligen Betriebspunkt eine Funktion des Zylinderdruckes. Hat der Motor ausgeprägte Brennraumablagerungen oder große Variationen von Zylinder zu Zylinder, so produzieren einzelne Zylinder überproportional mehr NOx. Die zylinderspezifischen NOx-Emissionen können durch Messen und Justieren des zylinderspezifischen Zündzeitpunktes vergleichmäßig und somit gesenkt werden. In folgender technischen Anweisung wird dies für die Baureihe 4 beschrieben. Dies kann aber auch auf Baureihe 3 angewendet werden.
  - TA 1400-0200 - Motoroptimierung - Baureihe 4
- Niedrige Öltemperaturen im Bereich 70 °C bis 75 °C verlängern die Ölstandzeit. Auch kann der Öleintrag in den Brennraum, verursacht durch geringere Viskosität bei niedrigen Öltemperaturen reduziert werden und somit sinkt die Bildungsrate der Ölascheablagerungen im Brennraum. Eine Reduktion der Öltemperatur kann durch Verwendung von größeren Ölwärmetauschern erreicht werden.
- Anwendung der IW 0309 M0, um Zündaussetzer zu vermeiden.
- Die Funktion des Ölnebelabscheiders (Blow-by Abscheider) muss gewährleistet sein.
- Sind die CO-, NOx- und HC-Rohemissionen zu hoch, so muss eine Brennraumreinigung durchgeführt werden, da die vergrößerte Brennraumoberfläche unverbrannte bzw. unvollständig verbrannte Gasbestandteile aufnimmt und emittiert. Die richtige Durchführung der Brennraumreinigung ist beim



Excellence Center zu erfragen. Das Product Training Center behandelt das Thema Brennraumreinigung (Kolben, Zylinderkopf und Schaberling) im demontierten Zustand im Rahmen der Wartungstrainings.

Der Einfluss der Treibgaskontamination bzw. der Verbrennungsrückstände des Schmieröles auf Ablagerungen im Brennraum und somit auf die Emissionen sind motor- bzw. anlagenspezifisch und müssen im Motorbetrieb ermittelt werden.

## **6 Messmittel und Durchführung der Emissionsmessung**

Ein Abgasmesskoffer zur Bestimmung der NOx-Emissionswerte ist im Vergleich zu alternativen Messverfahren eine kostengünstige Lösung. Geeignete Abgasmesskoffer sollten mindestens Messzellen für NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> und auch CO enthalten. Die Anzeige und Umrechnung der Messwerte sollte in den landestypischen Einheiten erfolgen, so dass ein einfacher Vergleich mit den Anforderungen möglich ist.

Beispiel:

Ausgabe in mg/Nm<sup>3</sup>@5%O<sub>2</sub>-trocken (Milligramm pro Normkubikmeter bei 5 Prozent Restsauerstoff im trockenen Abgas), mit Normstandard nach DIN 1343 (273,15 K; 1013,25 hPa) und Umrechnung auf 5% Bezugssauerstoffgehalt.

Die Messgenauigkeit handelsüblicher Messgeräte wird typischerweise unter Laborbedingungen, einem frisch kalibrierten Messgerät (mit Prüfgas, unmittelbar vor der Messung) und ohne Quereinflüsse anderer Komponenten im Abgas bei NO, NO<sub>2</sub>, CO auf  $\pm 5\%$  und bei O<sub>2</sub> auf  $\pm 0,2\%$  angegeben. Im Falle der NOx-Emissionen in mg/Nm<sup>3</sup> bezogen auf einen Bezugssauerstoffgehalt ist im Bestfall eine Genauigkeit von  $\pm 25\text{ mg/Nm}^3@5\%\text{O}_2\text{-trocken}$  zu erreichen. Da Querempfindlichkeiten zu anderen Abgasbestandteilen vorhanden sind und zumeist kein Prüfgas zur Kalibrierung vor Ort mitgeführt wird, ist mit größeren Messtoleranzen zu rechnen.

Je nach lokaler Emissionsvorschrift werden Toleranzen hinzu- oder abgezogen. Bei Unkenntnis der genauen Regularien, sollte sicherheitshalber immer die Messtoleranz dem Messwert hinzugerechnet werden, sprich die Messtoleranz wird vorgehalten und der LEANOX-Regler des Motors so parametriert, dass die Summe beider Werte unter dem Sollwert bleibt.

Um die erforderliche Genauigkeit der Emissionsmessung einzuhalten sind die von INNIO vorgeschriebenen Abgasmessgeräte des Standardwerkzeugkataloges, bzw. Messgeräte mit der gleichen oder besseren Messgenauigkeitsspezifikation, zu verwenden. Die Abgasmessgeräte sind in TA 1310-0011 definiert.

### **6.1 Kalibrierung des Messkoffers mit Prüfgas**

Wenn möglich sollte zur Erzielung kleinster Messtoleranzen das Emissionsmessgerät unmittelbar vor der Messung und vor Ort, zur Kompensation von Druck- und Temperatureinfluss auf die Messzelle, mit Prüfgas (NO und NO<sub>2</sub>) kalibriert werden. Sollte das nicht möglich sein, muss bei der Einmessung des LEANOX-Reglers, eine größere Messtoleranz, enthalten in Kapitel  $\Rightarrow$  Einstellwerte für NOx, vorgehalten werden.

Eine Überprüfung, Wartung und Kalibrierung des Messgerätes ist mindestens 1-mal jährlich nach Herstellervorgaben durchzuführen. Die Kalibrier- und Wartungsprotokolle des Herstellers oder einer qualifizierten Person müssen aufbewahrt werden und verfügbar sein.

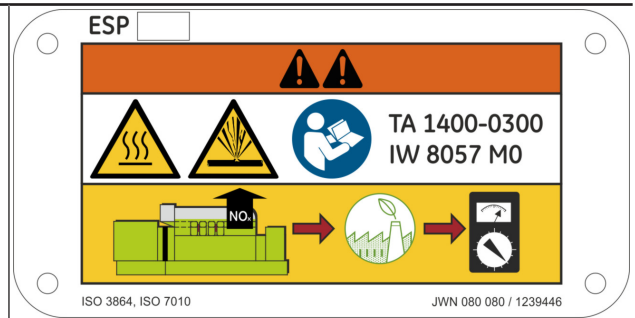
### **6.2 Kalibrierung des Messkoffers mit Umgebungsluft**

Die Abgasmesskoffer müssen vor jeder Messung mit Umgebungsluft gespült und kalibriert werden. Es muss sichergestellt sein, dass die Umgebungsluft nicht kontaminiert ist, um eine Falschkalibrierung zu vermeiden. Die Kalibrierung muss bei Temperaturen von  $>5\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis maximal  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  und in gut durchlüfteten Räumen, oder im Freien erfolgen.

### 6.3 Ort der Emissionsmessung

Für die Durchführung der Emissionsmessung, muss eine Messstelle vorgesehen werden. Die Dimension soll ½ Zoll (nicht kleiner) mit Verschlusschraube sein. Die Stelle muss frei zugänglich sein. Ein Platzbedarf von 1 m x 1 m ist vorzusehen. Weiters muss die Verschlusschraube mit einer Rohrzange zu öffnen sein, d.h. die Isolierung ist so zu gestalten, dass man die Rohrzange an der Verschlusschraube ansetzen kann. Die Emissionsmessstellen (**Emission Sample Point**) sind im technischen Schema eingetragen (ESP1.0, ESP2.0, ...) und sind auf der Anlage mit einem entsprechenden Schild zu kennzeichnen.

Aufkleber - Tlnr. 1239446



Die Emissionsmessstellen für die Abgasmesskoffer variieren je nach INNIO Jenbacher GmbH & Co OG Lieferumfang und dem lokalen Anlagenbau.

Der Betreiber der Anlage ist gefordert, die Emissionswerte am Kamin Austritt einzuhalten, so dass im Regelfall eine geeignete Messstelle am Kamin für die Justage des LEANOX-Reglers (Einmessung) genutzt werden sollte.

Ausnahmen und Zusatzmessungen können bei Anwendungsfällen mit Abgasreinigungsanlagen auftreten.

Beispiele zur LEANOX Einmessung:

- Bei Verwendung von Oxidationskatalysatoren -> LEANOX-Einmessung am Kamin, nach dem Katalysator
- Bei Verwendung von Cl.Air-Systemen -> LEANOX-Einmessung am Kamin nach der Cl.Air und Kontrolle der Motoremissionen vor Cl.Air. NOx-Abweichungen von größer 10 % zwischen den beiden Werten können auf Fehlfunktionen hindeuten und sind zu klären
- Bei Verwendung von SCR-DeNOx- oder SCR-Oxi-Systemen -> LEANOX-Einmessung nach Motor **vor** Reduktionsmittelzugabe für den SCR und Einstellung auf vertraglich spezifizierten Emissionswert (ohne Berücksichtigung der Messtoleranzen) und anschließende Kontrolle der Emissionswerte am Kamin, nachdem der SCR einen stabilen Betriebspunkt erreicht hat
- Bei Sondergasanlagen mit Abgasreinigung, sind neben der Messung am Kamin grundsätzlich auch die Emissionswerte nach dem Motor zu ermitteln und zu dokumentieren. Die Einmessung des LEANOX erfolgt, wenn die Abgasreinigung im INNIO Lieferumfang ist am Kamin, sonst nach dem Motor.

Grundsätzlich sollte die Messsonde im zu messenden Abgasstrom der Abgasanlage möglichst mittig im Rohr, mindestens aber 100 mm von der Innenwand Richtung Rohrmitte entfernt, möglichst weit nach Abgasnachbehandlungssystemen positioniert werden. Direkt nach Abgasnachbehandlungssystemen kann es durch Strahlenbildung im Abgassystem zu Fehlmessungen führen, in der Regel vermischt sich das Abgas bis zum Kamin aber hinreichend, so dass am Kamin reproduzierbare Resultate ermittelt werden können.

Messstellen am Motor sind z.B. bei Baureihe 4 die Öffnungen im Abgaskrümmernach dem Turbolader, bei Baureihe 6 die 90°-Bögen nach den Turboladern (beidseitig messen und ggf. Motor so einstellen, dass der Mittelwert beider Bänke der Vorgabe entspricht). Bei der Isolierung der Anlage ist darauf zu achten, dass Messstellen frei zugänglich bleiben bzw. EHS konforme Isolationsausschnitte vorgesehen werden.



Alle Emissionswerte des Abgasmesskoffers und deren Einheiten sind in die E 8057 - Datenerfassung NOx-Messung einzutragen.

## 6.4 Randbedingungen für die Emissionsmessung

Der Motor muss sich 10 Minuten vor der Messung und während der Messung in einem stabilen Betriebspunkt befinden. Ein Indikator ist die elektrische Nennleistung, die max.  $\pm 1,5$  % von der Solleistung abweichen darf. Weiters soll die Motorkühlwassertemperatur, wie auch die Gemischtemperatur um nicht mehr als  $\pm 1$  °C schwanken. Es dürfen keine gravierenden Zündaussetzer auftreten, dies kann auf der Motorsteuerung ermittelt werden. Der Aussetzer-Integrator soll 0 % anzeigen und  $I_{dyn} < 3,0$  %, bei einem Beobachtungszeitraum von 1 Minute sein. Es ist auch darauf zu achten, dass der mittlere Zündzeitpunkt stabil ist (Abweichung  $< 0,2$  °KW).

## 6.5 Durchführung der Emissionsmessung

Voraussetzung für die Einmessung und Parametrierung des LEANOX-Reglers ist mindestens ein Passwortlevel 15 für den erweiterten Zugriff auf DIA.NE XT Steuerungen. Um den Level 15 Zugriff freigeschalten zu bekommen, sind unter anderem diverse Schulungen notwendig, die vom Jenbacher Product Training Center angeboten werden.

Vor Start der Emissionsmessung muss man sich mit dem Messgerät mittels Bedienungsanleitung vertraut machen. Die Messzellen im Messgerät müssen sich am Messort (Umgebungsdruck und Umgebungstemperatur) akklimatisieren. Es wird empfohlen das ausgeschaltete Messgerät am Messort 1-2 h akklimatisieren zu lassen. Das Messgerät soll nur im Temperaturbereich  $> 5$  °C bis max. 40 °C betrieben werden (siehe Bedienungsanleitung).

## 6.6 Messzeit

Die Emissionsmessung soll bei jedem Messpunkt ca. 2 Minuten dauern. Der Messwert ist über 1 Minute zu mitteln und der Mittelwert ist zu dokumentieren. Da der Messwert schwankt, soll auch der Maximalwert und Minimalwert dokumentiert werden. Ist die Schwankungsbreite viel größer als  $\pm 5$  % soll der Service kontaktiert werden.

## 6.7 Dokumentation

Die Messwerte müssen nach der LEANOX-Korrektur dokumentiert werden. Folgende Komponenten müssen mit der entsprechenden Einheit dokumentiert und im Betriebstagebuch, wie auch im Servicetechnikerbericht archiviert werden:

- NO in [ppm]
- NO<sub>2</sub> in [ppm]
- O<sub>2</sub> in [%]
- CO in [ppm] (optional, wenn verfügbar)
- NO<sub>x</sub> in [mg/Nm<sup>3</sup>@5%O<sub>2</sub>-trocken]
- Elektrische Istleistung Pel (nicht der Parameterwert)
- Istladelufttemperatur t<sub>2'</sub> (nicht der Parameterwert)
- Istladedruck p<sub>2'</sub> (nicht der Parameterwert)

Berechnungsformel für NOx bei Verwendung von handelsüblichen Abgasmessköffern (mit Messung des trockenen, kondensierten Abgases):

$$NO_x \left[ \frac{mg}{Nm^3} @ 5\% O_{2\text{trocken}} \right] = \frac{NO_x [ppm] * \rho_{NO_2} \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * (21 - O_{2\text{Bezug}} [\%])}{21 - O_2 [\%]}$$

NOx	[ppm]	Summe der NO [ppm] und NO2 [ppm] Messwert
ρNO2	[kg/m³]	Dichte von NO2 ist 2,05 kg/m³
O2Bezug	[%]	Bezugssauerstoff, in diesem Fall O2Bezug ist 5 % (TA-Luft 2002)
O2	[%]	Messwert des Sauerstoffs im Abgas in [vol.-%]



Betriebsdatenerfassung: Siehe E 8057 - Datenerfassung NOx-Messung

## 7 Einstellwerte für NOx

Unter Berücksichtigung und Umsetzung der Empfehlungen der in Kapitel ⇒ Einflussfaktoren auf die Emissionen beschriebenen Einflussfaktoren auf die NOx-Drift und den Messtoleranzen der Abgasmessköffer nach Kapitel ⇒ Messmittel und Durchführung der Emissionsmessung, müssen die NOx-Emissionswerte über den LEANOX-Regler bei den Direktzündermotoren der Baureihe 2/3/4 auf 80 % bzw. maximal 85 % und bei den Vorkammermotoren der Baureihe 6/9 auf 85 % bzw. maximal 88 %, des von INNIO spezifizierten NOx-Wertes eingestellt werden. Folgende Tabelle zeigt die einzustellenden Absolutwerte am Beispiel für TA-Luft und TA-Luft-Halbe (Angaben in mg/Nm³ bei 5 %O2-trocken):

Beispiel:

Grenzwert	500	250	
Bemerkung	TA-Luft	TA-Luft-Halbe	
Einheit	mg/Nm³@5 %O2-trocken		
Baureihe	Einstellmittelwert		
2/3	400...425	200...215	Direktzünderbrennverfahren
4	400...425	200...215	
6	425...440	210...220	
9	425...440	-	Vorkammerbrennverfahren

Bemerkung:

Ein Neumotor, bzw. ein Motor mit neuen Brennraumkomponenten (Kolben mit Kolbenringen in Kombination mit der Zylinderlaufbuchse) muss sich in den ersten Betriebsstunden einlaufen. Dadurch kommt es zu einem erhöhten Öleintrag im Brennraum, der die NOx-Emissionen beeinflusst. Die genaue Situation kann durch eine Messung des Ölverbrauches bewertet werden. Eine Hilfestellung zur Bestimmung des Ölverbrauchs ist in TA 1503-0050 zu finden. Der Ölverbrauch ist in den ersten 2 000 – 6 000 Bh erhöht und stabilisiert sich dann auf einem konstant niedrigeren Wert. Während dieser ersten Zeitspanne müssen die NOx-Emissionen in einem kurzen Intervall lt. Wartungsplan gemessen und eingestellt werden. Sollte dabei auffallen, dass der NOx-Drift groß ist und der Grenzwert überschritten wird, so muss die Wartungsarbeit „LEANOX-Einmessen“ im halben Intervall nach Wartungsplan durchgeführt werden.

## 8 Revisionsvermerk

Revisionsverlauf			
Index	Datum	Beschreibung / Änderungszusammenfassung	Experte <i>Prüfer</i>
2	30.04.2019	GE durch INNIO ersetzt / GE replaced by INNIO	<b>Stojiljkovic T.</b> <i>Pichler R.</i>
1	15.05.2017	Erstausgabe / First issue	<b>Fuchs J.</b> <i>Boewing R.</i>

