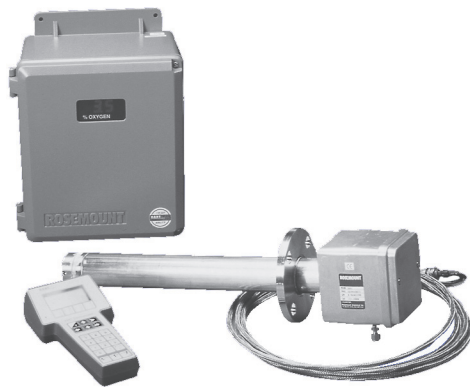


Modell WC 3000

In-Situ O₂-System 3001NH

Bericht über die Eignungsprüfung
nach TA-Luft, 13. und 17. BImSchV



**Institut für Umweltschutz
und Energietechnik**

**Bericht über die Eignungsprüfung
der In-Situ-Sauerstoffmeßeinrich-
tung Modell 3000 der Fa. Rose-
mount GmbH & Co, 63450 Hanau**

Bericht Nr.: 936/802010

Köln, den 12.08.1993

INHALTSVERZEICHNIS

BLATT

KURZFASSUNG

3

1	AUFGABENSTELLUNG	4
2	BESCHREIBUNG DER IN-SITU-SAUERSTOFF- MESSEINRICHTUNG Modell 3000	4
3	ÜBERSICHT ÜBER DAS UNTERSUCHUNGSPROGRAMM	9
4	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	11
4.1	Untersuchungen im Labor	11
4.2	Dauererprobung unter Praxisbedingungen	17
4.3	Musterkalibrierung	25
4.4	Hinweise zur Wartung und Funktionsprüfung	26
5	VERGLEICH DER PRÜFERGEBNISSE MIT DEN MINDESTANFORDERUNGEN	28
6	ZUSAMMENFASSUNG	35
7	LITERATURVERZEICHNIS	37

ANLAGEN

- Anlage 1: Stabilität der Meßbereiche
Einzelmeßwerte zur Ermittlung der Meßschwelle
Reproduzierbarkeit der Meßwertanzeigen
Einzelwerte bei den Musterkalibrierungen
- Anlage 2: Musterkalibrierungen (Bilder A1-A6)
- Anlage 3: Bedienungsanleitung des Herstellers

KURZFASSUNG

Im Auftrag der Firma Rosemount & Co, 63450 Hanau, wurde von der TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH die Eignungsprüfung entsprechend den Richtlinien über die Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen für kontinuierliche Emissionsmessungen [1] für die In-Situ-Sauerstoffmeßeinrichtung Modell 3000 durchgeführt. Die während der Prüfung eingesetzte Auswertelektronik hat die Bezeichnung IFT 3000; die geprüften Meßbereiche betragen 0-6/12/25 Vol.-% Sauerstoff.

Die Sauerstoff-Messung erfolgt mit diesem Meßsystem direkt im Abgas (In-Situ), d.h. unter Einbeziehung des aktuellen Feuchtegehaltes.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und im dreimonatigen Feldtest als Dauerstandsversuch am Rohgaskanal vor Staubabscheider einer Hausmüllverbrennungsanlage.

Insgesamt ist festzustellen, daß bei der Eignungsprüfung die Bedingungen der Mindestanforderungen durch die Sauerstoffmeßeinrichtung Modell 3000 für die Meßbereiche 0-6/12/25 Vol.-% erfüllt wurden.

Seiten der TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH wird daher die Bekanntgabe als Meßeinrichtung zur laufenden Messung des Sauerstoffgehaltes in Roh- und Reingasen von Feuerungs- und Müllverbrennungsanlagen vorgeschlagen.

1 **AUFGABENSTELLUNG**

Die Firma Rosemount & Co beauftragte die TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH mit der Eignungsprüfung der In-Situ-Sauerstoffmeßeinrichtung Modell 3000. Die Untersuchungen wurden im Rohgas einer kommunalen Müllverbrennungsanlage durchgeführt; durch diese Abgasmatrix waren sehr schwierige Randbedingungen sichergestellt.

2 **BESCHREIBUNG DER IN-SITU-SAUERSTOFF-MESSEINRICHTUNG MODELL 3000**

Meßprinzip

Das O₂-Analysensystem Modell 3000 mißt den Sauerstoffgehalt direkt im Abgas von Verbrennungsprozessen oder anderen Anlagenarten. Der im Abgas vorhandene Wassergehalt wird bei diesem Verfahren mit in die Messung einbezogen.

Die an einer temperaturstabilisierten elektrochemischen Zelle entstehende Spannung ist ein Maß für den jeweiligen vorhandenen Sauerstoffgehalt.

Die Messung erfolgt direkt, d. h. die Meßzelle befindet sich innerhalb des Abgaskanals an der Spitze einer Sonde.

Die Meßzelle besteht aus einer Zirkoniumoxid-Platte, die auf beiden Seiten porös mit Platin beschichtet und an der Spitze der Sonde gasdicht eingelötet ist.

Zur Temperaturstabilisierung der Meßzelle dient eine eingebaute Heizung, deren Temperatur mit Hilfe eines Temperaturreglers konstant gehalten wird. Bei konstanter Temperatur wird der mV-Ausgang der Zelle wie folgt errechnet:

$$U = KT \log [pO_2 \text{ (Meßgas)} / pO_2 \text{ (Referenzgas)}] + C$$

dabei ist:

pO_2 (Meßgas) = Sauerstoffpartialdruck im Meßgas

pO_2 (Referenzgas) = Sauerstoffpartialdruck im Referenzgas

mit

K: Arithmetische Konstante

T: Absolute Temperatur in K

C: Zellenkonstante.

Das Vergleichsgas sollte aus gefilterter Außenluft oder trockener und ölfreier Instrumentenluft (20,95 Vol.-% O_2) bestehen.

Beim Auftreten unterschiedlicher Sauerstoffkonzentrationen zwischen Meß- und Vergleichsseite der elektrochemischen Zelle findet eine Wanderung der Sauerstoffionen von der höheren zur niedrigeren Partialdruckseite statt. Das mV-Ausgangssignal der Zelle ist umgekehrt logarithmisch proportional dem Sauerstoffgehalt des Meßgases. Mit Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Meßgas erhöht sich das mV-Signal der Meßzelle.

Aufbau des O₂-Analysensystems Modell 3000 mit der Auswerteeinheit IFT 3000

Jedes O₂-Analysensystem Modell 3000 besteht aus der Meßsonde, die direkt im Abgaskanal den Sauerstoffpartialdruck erfaßt, dem elektrischen Systemkabel und der Feld-Auswertelektronik IFT 3000.

Aufbau der Meßsonde

Die Meßsonde besteht aus dem Sondenkopf, dem Sondenflansch, der Sonde mit Meßzelle und Heizung, der Filtereinheit und dem Staubabweiser. (Bei Einsatz im Rohgas von Müllverbrennungen kann die Sonde mit einer Flammensperre als zusätzlichem internen Feinfilter ausgerüstet werden.)

Im Sondenkopf befinden sich die Anschlüsse für Meßzelle, Thermoelement, Heizung und zusätzlich die Pneumatikverbindung für das Vergleichsgas und der Prüfgasanschluß.

Die eigentliche Meßzelle besteht aus 3 Schichten: Platin, Zirkoniumoxid und Platin, wobei Platin porös aufgetragen ist. Die Meßzelle ist über einen 4-Loch-Flansch mit Dichtung auswechselbar.

Arbeitsweise der Meßsonde

Das Meßgas diffundiert durch den Filter und gelangt zur Meßgasseite der Meßzelle. Auf der anderen Seite strömt ständig Vergleichsgas (aufbereitete Außenluft oder trockene und ölfreie Instrumentenluft (20,95 Vol.-% O₂)) durch das Sondrohr zur Meßzelle.

Durch die zwei verschiedenen Gase an der Meßzelle entsteht eine Spannung, die sich umgekehrt logarithmisch zur vorliegenden Sauerstoffkonzentration verhält; (hoher O_2 -Wert im Meßgas = kleine Spannung; kleiner O_2 -Wert im Meßgas = große Spannung). Diese Spannung (mV) wird mit Hilfe des Meßverstärkers in einen Strom 4-20 mA bei einer maximalen Bürde von 1700 Ohm umgewandelt.

Die für die Meßzelle erforderliche Betriebstemperatur, 843 °C wird durch eine innerhalb der Sonde installierte Heizung erzeugt. Um die Temperatur konstant zu halten, wird die Temperatur über ein Thermoelement NiCrNi erfaßt und die Heizspannung über die Temperaturregelkarte geregelt.

Bild 1 zeigt die einzelnen Komponenten der Rosemount Sauerstoffmeßeinrichtung Modell 3000 sowie die typische Installation an einem Abgaskanal.

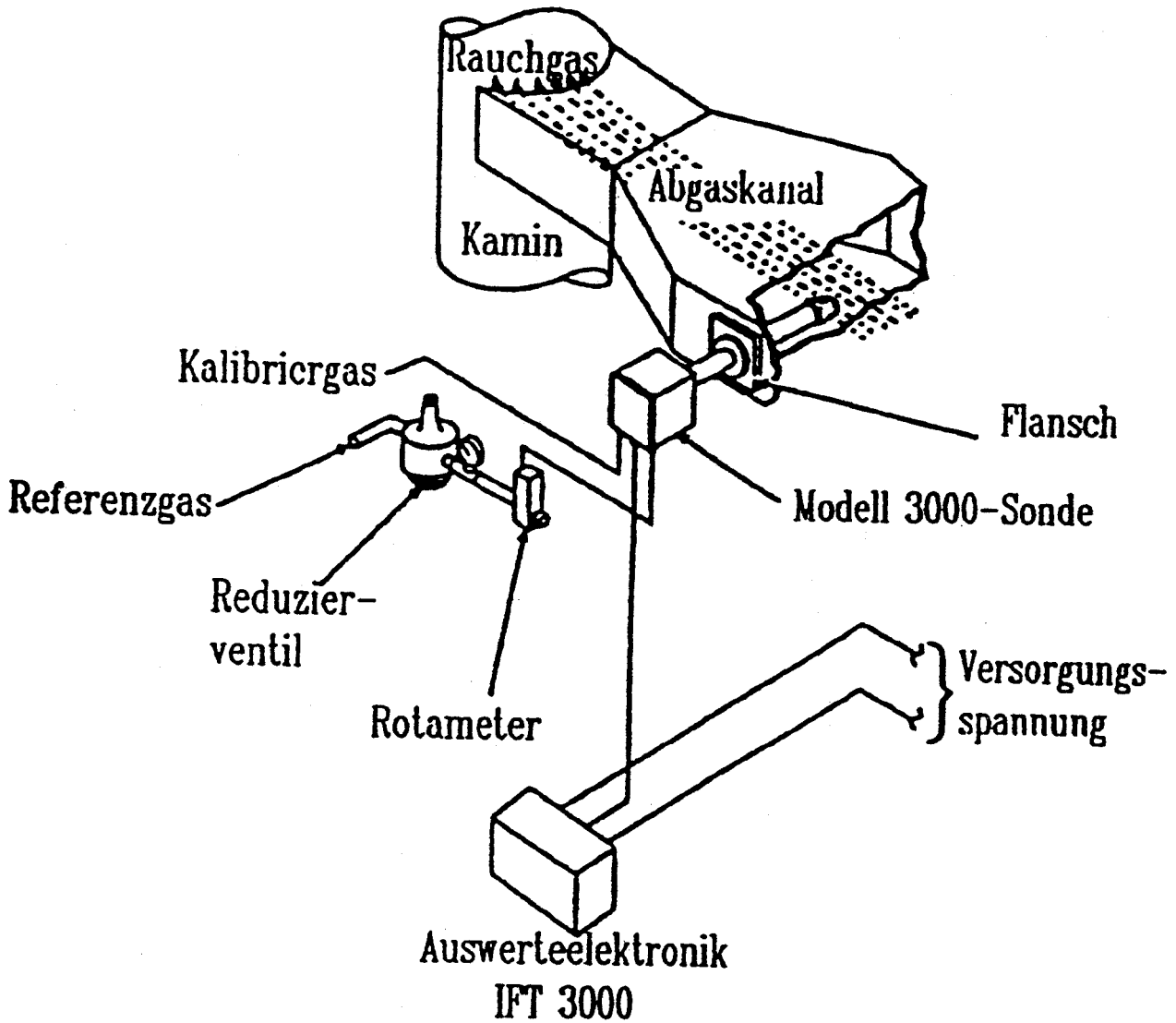


Bild 1: Schematische Darstellung des Meßaufbaus für die Sauerstoffmeßeinrichtung Modell 3000

3 ÜBERSICHT ÜBER DAS UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Die Untersuchungen teilten sich in die Abschnitte:

- Laboruntersuchungen

Im Labor wurden Einflüsse von Umgebungstemperatur, Netzspannungsschwankungen und Querempfindlichkeiten untersucht. Weitere Prüfungen erstrecken sich auf die Überprüfung der Gerätekenlinie und den Einfluß von Durchflußänderungen von Referenz- und Prüfluft.

- Felduntersuchungen

Dauerstandsversuch mit Musterkalibrierungen am Rohgaskanal vor Staubabscheider einer Hausmüllverbrennungsanlage.

Die Anlage, an der die Sauerstoffmeßeinrichtungen erprobt wurden, ist ein rostgefeuerter Müllofen zur Verbrennung von Hausmüll. Der Meßstellenaufbau wurde analog zu einem bereits früher durchgeführten Dauerstandsversuch mit Geräten gleichen Funktionsprinzips gewählt. Diese Anordnung hatte sich bewährt.

Nachdem die Meßeinrichtungen durch den Hersteller im Rohgas der Hausmüllverbrennungsanlage installiert waren, begann der Dauerstandsversuch am 12.05.93, er dauerte bis zum 12.08.93.

Für die Untersuchungen stellte die Firma Rosemount & Co zwei komplette Meßeinrichtungen zur Verfügung:

Gerät Nr. 1, Nr. S/NL 9301187

Gerät Nr. 2, Nr. S/NL 9301181

Für die Vergleichsmessungen wurde ein Sauerstoffanalysator der Type Servomex OA 570 auf der Basis der paramagnetischen Sauerstoffmessung eingesetzt. Dieses Gerät wurde jeweils vor dem Einsatz unter bezug auf die spezifischen Mindestanforderungen an Sauerstoffmeßeinrichtungen geprüft (u. a. mit zertifiziertem Prüfgas).

Die Type OA 570 ist eine tragbare Ausführung des Sauerstoffanalysators Servomex. Das Meßprinzip entspricht der eignungsgeprüften Version OA 540/540 E.

4 **UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE**

4.1 **Untersuchungen im Labor**

Die Kenndaten der geprüften Meßeinrichtungen zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Gerätedaten

Geräte-Nr.	S/NL 9300926, 3 D 39112 G01
Meßbereich	0 - 25 Vol.-% $\hat{=}$ 4 - 20 mA ^{*)}
Meßwertausgang	0/4 - 20 mA, Nullpunkt 4 mA, Live Zero

^{*)} Der Sauerstoffgehalt der Luft beträgt 20,95 Vol.-%
 $\hat{=}$ 17,41 mA

4.1.1 **Einfluß von Temperatur und Netzspannungsschwankungen auf den Meßwert**

Ein Einfluß der Umgebungstemperatur auf den unteren Referenzpunkt 1 von 2,0 Vol.-% war, bezogen auf eine Temperaturänderung von 10 K, nicht festzustellen (siehe Tabelle 2).

Beim Referenzpunkt 2 von 20,95 Vol.-% O₂ ergaben sich Meßwertänderungen von maximal \pm 0,2 Vol.-%, bezogen auf eine Temperaturänderung von 10 K.

Der Einfluß von Netzspannungsschwankungen wurde im Bereich zwischen 220 V \pm 10/-15 % $\hat{=}$ 242 bis 187 V geprüft; es konnten keine Abweichungen festgestellt werden.

Tabelle 2: Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Meßwert

Temperatur °C	Referenzpunkt 1 Sollwert 5,28 mA			Referenzpunkt 2 Sollwert 17,44 mA		
	Meßwert mA	Vol.-%	Abweichung Vol.-%	Meßwert mA	Vol.-%	Abweichung Vol.-%
+20	5,28	2,0	0,0	17,44	21,0	0,0
+10	5,27	2,0	0,0	17,38	20,9	-0,1
0	5,27	2,0	0,0	17,44	21,0	+0,1
-10	5,26	2,0	0,0	17,38	20,9	-0,1
0	5,28	2,0	0,0	17,44	21,0	+0,1
+10	5,29	2,0	0,0	17,54	21,2	+0,2
+20	5,31	2,0	0,0	17,65	21,3	+0,1
+30	5,31	2,0	0,0	17,61	21,3	0,0
+40	5,31	2,0	0,0	17,65	21,3	0,0
+50	5,32	2,1	+0,1	17,68	21,4	+0,1
+40	5,33	2,1	0,0	17,74	21,5	+0,1
+30	5,32	2,1	0,0	17,71	21,4	-0,1
+20	5,31	2,0	-0,1	17,68	21,4	0,0

Der Referenzpunkt 1, mit Prüfgas \approx 2 Vol.-% eingestellt gibt im Gegensatz zur Kontrolle des absoluten Nullpunktes mit Stickstoff eine realistische Kontrolle der Stabilität des Meßbereiches im unteren Bereich. Der Referenzpunkt 2 wurde mit sauberer, trockener Außenluft \approx 20,95 Vol.-% eingestellt. Die Abweichungen wurden berechnet in 1/10 Vol.-%, bezogen auf einen Temperatursprung von 10 Kelvin entsprechend den Mindestanforderungen.

4.1.2 Querempfindlichkeiten

Der Störeinfluß auf die Sauerstoffmessung wurde für folgende Abgasbegleitstoffe untersucht:

SO ₂ ,	Prüfgaskonzentrationen	87	und	874	mg/m ³
NO,	Prüfgaskonzentrationen	85	und	849	mg/m ³
CO,	Prüfgaskonzentrationen	41	und	410	mg/m ³
HCl,	Prüfgaskonzentrationen	5	und	50	mg/m ³
n-Butan,	Prüfgaskonzentrationen	52	und	517	mg/m ³
CO ₂ ,	Prüfgaskonzentrationen	1,7	und	17	Vol.-%.

Gegen die vorstehend aufgeführten Abgasbegleitstoffe wurden die in Tabelle 3 ergebenden Querempfindlichkeiten festgestellt.

Tabelle 3: Einfluß von Abgasbegleitstoffen auf die Sauerstoffmessung

Gas-Komponente	Quer-Konzentration	Sollwert mA	Istwert mA	Abweichung Vol.-%
SO ₂	87 mg/m ³	16,20	16,17	0,0
SO ₂	874 mg/m ³	5,04	5,05	0,0
NO	85 mg/m ³	16,20	16,20	0,0
NO	849 mg/m ³	5,04	5,04	0,0
CO	41 mg/m ³	16,20	16,20	0,0
CO	410 mg/m ³	5,04	5,03	0,0
HCl	5 mg/m ³	16,20	16,20	0,0
HCl	50 mg/m ³	5,04	5,04	0,0
n-Butan	52 mg/m ³	16,20	16,20	0,0
n-Butan	517 mg/m ³	5,04	5,00	-0,1
CO ₂	1,7 Vol.-%	16,20	16,28	+0,1
CO ₂	17 Vol.-%	5,04	5,13	+0,1

Wie aus der Tabelle 3 zu entnehmen ist, weist die Sauerstoffmeßeinrichtung nur gegen CO_2 und n-Butan in höherer Konzentration eine erkennbare geringe Querempfindlichkeit auf.

Wasserdampf (H_2O) beeinflusst bei der In-Situ-Messung das Meßergebnis, da die Messung des Sauerstoffes als Partialdruck erfolgt. Die Messung in feuchten Gasen ergibt gegenüber der Sauerstoffmessung in wasserdampffreien Gasen (Analyse auf O_2 hinter Meßgaskühler) eine geringere Anzeige. Der O_2 -Gehalt wird vom Wasserdampfanteil im Abgas direkt proportional beeinflusst.

4.1.3 Überprüfung der Gerätekenlinien

Die Gerätekenlinie stellt den Zusammenhang zwischen dem Meßwert und der vorgegebenen Quantität des Meßobjektes dar. Zu diesem Zweck wurde O_2 -Prüfgas und N_2 aus Druckgasflaschen über einen Präzisions-Probenteiler dem Analysator zugeführt. Die Untersuchungen wurden im Labor und während des Dauerstandsversuches durchgeführt. Vor Beginn der Untersuchungen wurden die Meßbereiche mit Prüfgas auf 2 Vol.-% O_2 und trockener Referenz- und Außenluft auf 20,95 Vol.-% eingestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der nachfolgenden Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: Gerätekenlinien

Meßbereich: 0-25 Vol.-% O₂ $\hat{=}$ 4-20 mA

Prüfgas Sollwerte			Laborgerät	
Vol.-%	O ₂	mA	Meßwert mA	Abw. %
20,5		17,56	17,56	0,0
16,4		14,74	14,68	-0,4
12,3		11,92	11,77	-0,9
8,2		9,09	8,96	-0,8
4,1		6,27	6,27	0,0

Prüfgas Sollwerte			Feldgerät 1	
Vol.-%	O ₂	mA	Meßwert mA	Abw. %
19,7		16,80	16,80	0,0
15,8		14,22	14,21	-0,1
11,8		11,65	11,62	-0,2
7,9		9,01	9,03	+0,1
3,9		6,49	6,49	0,0

Prüfgas Sollwerte			Feldgerät 2	
Vol.-%	O ₂	mA	Meßwert mA	Abw. %
19,7		16,80	16,80	0,0
15,8		14,22	14,22	0,0
11,8		11,65	11,63	-0,1
7,9		9,07	9,04	-0,2
3,9		6,49	6,49	0,0

Die Abweichungen ergaben sich, bezogen auf den Meßbereichs-
 endwert (Meßbereich: 4-20 mA $\hat{=}$ 0-25 Vol.-% O₂) wie folgt:

Laborgerät: maximale Abweichung: 0,9 % $\hat{=}$ 0,2 Vol.-% O₂
 Feldgerät 1: maximale Abweichung: 0,2 % $\hat{=}$ < 0,1 Vol.-% O₂
 Feldgerät 2: maximale Abweichung: 0,2 % $\hat{=}$ < 0,1 Vol.-% O₂

4.1.4 Einfluß von Durchflußänderungen bei Referenz- und Prüfluft auf den Sollwert

Der ständig strömende Referenzluftstrom war auf 60 l/h eingestellt und blieb über den gesamten Dauerstandsversuch nahezu konstant. Es waren nur geringfügige Korrekturen erforderlich.

Für den Prüfluft- bzw. Prüfgasstrom war der Durchfluß ebenfalls mit 60 l/h vorgegeben. Es war zu prüfen, welchen Einfluß ein veränderter Referenzluftstrom auf den Meßwert bei Aufgabe von Prüfluft hat.

Bei konstantem Prüfluftstrom von 60 l/h ergaben sich die in Tabelle 5 zusammengestellten Werte.

Tabelle 5: Einfluß von Durchflußänderungen bei der Referenzluft auf den Meßwert bei konstantem Prüfluft- bzw. Prüfgasstrom

		Meßwert	
Prüfluftstrom l/h	Referenzluftstrom l/h	Anzeige Vol.-%	Abweichung Vol.-%
60	60	20,95	-
konstant	40	20,93	-0,02
	80	20,93	-0,02

Diese Werte sind identisch für beide Meßgeräte. Die Abweichungen beziehen sich auf den Ausgangswert. Im Dauerstandsversuch wurden Abweichungen von der SollwertEinstellung innerhalb eines Wartungsintervalls von 4 Wochen nur im Bereich von ± 5 l/h festgestellt.

Die Abweichungen bei konstantem Referenzluftstrom und verändertem Prüfluftstrom wurde für eine Abweichung von ± 30 % vom Sollwert (60 l/h) untersucht. Bei einer Änderung des Durchflusses von ± 30 % vom Sollwert lagen die Meßwertänderungen unter 0,1 Vol.-%.

4.2 Dauererprobung unter Praxisbedingungen

4.2.1 Ausgangssituation

Der Dauerstandsversuch der O₂-Meßeinrichtungen Modell 3000 wurde am Rohgaskanal vor Staubabscheider einer Hausmüllverbrennungsanlage durchgeführt. Die Sonden wurden in der Mitte des 1,2 m hohen Abgaskanals, der sich direkt an das Ende des Abhitzekekessels anschließt, eingebaut.

Der Abgaskanal hatte hier eine Tiefe von 3 m. Die 1 m langen Meßsonden waren über die Montageflansche so installiert, daß die übereinander angebrachten Sondenköpfe ca. 150 mm voneinander entfernt waren. Die zugehörigen Auswerteelektroniken und die in einem separaten Gehäuse installierten Versorgungssysteme für Referenz- und Prüfluft waren im Kesselhaus installiert und über ca. 18 m lange Spezialkabel und Versorgungsleitungen mit den Sonden verbunden.

Die Abgastemperatur an der Meßstelle betrug im Mittel ca. 210 °C, die Umgebungstemperatur lag im Verlauf des Dauerstandsversuches zwischen 25 und 45 °C. Die ortsüblichen Erschütterungen und Schwingungen im Kesselhaus wirkten ständig auf die gesamten Meßeinrichtungen ein.

4.2.2 Dauerstandsverhalten

Am 12.05.93 wurde der Dauerstandsversuch begonnen und am 12.08.93 beendet. Während dieser Zeit wurden die Geräte wöchentlich durch TÜV-Personal überprüft.

Die Geräte waren wie folgt eingestellt:

- | | |
|-----------------|--|
| Meßbereich: | ▪ 0-25 Vol.-% O ₂ |
| Meßwertausgang: | ▪ 0/4-20 mA, Nullpunkt 4 mA, Live Zero |

Prüfgase:

- Außenluft für Referenzluft gefiltert, normale Luftfeuchte
- Prüfgas für den oberen Kontrollpunkt = Außenluft (20,95 %-Punkt) normale Luftfeuchte
- Prüfgas für den unteren Kontrollpunkt, 2,0 Vol.-% O₂ in N₂
- Referenzluftstrom 60 l/h
- Prüfgasstrom 60 l/h

Die Meßwerte der Geräte wurden mit Hilfe eines Datenaufnehmers, Typ Hentschel EM 54, aufgenommen, gespeichert und wöchentlich über ein Auslesegerät auf einen Rechner übertragen.

Im Verlauf des Dauerstandsversuches wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Überprüfung der Stabilität des Meßbereiches durch Prüfgas bzw. Prüfluft im Rahmen der regelmäßigen Kontrollen
- Ermittlung der Meßschwelle (Nachweisgrenze) des Meßverfahrens
- Ermittlung der Tot- und Einstellzeit
- Verfügbarkeit
- Ermittlung der Reproduzierbarkeit
- Musterkalibrierung in zwei voneinander unabhängigen Meßreihen.

4.2.3 Überprüfung der Stabilität des Meßbereiches, Ermittlung des Wartungsintervalles

Durch Aufgabe von Prüfluft und Prüfgas wurde die Stabilität des Meßbereiches im Rahmen der regelmäßigen Kontrollen überprüft. Die Geräte wurden in der unter 4.2.2 aufgeführten Einstellung betrieben mit:

Meßbereich:	0-25 Vol.-% $\hat{=}$ 4-20 mA
Referenzluft:	Außenluft gefiltert, normale Luftfeuchte
Referenzpunkte:	
▪ 1. Prüfgas O ₂ in N ₂ :	Konzentration 2 Vol.-% zur unteren Einstellung des Meßbereiches (als Ersatz für den Nullpunkt, der nur mit N ₂ zu erreichen wäre, aber aufgrund des Meßverfahrens keine zuverlässige Kontrolle evtl. auftretender Driften ermöglichen würde).
▪ 2. Prüfluft:	Außenluft zur Einstellung des 20,95 %-Punktes, normale Luftfeuchte.

Sofern als Referenzluft ungetrocknete Außenluft eingesetzt wird, muß auch der 20,95 %-Punkt mit Außenluft eingestellt werden. Der untere Referenzpunkt (2 %-Punkt) kann mit trockenem Prüfgas aus Druckgasflaschen eingestellt werden. Die bestehende Differenz zwischen normal feuchter Referenzluft (Außenluft) und wasserdampffreiem Prüfgas kann bei der hier vorhandenen großen Partialdruckdifferenz vernachlässigt werden.

Wird dagegen als Referenzluft trockene Luft eingesetzt, so sollte auch die Prüfluft für den 20,95 %-Punkt trocken sein, da sonst durch unterschiedliche Feuchteanteile geringe Meßfehler auftreten. Z. B. ist der Fehler bei 20 °C mit wasserdampfgesättigter Prüfluft zur trockenen Referenzluft 0,4

Vol.-%.

In den Tabellen A1 und A2 der Anlage 1 sind die Meßwerte über die Stabilität zusammengestellt.

Die Meßwerte zeigen, daß die vorgegebenen Toleranzgrenzen von $\pm 0,2$ Vol.-% O_2 bei beiden Geräten in keinem Fall überschritten wurden, obwohl im Vorfeld der Musterkalibrierungen die Geräte neu mit Prüfgas bzw. Prüfluft eingestellt wurden. Dies bestätigt die sehr gute Konstanz der Referenzpunkte.

In bezug auf die Stabilität beträgt das Wartungs- bzw. Kontrollintervall 4 Wochen.

Die Standzeit des Referenzluftfilters ist abhängig vom Staubgehalt der Umgebungsluft und ist individuell für jede Anlage zu ermitteln. Aus den Erfahrungen des Dauerstandsversuches heraus ist auch bei relativ hohem Staubgehalt (ca. 2 - 5 mg/m^3) in der Umgebungsluft mit einer Standzeit von 8 Wochen zu rechnen.

Die im Verlauf der Kontrollen an den Geräten angezeigten Sondentemperaturen von 843 °C ($\hat{=}$ Sollwert) war über den gesamten Dauerstandsversuch stabil.

Bei der Einstellung des Meßbereiches mit Prüfgasen bzw. Prüfluft ist folgendes zu beachten:

- Die Abgasverhältnisse der Anlage müssen Beharrungszustand in bezug auf die Abgastemperatur erreicht haben.
- Die Sondentemperatur muß mit 843 °C angezeigt werden.

Bei Einsatz im Rohgas ist darüber hinaus zu beachten:

- Die Prüfluft für den 20,95 %-Punkt sollte abweichend vom Sollwert 60 l/h, mit ca. 100 l/h ca. 5 Minuten lang die Sonde durchströmen, um evtl. vorhandene Ablagerungen innerhalb des Filterkopfes auszuspülen, die zu einem verzögerten Einlaufverhalten führen könnten.
- Anschließend sollte die Prüfluft mit den vorgeschriebenen 60 l/h strömen, ehe der Meßwert aufgenommen werden kann bzw. Justierungen erfolgen können.

- Hierauf ist der untere Referenzpunkt (z. B. 2 Vol.-%-Punkt) zu prüfen.
- Der obere und untere Referenzpunkt sind nicht getrennt voneinander einstellbar. Sollten die aufgenommenen Werte zu große Abweichungen von den Sollwerten aufweisen, so muß eine neue Kalibrierung durchgeführt werden. Die Feldauswerteelektronik IFT 3000 ermittelt hierbei den Offset und die Neigung der Zuordnung mV pro Dekade Sauerstoffpartikeldruck und Sauerstoffkonzentration. Die Auswerteelektronik ordnet dies dann dem Ausgangssignal 4-20 mA neu zu. Siehe hierzu auch das Handbuch des Hersteller.
- Wird die Meßeinrichtung nach einem längeren Stillstand der zu überwachenden Anlage geprüft und ist eine neue Kalibrierung erforderlich, so sollte nach ca. 2 Tagen eine Nachkontrolle erfolgen.

4.2.4 Berechnung der Meßschwelle

Die Meßschwelle ist gleichzusetzen mit der Nachweisgrenze eines Meßverfahrens. Bei der zu prüfenden Meßeinrichtung liegen die kritischen Meßschwellen aufgrund des Meßverfahrens bei hohen O₂-Gehalten. Um zuverlässige Aussagen über die Ansprechempfindlichkeit zu erhalten, wurde die Meßschwelle daher an zwei Meßpunkten im Meßbereich mit der wiederholten Aufgabe von Prüfgasen bei 2 und 20,95 Vol.-% Sauerstoff ermittelt. In der nachstehenden Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Auswertung zusammengefaßt, die Einzelergebnisse enthält die Tabelle A3 der Anlage 1.

Tabelle 6: Berechnung der Meßschwelle

		Gerät 1		Gerät 2	
O ₂ -Gehalt	Vol.-%	2	20,95	2	20,95
O ₂ -Gehalt	mA	5,27	17,54	5,27	17,52
Anzahl Werte	n	30	30	30	30
\bar{x}	mA	5,28	17,57	5,24	17,49
Standardabweichung s	mA	0,02	0,04	0,02	0,07
Meßschwelle = 3 · s	mA	0,06	0,12	0,06	0,21
desgl. in O ₂	Vol.-%	0,09	0,19	0,09	0,32
im Meßbereich O ₂ i.M.	Vol.-%	0,14		0,21	
für beide Geräte O ₂ i.M.	Vol.-%	0,18			

Faßt man die Ergebnisse der Tabelle 6 zusammen, so ergibt sich für die Meßeinrichtung Modell 3000 die Meßschwelle über den gesamten Meßbereich zu 0,18 Vol.-%. Bezogen auf den 2 %-Punkt liegt die Meßschwelle für beide Geräte im Mittel bei 0,09 Vol.-%. Die Ergebnisse zeigen weiter, daß der Einsatz eines Meßbereichs mit einem Meßbereichsendwert < 25 Vol.-% ebenfalls möglich ist. Aufgrund des Meßverfahrens sind in diesen Meßbereichen evtl. auftretende Fehler kleiner als im Meßbereich 0-25 Vol.-% zu erwarten. Die Ergebnisse der Musterkalibrierung und die Berechnungen der Reproduzierbarkeit bestätigen diese Aussage.

4.2.5 Ermittlung der Tot- und Einstellzeit

Die Reaktionszeiten der Meßsysteme wurden durch die Aufgabe von Prüfgasen über die ca. 18 m lange Prüfgasleitung ermittelt, da die realen Sauerstoffgehalte im Abgas immer in Meßbereichsmittle lagen. Es ergaben sich für beide Geräte die in Tabelle 7 enthaltenen Werte.

Tabelle 7: Tot- und Einstellzeit

	Gerät 1	Gerät 2
bei Rauchgasmessung		
Totzeit	5 Sekunden	6 Sekunden
90 %-Zeit	60 Sekunden	61 Sekunden
bei Prüfgasmessung über 18 m langer Prüfgasleitung		
Totzeit	5 Sekunden	6 Sekunden
90 %-Zeit	40 Sekunden	41 Sekunden

4.2.6 Verfügbarkeit der Meßeinrichtungen

Für Sauerstoffmeßeinrichtungen wird unter Punkt 1.5.1 der Mindestanforderungen im Dauereinsatz eine Verfügbarkeit von 95 % gefordert. Sie soll bei der Eignungsprüfung 98 % erreichen. Während des Dauerstandsversuches traten gerätebedingte Störungen nicht auf.

Für den Dauerstandsversuch errechnete sich die Verfügbarkeit wie folgt:

Gesamtbetriebszeit Gerät 1 und Gerät 2	2208 h	≅	100,0 %
Zeit für Kontrolle und Wartung	20 h	≅	0,9 %
Verfügbare Meßzeit	2188 h	≅	99,1 %

4.2.7 Bestimmung der Reproduzierbarkeit

Zur Bestimmung der Reproduzierbarkeit der Meßwerte der Sauerstoffmeßeinrichtung wurden zwei Meßeinrichtungen vom Typ Modell 3000 eingesetzt, wobei die Konzentration des Meßobjektes im Abgas zeitgleich registriert wurden. Zur Auswertung wurden stichprobenartig paarweise Zehnminuten-Mittelwerte entnommen.

Der Meßbereich soll bei der Bestimmung der Reproduzierbarkeit möglichst in drei gleich großen Klassen aufgeteilt werden. Da die bei normaler Betriebsweise anfallenden Meßwerte überwiegend im ersten Drittel des Meßbereiches (7-8 Vol.-%) lagen, wurden für die Klasseneinteilung Werte der Musterkalibrierungen herangezogen. Während Tabelle 8 die errechneten Reproduzierbarkeiten beinhaltet sind die Einzelwerte in Anlage 1, Tabelle A4 bzw. A5 aufgeführt.

Tabelle 8: Reproduzierbarkeit der Meßwertanzeigen

Auswahl- kriterium	Meßwert Klasse Nr.	Anzahl Wertepaare n	Standard- abweichung Vol.-%	R' bez. auf Klassen- endwert	R bez. auf MBE	Min- dest- anfor- derung
Dauerstandsversuch 12.05. - 12.08.1993	I-III ³⁾	98	0,0791	126 ¹⁾ 78 ²⁾	259	> 70
Musterkalibrierung 22.06. und 19.07.1993	I ⁴⁾	40	0,0195	246	769	> 70
	II ⁴⁾	40	0,0249	458	716	> 70
	III ⁴⁾	40	0,0260	681	681	> 70

- 1) bezogen auf den Maximalwert des Kollektivs von 12,2 Vol.-%
- 2) bezogen auf den Mittelwert des Kollektivs von 7,5 Vol.-%
- 3) Werte im Normalbetrieb überwiegend von 7-8 Vol.-%
- 4) Werte aus Musterkalibrierung, da im Normalbetrieb nicht erreichbar.

Klasse I 0- 8 Vol.-%

Klasse II 8-16 Vol.-%

Klasse III 16-25 Vol.-%

$$R = \frac{MBE}{U} \quad U = S_D \cdot t_{95\%} \quad S_D = \pm \sqrt{\frac{\sum [X1 - X2]^2}{2n}}$$

mit

MBE: Meßbereichsendwert

U: Unsicherheitsbereich

S_D: Standardabweichung

t_{95%}: Studentfaktor für 95 % Wahrscheinlichkeit

4.3 Musterkalibrierung

Während des Dauerstandsversuches wurden zwei Meßreihen zur Musterkalibrierung durchgeführt, und zwar am 22.06.93 (Meßreihe 1) und am 19.07.93 (Meßreihe 2).

Um bei den Musterkalibrierungen den Geräten 1 und 2 das gleiche Prüfgas anzubieten erfolgte der Aufbau der Meßanordnung wie folgt:

Zwischen den beiden übereinander am Abgaskanal installierten Sonden wurde Abgas abgesaugt und einem Meßgaskühler zugeführt. Hinter dem Meßgaskühler wurden dem Rauchgas dann O₂-Prüfgas bzw. Stickstoff über eine Dosiereinrichtung zuge-mischt, um Meßwerte über den gesamten Meßbereich zu erzielen. Nach einer ausreichend langen Mischstrecke wurde das Abgas-Prüfgas- bzw. Abgas-Stickstoffgemisch über die Prüf-gasleitung auf die Sonden aufgegeben. Gleichzeitig wurde zur Referenzmessung der O₂-Gehalt des Gasgemisches mit einem O₂-Analysator vom Typ Servomex OA 570 analysiert und den Anzeigen der eignungszuprüfenden Geräte als Referenzmessung gegenübergestellt.

Bei dieser Meßanordnung wurden die Sauerstoffmeßgeräte Mo-dell 3000 während der Kalibrierung mit trockener Referenz-luft betrieben, die Meßbereichseinstellung erfolgte für die Musterkalibrierung ebenfalls mit trockener Prüfluft.

Die Ergebnisse der Musterkalibrierung weisen eine sehr gute Übereinstimmung sowohl zwischen den beiden Gerätesystemen Modell 3000 als auch im Zusammenhang zu der Anzeige des Re-ferenzmeßgerätes auf.

Die statistischen Kennwerte der durchgeführten Regressions-rechnungen sind in der Tabelle 9 zusammengestellt. Die Ergebnisse sind in den Bildern A1 - A6 der Anlage 2 gra-phisch dargestellt, die Einzelmeßwerte enthält die Tabelle A5 der Anlage 1.

4.4 Hinweise zur Wartung und Funktionsprüfung

Der Wartungsaufwand bei der Sauerstoffmeßeinrichtung Modell 3000 beschränkt sich auf eine vierwöchentliche Aufgabe von zwei Prüfgasen im unteren und oberen Meßbereich. Durch Alterung der Meßzelle kann es zu Soll/Istwertabweichungen kommen, die durch eine neue geräteinterne Zuordnung des an der Meßzelle entstehenden mV-Signals und des Ausgangsstromes 4-20 mA behoben wird. Dies geschieht über den Menue-Punkt "Kalibrierung" der Auswerteelektronik IFT 3000. Siehe hierzu auch das Handbuch des Herstellers. Das Wartungsintervall für den Referenzluftfilter ist anlagenspezifisch zu ermitteln. Im Rahmen der vierwöchigen Prüfgasaufgabe sollte das Filter gereinigt oder ersetzt werden.

Für die Funktionsprüfung erscheint die Kontrolle mit zertifizierten Prüfgasen und einige Stichprobenmessungen mit einem Referenzmeßverfahren zur Kontrolle der Kalibriergeraden als ausreichend.

Tabelle 9: Musterkalibrierung der O₂-Messeinrichtungen Modell 3000
 Statistische Kennwerte bei der Musterkalibrierung mit
 dem Referenzmeßverfahren

Meßreihe Nr.	Korrelation	Anzahl der		Ordinaten- abstand ^a Vol.-%	Steigungsmaß ^b Vol.-%/mA	Standard- abweichung ^s	Korrelations- koeffizient ^r	Darstellung in Bild / auf Seite der Anlage 2
		Werte- paare ⁿ	Ausreißer ⁿ					
1	Gerät 1/Referenz O ₂	30	0	-6,62	1,562	0,072	0,9999	A 1 / 1
1	Gerät 2/Referenz O ₂	30	0	-6,58	1,563	0,068	0,9999	A 2 / 2
2	Gerät 1/Referenz O ₂	30	0	-6,59	1,582	0,122	0,9998	A 3 / 3
2	Gerät 2/Referenz O ₂	30	0	-6,55	1,577	0,112	0,9999	A 4 / 4
1 und 2	Gerät 1/Referenz O ₂	60	0	-6,60	1,572	0,168	0,9997	A 5 / 5
1 und 2	Gerät 2/Referenz O ₂	60	0	-6,56	1,570	0,134	0,9998	A 6 / 6

5 VERGLEICH DER PRÜFERGEBNISSE MIT DEN MINDESTANFORDERUNGEN

Nachstehend wird der Vergleich der Prüfergebnisse nach der "Bundeseinheitlichen Praxis bei der Überwachung der Emissionen, Richtlinien über die Eignungsprüfung, den Einbau, die Kalibrierung und die Wartung von Meßeinrichtungen für kontinuierliche Emissionsmessungen, Rundschreiben des BMU vom 01.03.1990; IGI 2 - 556 134/4", durchgeführt.

Mindestanforderungen	Prüfergebnis	Urteil
1 Mindestanforderungen bei der Eignungsprüfung		
1.1 Allgemeines		
1.1.1 Die Eignungsprüfung ist unter Beachtung der Begriffsbestimmungen der Richtlinie VDI 2449, Blatt 1, vom Okt. 1970, der Norm DIN ISO 6879 vom Jan. 1984 und der Norm DIN 43745 vom Febr. 1975 durchzuführen.	Die Eignungsprüfung wurde unter Beachtung der genannten Richtlinien durchgeführt.	erfüllt
1.1.2 Die Einhaltung der Mindestanforderungen soll bei der Eignungsprüfung während eines wenigstens dreimonatigen Dauertestes nachgewiesen werden. Der Dauertest soll nach Möglichkeit an einem einzigen Prüfort während eines zusammenhängenden Zeitraumes durchgeführt werden. Nur in Ausnahmefällen können kürzere Prüfzeiträume aus Einsätzen an unterschiedlichen Prüforten auf den Dauertest angerechnet werden.	Der Dauertest wurde in einem Zeitraum von 3 Monaten im Rohgas vor der Staubabscheidung einer Müllverbrennungsanlage durchgeführt.	erfüllt

Mindestanforderungen	Prüfergebnis	Urteil
<p>1.1.3 Bei der Eignungsprüfung soll der Zusammenhang zwischen der Geräteanzeige und dem mit einem Bezugsverfahren zum Beispiel als Massenkonzentration, Volumenkonzentration oder Volumenstrom ermittelten Wert des Meßobjektes im Abgas durch Regressionsrechnung ermittelt werden (Analysenfunktion).</p>	<p>Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden zwei Meßreihen zur Musterkalibrierung durchgeführt. Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen Geräteanzeige und dem Bezugsmeßverfahren ist vorhanden.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.4 Die Justierung der Meßeinrichtungen soll im Betrieb gegen unbefugtes oder unbeabsichtigtes Verstellen gesichert werden können.</p>	<p>Die Auswerteeinheit IFT 3000 mit den Einstellorganen kann durch eine abschließbare Fronttüre gesichert werden.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.5 Die Lage des Nullpunktes der Geräteanzeige soll bei etwa 10 % oder 20 %, die Lage des Referenzpunktes bei etwa 70 % des Vollausschlages liegen.</p>	<p>Der Nullpunkt liegt bei 20 % des Meßbereiches, die Lage des Referenzpunktes kann durch Wahl eines Prüfgases entsprechende Sauerstoffkonzentrationen auf den jeweilig eingestellten Meßbereich abgestimmt werden. Der Einfluß zwischen trockenem Prüfgas und feuchter Referenzluft ist dann zu berücksichtigen.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.6 Die Meßeinrichtungen sollen so beschaffen sein, daß der Anzeigebereich auf die jeweilige Meßaufgabe abgestimmt werden kann. In der Regel soll der Anzeigebereich das 2,5- bis 3fache des geltenden Emissionsgrenzwertes betragen.</p>	<p>Der Anzeigebereich der Meßeinrichtung ist frei wählbar.</p>	<p>erfüllt</p>

Mindestanforderungen	Prüfergebnis	Urteil
<p>1.1.7 Die Meßeinrichtungen sollen einen Meßwertausgang besitzen, an den ein zusätzliches Anzeige- oder Registriergerät angeschlossen werden kann.</p>	<p>Die Meßeinrichtung besitzt einen Meßwertausgang 0/4-20 mA, Nullpunkt 4 mA Live Zero. Die max. zulässige Bürde bei angeschlossenen Registrier- einrichtungen beträgt 1700 Ω.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.8 Die Meßeinrichtungen sollen in der Lage sein, einem nachgeschalteten Auswertesystem ihren jeweiligen Betriebszustand (Betriebsbereitschaft, Wartung, Störung) über Statussignal mitzuteilen.</p>	<p>Die Ausgabe von Statusmel- dungen ist vorhanden.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.9 Die Verfügbarkeit der Meßeinrichtungen soll im Dauereinsatz mindestens 90 % betragen und in der Eignungsprüfung 95 % erreichen. (Die Verfügbarkeit beschreibt den Zeitanteil, während dessen verwertbare Meßergebnisse zur Beurteilung des Emissionsverhaltens einer Anlage anfallen.)</p>	<p>Für Sauerstoffmeßeinrich- tungen gelten die in 1.5.1 festgelegten Richtlinien für die Verfügbarkeit.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.10 Das Wartungsintervall der Meßeinrichtungen ist zu ermitteln und anzugeben.</p>	<p>Bis auf den notwendigen Aus- tausch des Feinfilters für die Referenzluft (die Stand- zeit ist abhängig vom Staub- gehalt der angesaugten Refe- renzluft) beträgt das War- tungsintervall 4 Wochen.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.11 Die Reproduzierbarkeit $R = x/U$ (x Meßbereichsendwert; U Unsicherheitsbereich ge- mäß VDI 2449, Blatt 1) ist aus Doppelbestimmungen zu ermitteln. Hierzu sind Mes- sungen mit zwei gleicharti- gen Meßeinrichtungen am selben Meßort durchzuführen.</p>	<p>Der Dauerstandsversuch wurde mit zwei Meßeinrichtungen als Doppelbestimmung am sel- ben Meßort durchgeführt.</p>	<p>erfüllt</p>

Mindestanforderungen	Prüfergebnis	Urteil
<p>1.1.12 Die Eignungsprüfung umfaßt die vollständige Meßeinrichtung einschließlich Probenahme, Probenaufbereitung und Datenaufzeichnung oder -ausgabe. Die Bedienungsanleitung des Herstellers ist in die Eignungsprüfung einzubeziehen.</p>	<p>Bei der Eignungsprüfung wurde die vollständige Meßeinrichtung, bestehend aus Meßsonde und der Meß- und Auswerteeinheit geprüft. Die Bedienungsanleitung des Herstellers wurde einbezogen.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.1.13 Die Mindestanforderungen sollen unter den nachstehend aufgeführten Nenngebrauchsbedingungen gemäß DIN 43745 vom Febr. 1975, Einsatzgruppe II, eingehalten werden:</p> <p>a) Netzspannung</p> <p>b) Relative Luftfeuchtigkeit</p> <p>c) Gehalt der Luft an Flüssigwasser</p> <p>d) Schwingung.</p> <p>Für die Betriebslage sind die Toleranzgrenzen vom Hersteller festzulegen.</p>	<p>Zu a) Es konnte kein Einfluß von Netzspannungsschwankungen im Bereich von + 10/-15 % \approx 242/187 V festgestellt werden.</p> <p>Zu b) + c) Die Meßsonde kann im Freien installiert werden. Sie ist gegen Luftfeuchtigkeit und Spritzwasser geschützt. Sonde und Auswerteeinheit können durch maximal 45 m lange Leitungswege für Referenzluft, Heizung und Meßsignale verbunden werden, so daß eine Montage im Freien für die Auswerteeinheit in der Regel vermieden werden kann.</p> <p>Zu d) Die Meßeinrichtungen waren im Dauerstandsversuch den betriebsmäßigen Schwingungen und Erschütterungen ausgesetzt. Negative Einflüsse auf die Funktionstüchtigkeit wurde nicht festgestellt. Die Betriebslage ergibt sich für die Auswerteeinheit aus der Bauart.</p>	<p>erfüllt</p> <p>erfüllt</p> <p>erfüllt</p>
<p>Wichtiger Hinweis: Die Meßsonde ist am Abgaskanal potentialfrei zu installieren, um eine Beeinflussung des Meßsignals zu vermeiden.</p>	<p>Das Schutzrohr für die Sonden sollte bei waagerechtem Einbau eine Neigung von ca. 3° nach unten aufweisen.</p>	

Mindestanforderungen	Prüfergebnis	Urteil
<p>B Messung von Bezugsgrößen</p> <p>1.5 Sauerstoffgehalt</p> <p>1.5.1 Die Verfügbarkeit der Meßeinrichtungen soll abweichend von 1.1.9 im Dauer-einsatz mindestens 95 % betragen und in der Eignungsprüfung 98 % erreichen.</p>	<p>Während des Dauerstandsversuches traten gerätebedingte Störungen nicht auf. Bei der Eignungsprüfung wurde eine Verfügbarkeit von 99,1 % erreicht.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.2 Die Nachweisgrenze der Meßeinrichtungen soll 0,2 Vol.-% nicht übersteigen.</p>	<p>Die Meßschwelle (Nachweisgrenze) wurde zu 0,2 Vol.-% bei Werten am MBE 25 Vol.-% ermittelt. Bei den Meßbereichen 0-6 und 0-12 Vol.-% liegt niedriger.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.3 Der zulässige Umgebungstemperaturbereich beträgt +5 °C bis +40 °C. Er sollte -10 °C und +55 °C entsprechend DIN 43745 vom Febr. 1975, Einsatzgruppe II, erreichen.</p>	<p>Der Einfluß der Umgebungstemperatur wurde im Bereich von -10 bis +50 °C geprüft und lag im vorgegebenen Rahmen.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.4 Die Temperaturabhängigkeit der Nullpunktanzeige soll bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 10 K im zulässigen Temperaturbereich nicht mehr als ± 0,2 Vol.-% betragen. Eine Beeinflussung des Nullpunktes durch Änderungen der Temperatur des Meßgutes soll durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden.</p>	<p>Der Temperatureinfluß auf den Meßwert von 2 Vol.-%, der als Ersatzwert für den Nullpunkt diente, betrug über den gesamten Meßbereich maximal ± 0,1 Vol.-%.</p>	<p>erfüllt</p>

Mindestanforderungen	Prüfergebnis	Urteil
<p>1.5.5 Die Änderung der Referenzpunktanzeige, verursacht durch eine Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit, soll bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 10 K im zulässigen Temperaturbereich nicht mehr als $\pm 0,2$ Vol.-% betragen. Eine Beeinflussung des Referenzpunktes durch Änderungen der Temperatur des Meßgutes soll durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden.</p>	<p>Der Temperatureinfluß auf den Meßwert bei 20,95 Vol.-% betrug über den gesamten Meßbereich und bezogen auf einen Temperatursprung von 10 K maximal $\pm 0,2$ Vol.-%.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.6 Der Einfluß von Änderungen des Probegasdurchflusses auf das Meßsignal ist anzugeben.</p>	<p>Die Meßeinrichtung Modell 3000 arbeitet ohne Probenahme. Der ständig strömende Referenzluftstrom blieb im gesamten Dauerstandsversuch nahezu konstant. Es sollte im Rahmen des vierwöchigen Wartungsintervalls eine Sichtkontrolle erfolgen. Meßfehler bei der Justierung der Geräte können durch Beachtung der Betriebsanweisung vermieden werden.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.7 Der Störeinfluß durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Meßgut enthaltenen Begleitstoffen in den üblicherweise in Abgasen auftretenden Massenkonzentrationen soll insgesamt nicht mehr als $\pm 0,2$ Vol.-% betragen. Kann diese Forderung nicht eingehalten werden, soll der Einfluß der jeweiligen Störkomponente auf das Meßsignal durch geeignete Maßnahmen berücksichtigt werden.</p>	<p>Querempfindlichkeiten gegen die im Abgas üblicherweise enthaltenen Begleitstoffe betragen insgesamt max. $\pm 0,1$ Vol.-%. Wasserdampf verursacht bei dieser im Betriebszustand erfolgenden In-Situ-Messung Minderbefunde. Der Unterschied zwischen Meßwerten feucht/trocken ist dem Wasserdampfgehalt im Gas direkt proportional.</p>	<p>erfüllt</p>

Mindestanforderungen	Prüfergebnis	Urteil
<p>1.5.8 Die Einstellzeit (90 %-Zeit) der Meßeinrichtungen einschließlich Probenahmesystem soll nicht mehr als 200 Sekunden betragen.</p>	<p>Die Einstellzeit (90 %-Zeit) wurde im Dauerstandsversuch zu maximal 61 Sekunden ermittelt.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.9 Die zeitliche Änderung der Nullpunktanzeige soll im Wartungsintervall $\pm 0,2$ Vol.-% nicht übersteigen.</p>	<p>Beim 2 Vol.-%-Punkt, der als Ersatz für den Nullpunkt diente, betrug im Wartungsintervall die zeitliche Änderung maximal $\pm 0,1$ Vol.-%.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.10 Die zeitliche Änderung der Referenzpunktanzeige, verursacht durch eine Änderung der Empfindlichkeit, soll im Wartungsintervall $\pm 0,2$ Vol.-% nicht übersteigen.</p>	<p>Die zeitliche Änderung lag beim Referenzpunkt im Wartungsintervall bei maximal 0,2 Vol.-%.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.11 Probenahme und Probenaufbereitung sind bezüglich Werkstoff und Beheizung so zu gestalten, daß eine einwandfreie Feststofffilterung erreicht und Umsetzungen sowie Verschleppungseffekte durch Adsorptions- und Desorptionserscheinungen so weit wie möglich vermieden werden.</p>	<p>Die Meßsonden werden durch den Hersteller bezüglich Länge und Material den jeweiligen Erfordernissen angepaßt.</p>	<p>erfüllt</p>
<p>1.5.12 Die Reproduzierbarkeit soll den Wert 70 nicht unterschreiten.</p>	<p>Im Dauerstandsversuch wurde eine Reproduzierbarkeit von 259, bezogen auf den gesamten Meßbereich, erreicht. Für die Klasse I, II und III (Werte aus Musterkalibrierungen) lagen die Werte bei 769, 716 bzw. 681.</p>	<p>erfüllt</p>

6 ZUSAMMENFASSUNG

Im Auftrag der Firma Rosemount GmbH & Co, 63450 Hanau, führte die TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH eine Eignungsprüfung für die Sauerstoffmeßeinrichtung Modell 3000 für die Meßbereiche 0-6/12/25 Vol.-% durch. Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der in den Richtlinien des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit genannten Mindestanforderungen und des Prüfplanes des UBA.

Für die Untersuchungen standen drei identische Meßeinrichtungen (ein Laborgerät, zwei Feldgeräte) zur Verfügung.

Die Dauerprobung fand im Rohgas einer Hausmüllverbrennungsanlage vor Staubabscheider statt und deckt mit diesen schwierigen Randbedingungen somit Einsatzmöglichkeiten in Abgasen aller Art ab. Der Meßbereich bei der Eignungsprüfung war auf 0-25 Vol.-% Sauerstoff eingestellt, die Umschaltung auf die Meßbereiche 0-6 oder 0-12 Vol.-%, ist möglich. Aufgrund des Meßprinzips sind die absoluten Fehler in diesen Meßbereichen kleiner.

Die erzielten Untersuchungsergebnisse erfüllten alle Mindestanforderungen der BMU-Richtlinie IGI, 2 - 556 134/4 - für die Eignungsprüfung von Meßeinrichtungen zur Messung von Bezugsgrößen.

Auf der Grundlage der Prüfergebnisse wird daher folgende Empfehlung für die Bekanntgabe ausgesprochen:

Sauerstoff

MODELL 3000 (In-Situ-Version)

Hersteller: Rosemount GmbH & Co, Hanau

Eignung: für Anlagen der 13. BImSchV und TA Luft sowie Abfallverbrennungsanlagen (17. BImSchV) in Roh- und Reingasen

**Meßbereiche bei der Eignungsprüfung: 0 - 6 Vol.-% O₂
0 - 12 Vol.-% O₂
0 - 25 Vol.-% O₂**

Hinweis:

- Der Sauerstoffgehalt wird im feuchten Abgas gemessen.
- Bei der Eignungsprüfung wurde die automatische Kalibrierungseinheit nicht geprüft.

Zentralabteilung
Luftreinhalteung
bei Großanlagen

Dieter Hammes

Dieter Hammes (Dipl.-Ing.)

Wolfgang Schlömer
Wolfgang Schlömer

Köln, den 12.08.1993
936-ham-bn

7 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen, Richtlinien über die Eignungsprüfung, den Einbau, die Kalibrierung und die Wartung von Meßeinrichtungen für kontinuierliche Emissionsmessungen

RdSschr. d. BMU v. 01.03.1990; IGI 2 - 556 134/4.

O₂-Analysensystem Modell 3000

Tabelle A1: Stabilität des Meßbereiches

Meßbereich 0-25 Vol.-% O₂ ≙ 4-20 mA

Gerät 1: Kontrollpunkt 1,

2,0 Vol.-%, Prüfgas in N₂, ≙ 5,28 mA

Kontrollpunkt 2,

20,95 Vol.-%, atm. Luft feucht, ≙ 17,57 mA

Datum	Kontrollpunkt 1			Kontrollpunkt 2		
	Meßwert	Abwei- chung		Meßwert	Abwei- chung	
1993	mA	Vol.-%	Vol.-%	mA	Vol.-%	Vol.-%
12.05.	5,27	1,98	0,02	17,54	20,90	0,05
18.05.	5,27	1,98	0,02	17,46	20,80	0,15
24.05.	5,28	2,00	0,0	17,51	20,86	0,09
01.06.	5,28	2,00	0,0	17,49	20,83	0,12
04.06.	5,28	2,00	0,0	17,60	21,00	0,05
16.06.	5,27	1,98	0,02	17,61	21,01	0,06
22.06.	5,26	1,97	0,03	17,61	21,01	0,06
28.06.	5,28	2,00	0,0	17,62	21,03	0,08
05.07.	5,33	2,08	0,08	17,60	21,00	0,05
12.07.	5,32	2,06	0,06	17,53	20,89	0,06
19.07.	5,28	2,00	0,0	17,49	20,83	0,12
26.07.	5,31	2,05	0,05	17,55	20,92	0,03
02.08.	5,30	2,03	0,03	17,53	20,89	0,06
12.08.	5,29	2,02	0,02	17,56	20,93	0,02

O₂-Analysensystem Modell 3000

Tabelle A2: Stabilität des Meßbereiches

Meßbereich 0-25 Vol.-% O₂ ≙ 4-20 mA

Gerät 2: Kontrollpunkt 1,
 2,0 Vol.-%, Prüfgas in N₂, ≙ 5,24 mA

 Kontrollpunkt 2,
 20,95 Vol.-%, atm. Luft feucht, ≙ 17,49 mA

Datum	Kontrollpunkt 1			Kontrollpunkt 2		
	Meßwert	Abwei- chung		Meßwert	Abwei- chung	
1993	mA	Vol.-%	Vol.-%	mA	Vol.-%	Vol.-%
12.05.	5,27	2,05	0,05	17,52	21,00	0,05
18.05.	5,24	2,00	0,0	17,38	20,78	0,17
24.05.	5,23	1,98	0,02	17,37	20,76	0,19
01.06.	5,21	1,95	0,05	17,36	20,75	0,20
04.06.	5,22	1,97	0,03	17,42	20,84	0,11
16.06.	5,23	1,98	0,02	17,48	20,93	0,02
22.06.	5,24	2,00	0,0	17,56	21,06	0,11
28.06.	5,24	2,00	0,0	17,56	21,06	0,11
05.07.	5,29	2,08	0,08	17,56	21,06	0,11
12.07.	5,29	2,08	0,08	17,59	21,10	0,15
19.07.	5,27	2,05	0,05	17,52	21,00	0,05
26.07.	5,31	2,11	0,11	17,50	20,97	0,02
02.08.	5,29	2,08	0,08	17,52	21,00	0,05
12.08.	5,27	2,05	0,05	17,52	21,00	0,05

**Tabelle A3: Einzelmeßwerte zur Ermittlung der Meßschwelle
 (Nachweisgrenze)**

O ₂ -Konzentration desgl. in Meßwertanzeige	Gerät-Nr. 1		Gerät-Nr. 2	
	2 Vol.-%	20,95 Vol.-%	2 Vol.-%	20,95 Vol.-%
Nr.	mA	mA	mA	mA
1	5,27	17,54	5,27	17,52
2	5,27	17,54	5,27	17,52
3	5,26	17,57	5,24	17,51
4	5,27	17,57	5,25	17,52
5	5,27	17,58	5,25	17,53
6	5,27	17,46	5,24	17,38
7	5,28	17,51	5,23	17,37
8	5,27	17,50	5,21	17,36
9	5,28	17,49	5,21	17,34
10	5,26	17,53	5,20	17,37
11	5,28	17,57	5,21	17,40
12	5,28	17,52	5,21	17,38
13	5,28	17,60	5,22	17,42
14	5,28	17,64	5,21	17,46
15	5,28	17,64	5,22	17,45
16	5,26	17,61	5,24	17,56
17	5,26	17,59	5,23	17,55
18	5,26	17,60	5,24	17,56
19	5,28	17,62	5,24	17,56
20	5,28	17,59	5,24	17,51
21	5,30	17,62	5,26	17,54
22	5,30	17,56	5,26	17,50
23	5,33	17,60	5,29	17,56
24	5,32	17,61	5,28	17,58
25	5,30	17,59	5,26	17,55
26	5,27	17,58	5,25	17,53
27	5,24	17,57	5,22	17,51
28	5,26	17,53	5,20	17,46
29	5,26	17,61	5,24	17,56
30	5,28	17,62	5,24	17,56

**Tabelle A4: Reproduzierbarkeit der Meßwertanzeigen
 Einzelwerte vom 12.05. - 12.08.1993**

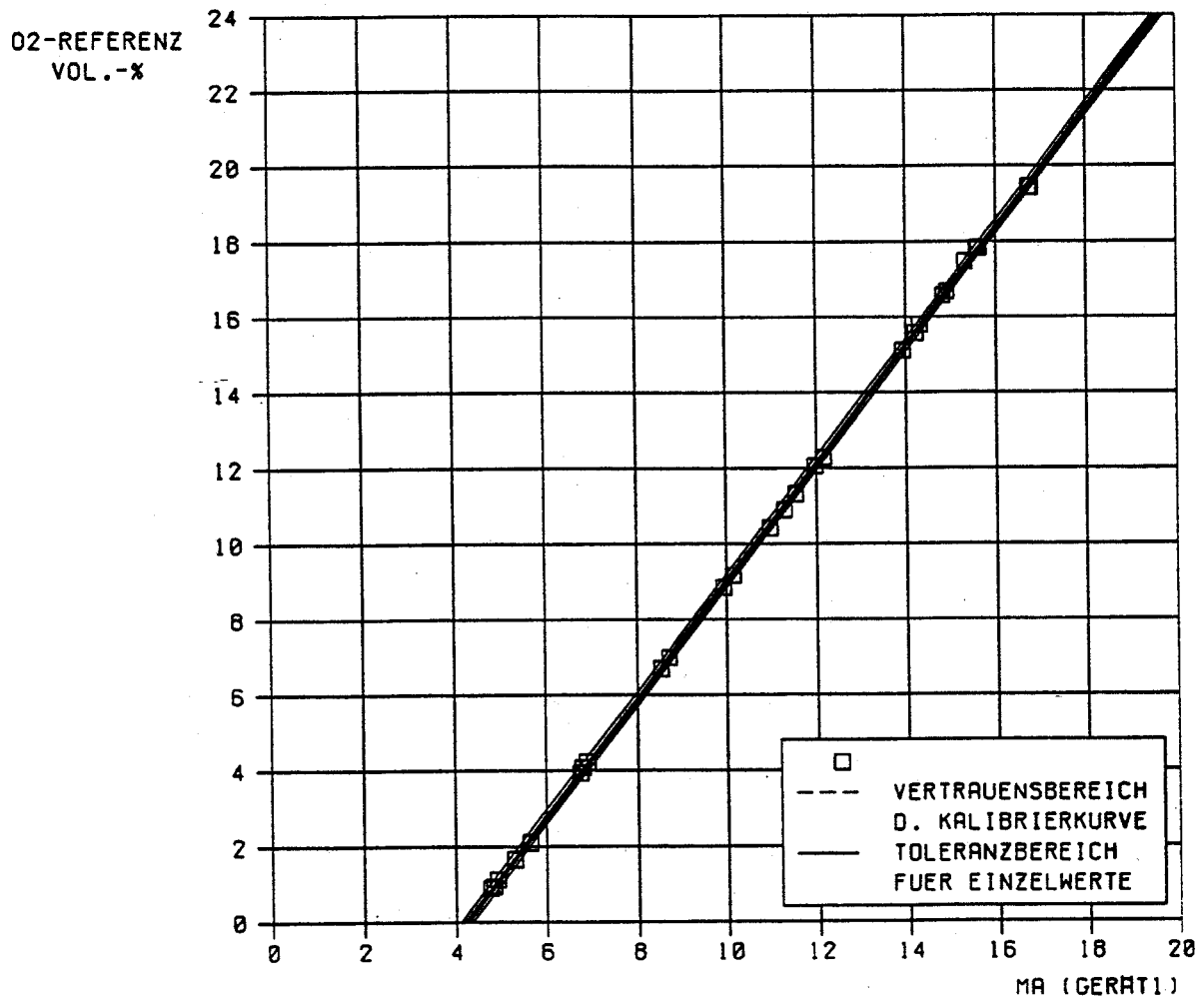
Zähler Nr.	Gerät 1 Vol.-%	Gerät 2 Vol.-%	Zähler Nr.	Gerät 1 Vol.-%	Gerät 2 Vol.-%	Zähler Nr.	Gerät 1 Vol.-%	Gerät 2 Vol.-%
1	6,86	6,85	34	12,17	12,04	67	8,08	8,08
2	6,76	6,64	35	7,04	7,07	68	7,81	7,81
3	6,3	6,44	36	7,3	7,38	69	7,63	7,67
4	7,68	7,61	37	7,09	7,21	70	7,39	7,35
5	7,48	7,44	38	8,03	8,09	71	7,46	7,36
6	8,33	8,36	39	7,61	7,66	72	7,36	7,43
7	7,64	7,68	40	7,18	7,23	73	9,04	9,14
8	7,88	7,99	41	6,95	6,85	74	7,43	7,49
9	7,33	7,47	42	8,95	8,87	75	7,53	7,52
10	6,42	6,39	43	6,47	6,41	76	8,35	8,3
11	7,44	7,41	44	7,27	7,24	77	8,12	8,09
12	7,42	7,33	45	8,17	8,12	78	9,39	9,47
13	7	6,95	46	6,92	6,96	79	6,69	6,76
14	7,11	7,12	47	7,52	7,49	80	7,29	7,35
15	7,13	7,21	48	6,56	6,59	81	7,95	7,95
16	6,54	6,47	49	7,94	7,91	82	7,15	7,18
17	8,28	8,21	50	7,26	7,18	83	9,85	9,88
18	6,37	6,33	51	7,49	7,41	84	6,96	6,86
19	7,35	7,3	52	7,37	7,4	85	7,17	7,15
20	7,36	7,29	53	9,91	9,87	86	6,98	6,98
21	6,91	6,85	54	6,74	6,64	87	6,92	6,93
22	9,59	9,5	55	9,23	9,09	88	7,82	7,89
23	5,19	5,16	56	6,57	6,7	89	6,82	6,93
24	7,44	7,43	57	7,16	7,25	90	7,49	7,51
25	6,37	6,4	58	6,71	6,82	91	7,23	7,27
26	7,04	7,02	59	6,31	6,38	92	7,43	7,44
27	6,01	6,01	60	8,89	8,9	93	7,14	7,23
28	7,58	7,5	61	8,05	8,05	94	8,48	8,51
29	6,03	6,01	62	7,28	7,38	95	7,55	7,59
30	6,95	6,81	63	7,49	7,55	96	6,64	6,74
31	6,71	6,81	64	7,4	7,42	97	8,11	8,14
32	7,04	7,16	65	7,42	7,42	98	7,34	7,34
33	6,93	6,87	66	7,46	7,53			

Tabelle A5: Einzelwerte bei den Musterkalibrierungen

Meßreihe 1			Meßreihe 2		
Modell 3000 Gerät 1 mA	Modell 3000 Gerät 2 mA	O ₂ -Referenz- meßgerät Vol.-%	Modell 3000 Gerät 1 mA	Modell 3000 Gerät 2 mA	O ₂ -Referenz- meßgerät Vol.-%
4,82	4,80	0,94	7,09	7,10	4,67
4,91	4,89	1,11	5,97	5,96	2,92
6,80	6,77	4,08	5,59	5,58	2,20
6,75	6,72	3,94	5,37	5,35	1,92
6,90	6,87	4,21	4,91	4,89	1,01
8,71	8,66	7,00	4,55	4,52	0,41
8,53	8,48	6,69	4,45	4,42	0,34
5,65	5,61	2,10	4,25	4,21	0,12
5,30	5,28	1,66	8,13	8,15	6,37
4,76	4,74	0,89	8,10	8,11	6,33
10,14	10,09	9,16	10,99	11,02	11,05
9,93	9,88	8,84	12,45	12,48	13,21
11,53	11,49	11,31	12,90	12,93	13,93
11,28	11,24	10,89	13,53	13,56	14,83
10,96	10,91	10,42	14,10	14,12	15,65
12,15	12,10	12,27	11,59	11,62	11,58
11,96	11,92	12,05	9,83	9,85	9,07
14,21	14,17	15,57	10,82	10,85	10,64
13,92	13,88	15,11	9,50	9,52	8,54
14,31	14,27	15,79	11,80	11,82	12,25
15,32	15,27	17,47	14,60	14,60	16,50
15,57	15,52	17,81	14,53	14,54	16,36
15,59	15,56	17,83	15,61	15,63	18,07
15,61	15,59	17,84	16,48	16,49	19,37
15,62	15,60	17,83	16,61	16,61	19,52
16,71	16,69	19,43	15,10	15,10	17,17
16,72	16,69	19,44	17,50	17,52	20,97
16,74	16,69	19,43	16,71	16,70	20,06
14,83	14,79	16,57	16,08	16,12	18,83
14,91	14,86	16,68	14,79	14,83	16,81

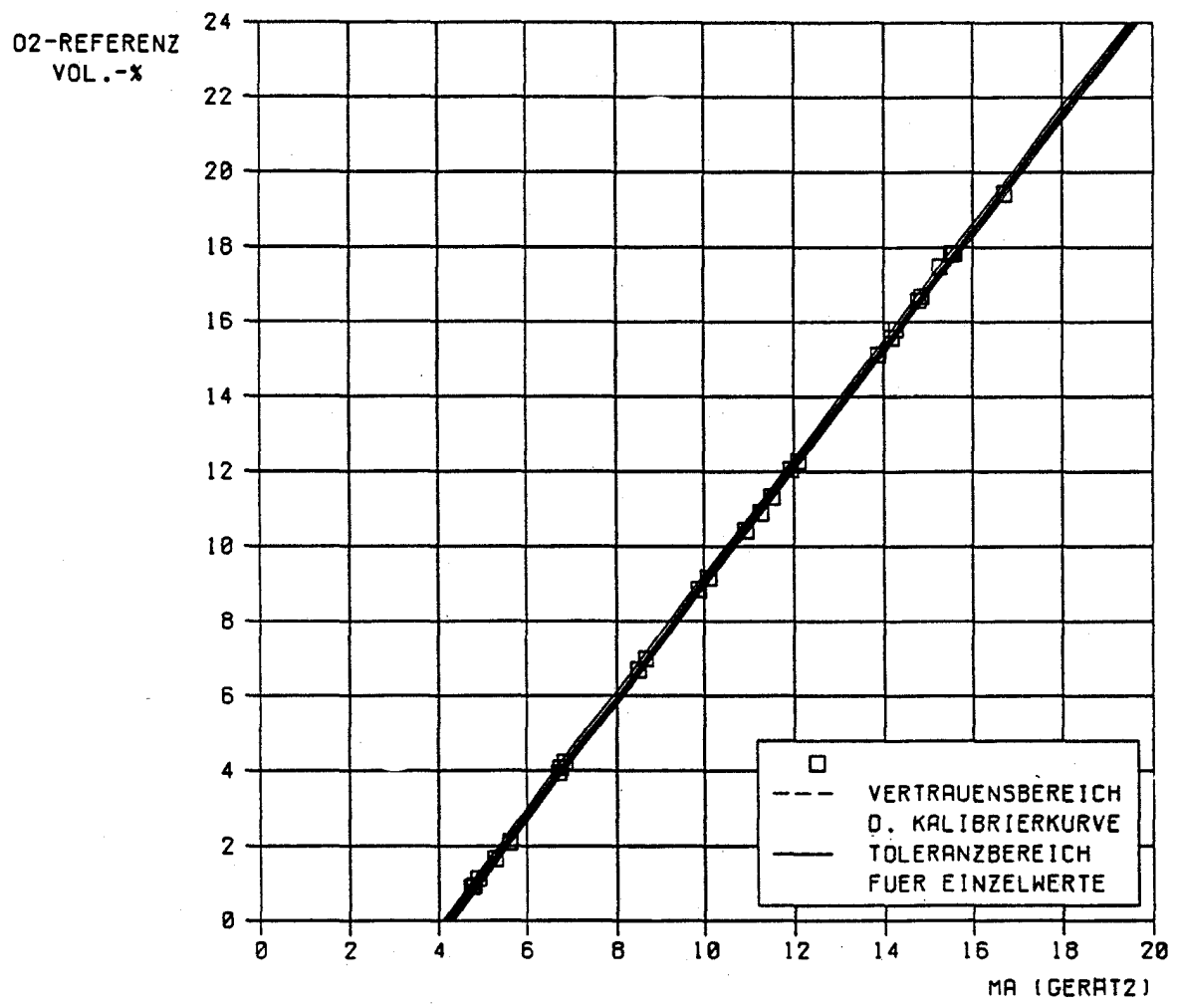
Tabelle A6: Reproduzierbarkeit der Meßwertanzeigen (Klasseneinteilung) Einzelwerte im Rahmen der Musterkalibrierungen vom 22.06. und 19.07.1993

Zähler Nr.	Klasse I		Klasse II		Klasse III	
	Gerät 1	Gerät 2	Gerät 1	Gerät 2	Gerät 1	Gerät 2
1	1,45	1,45	9,35	9,32	17,44	17,43
2	1,32	1,32	9,49	9,46	17,74	17,74
3	1,34	1,34	9,41	9,4	17,82	17,81
4	1,46	1,46	9,17	9,14	17,85	17,87
5	3,95	3,94	9,33	9,31	17,88	17,92
6	4,36	4,35	9,52	9,49	17,9	17,94
7	4,52	4,51	11,62	11,61	19,57	19,61
8	4,29	4,28	11,24	11,23	19,58	19,61
9	4,52	4,51	11,11	11,11	19,62	19,61
10	4,64	4,61	11,04	11,01	16,68	16,69
11	7,29	7,26	10,75	10,72	16,81	16,8
12	7,32	7,29	12,57	12,55	16,49	16,46
13	7,39	7,35	11,97	11,95	16,52	16,5
14	7,42	7,38	12,28	12,27	16,38	16,36
15	7,2	7,18	12,63	12,61	18,05	18,05
16	7,02	6,98	12,22	12,2	18,3	18,28
17	2,6	2,57	12,36	12,34	19,4	19,38
18	2,21	2,2	15,73	15,74	19,6	19,56
19	2,06	2,06	15,29	15,29	18,49	18,45
20	2,44	2,45	14,94	14,92	17,26	17,22
21	1,28	1,28	15,89	15,89	17,04	17,02
22	1,29	1,29	10,89	10,93	19,43	19,44
23	1,23	1,23	13,17	13,19	20,98	20,97
24	4,83	4,86	12,84	12,87	20,98	20,96
25	4,41	4,44	13,86	13,89	19,75	19,69
26	3,17	3,2	14,58	14,59	19,02	19,04
27	3,09	3,09	14,84	14,86	18,77	18,8
28	3,26	3,26	15,45	15,45	17,56	17,59
29	2,5	2,5	15,73	15,73	16,77	16,8
30	1,81	1,8	15,94	15,95	17,03	17,06
31	2,15	2,14	15,74	15,74	16,13	16,11
32	1,44	1,43	11,82	11,85	20,94	20,95
33	1,23	1,21	8,82	8,88	20,95	20,95
34	1,3	1,29	9,08	9,11	20,93	20,94
35	0,88	0,85	10,19	10,21	20,57	20,57
36	0,67	0,63	10,42	10,46	20,87	20,87
37	0,72	0,7	10,62	10,66	18,87	18,85
38	0,55	0,51	10,95	10,97	17,45	17,43
39	0,41	0,37	10,48	10,52	19,21	19,18
40	0,41	0,37	8,57	8,6	18,3	18,26



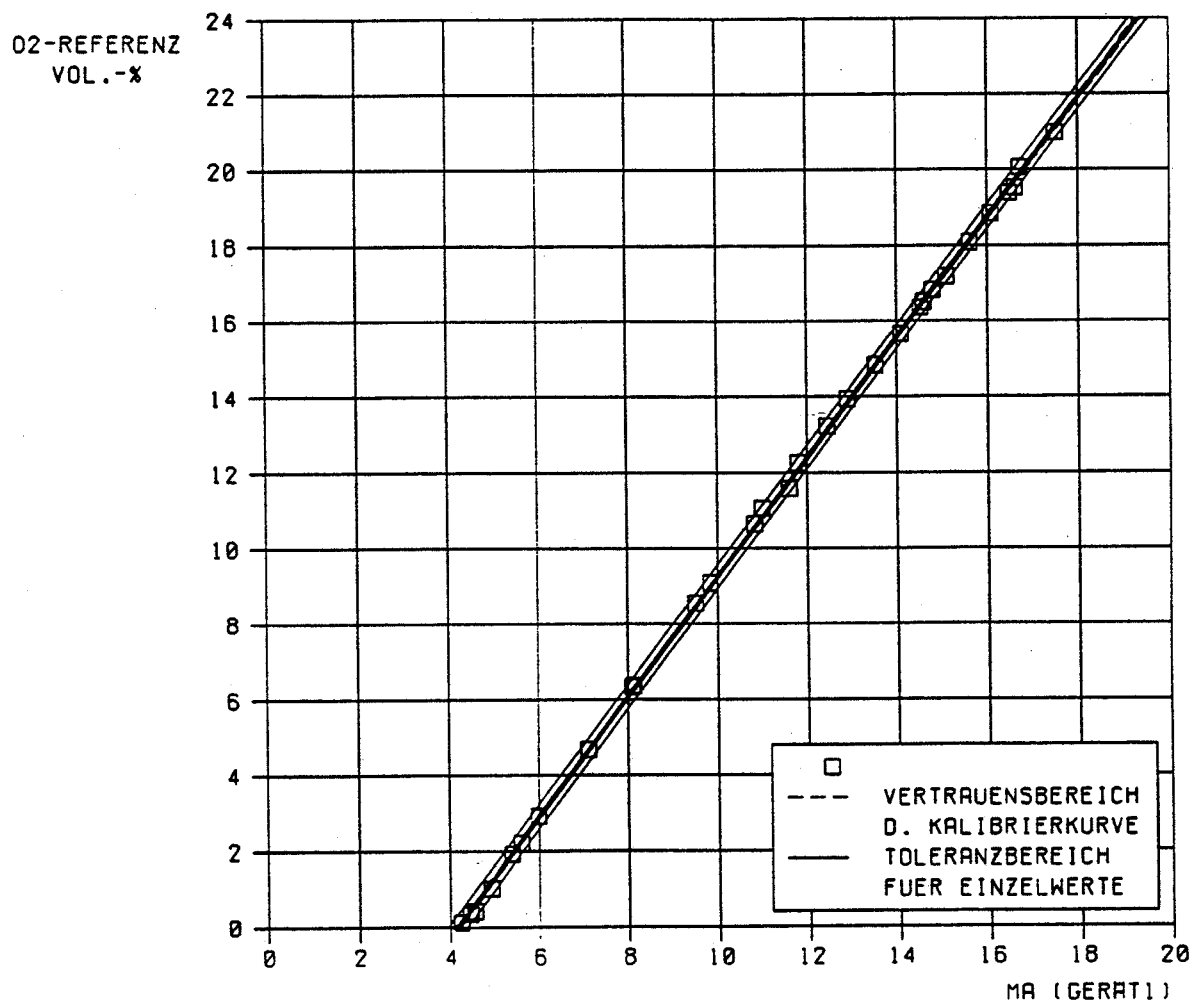
MUSTERKALIBRIERUNG MODELL 3000: MESSREIHE 1: GERÄT 1

Bild A1: Musterkalibrierung Modell 3000
Meßreihe 1
Gerät 1



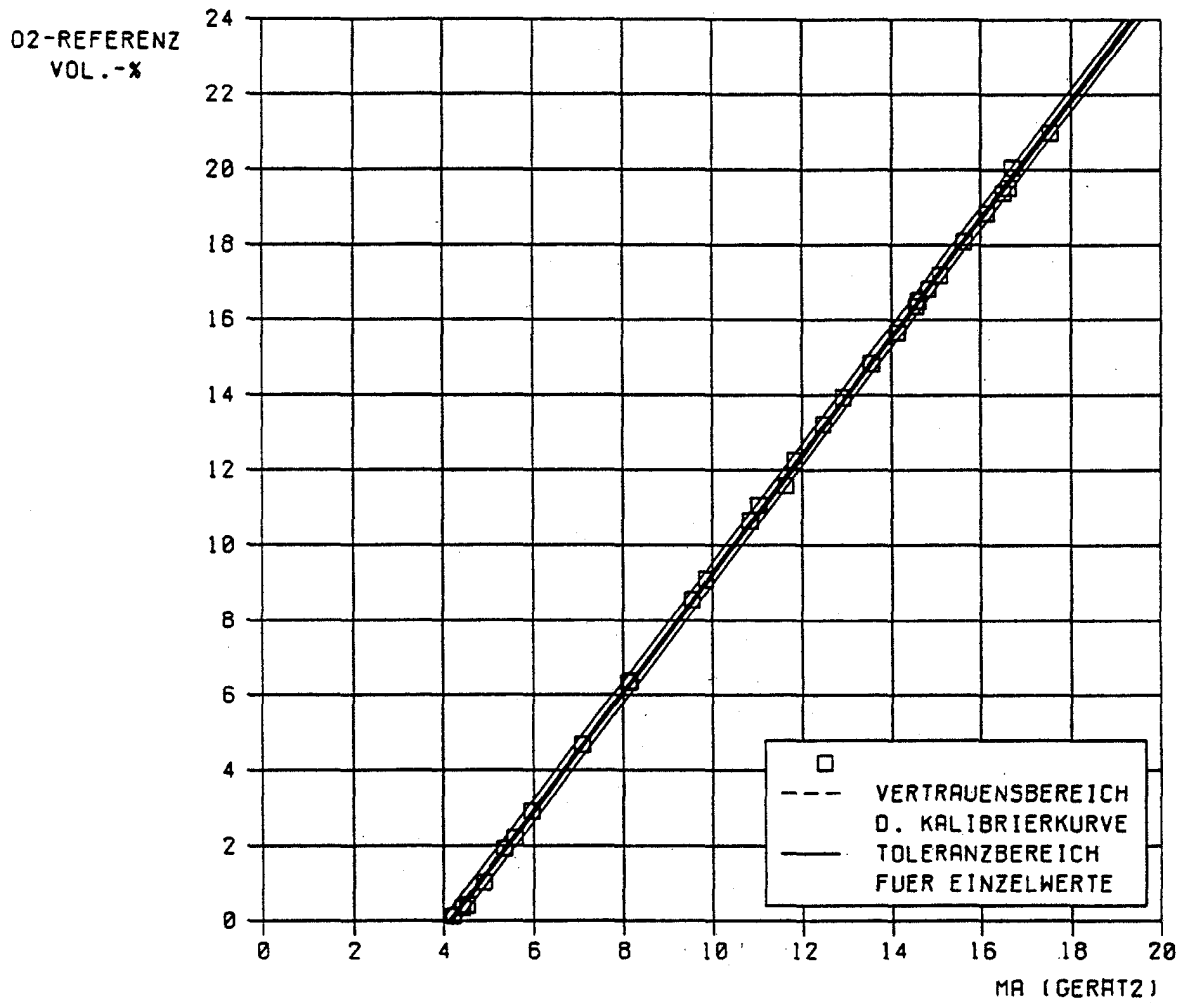
MUSTERKALIBRIERUNG MODELL 3000; MESSREIHE 1; GERÄT 2

Bild A2: Musterkalibrierung Modell 3000
Meßreihe 1
Gerät 2



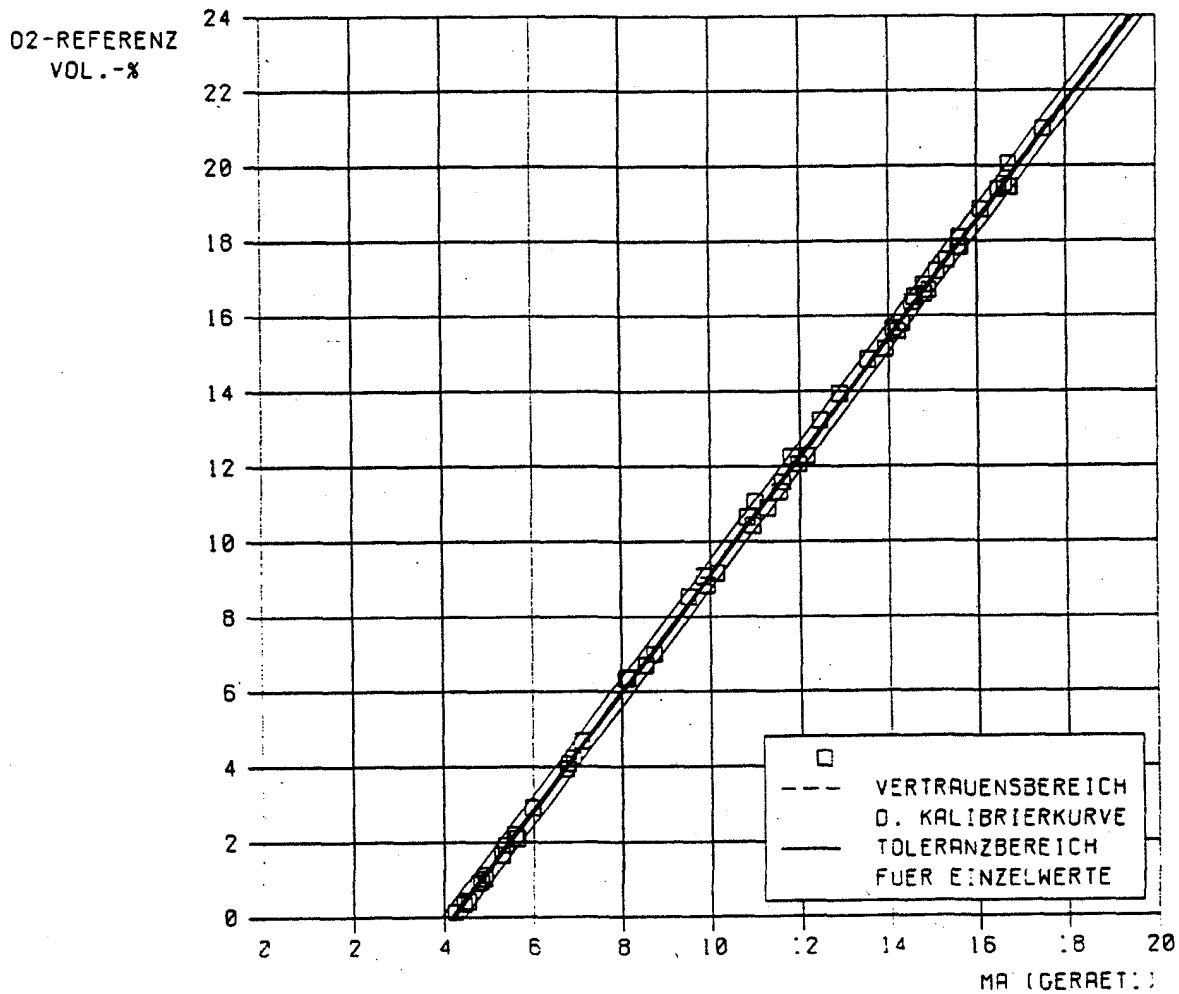
MUSTERKALIBRIERUNG MODELL 3000: MESSREIHE 2: GERÄT 1

Bild A3: Musterkalibrierung Modell 3000
Meßreihe 2
Gerät 1



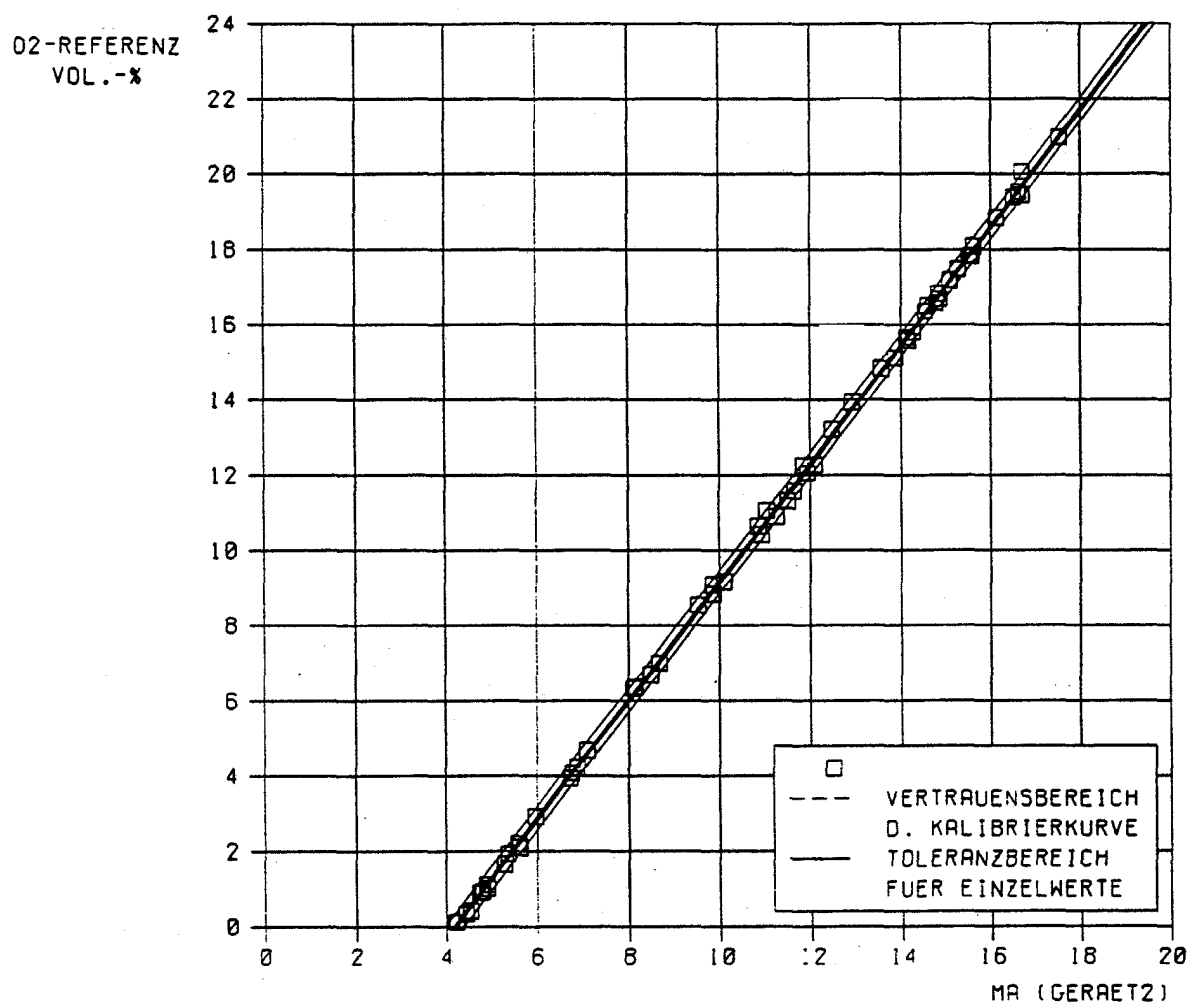
MUSTERKALIBRIERUNG MODELL 3002: MESSREIHE 2: GERÄT 2

Bild A4: Musterkalibrierung Modell 3000
Meßreihe 2
Gerät 2



MUSTERKALIBRIERUNG MODELL 3000: MESSREIHE 10.2: GERÄT 1

Bild 5A: Musterkalibrierung Modell 3000
Meßreihe 1 und 2
Gerät 1



MUSTERKALIBRIERUNG MODELL 3000; MESSREIHE 10.2; GERÄT 2

Bild A6: Musterkalibrierung Modell 3000
Meßreihe 1 und 2
Gerät 2

Emerson Process Management GmbH & Co. OHG

Industriestraße 1
63594 Hasselroth
Deutschland

Tel. +49(0)6055 884 0
Fax +49(0)6055 884 209
www.EmersonProcess.de

Emerson Process Management AG

IZ-NÖ Süd, Straße 2A, Obj.M29
2351 Wr.Neudorf
Österreich

Tel. +43(0)2236 607
Fax +43(0)2236 607 44
www.EmersonProcess.at

Emerson Process Management AG

Blegistrasse 21
6341 Baar
Schweiz

Tel. +41(0)41 768 61 11
Fax +41(0)41 761 87 40
www.EmersonProcess.ch