

Modern Testing Services (Germany) GmbH
neue Firmenbezeichnung ab 08.05.2023
Eurofins MTS Consumer Product Testing Germany
Provinostraße 52
D-86153 Augsburg

Bericht

über die Durchführung von Emissionsmessungen bezüglich Geruch an zwei BHKW-Motoren

Datum: 28.11.2023
Berichtsnummer: K1208-23072-E

Auftraggeber: Ingenieurbüro Kottermair GmbH
Bestellnummer: telefonisch
Auftragsdatum: 20.09.2023
Tag der Messung: 06.10.2023
Umfang: 17 Seiten Bericht
1 Anlage (14 Seiten)



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14274-01-00

Akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025
Messstelle nach § 29b BImSchG

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde
aufgeführten Prüfverfahren.

Modern Testing Services
(Germany) GmbH

Sitz der Gesellschaft Augsburg
HRB Augsburg 14349
USt-IdNr. DE153746084

Geschäftsführer Dr. Dieter Sedek

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen

Name der nach § 29b BImSchG bekannt gegebenen Stelle: Eurofins MTS Consumer Product Testing Germany GmbH
 Befristung der Bekanntgabe bis: 13.04.2027
 Berichtsnummer: K1208-23072-E
 Berichtsdatum: 27.11.2023
 Betreiber: Georg Rabl
 Standort: Barthstr. 23
 85256 Vierkirchen/Pasenbach
 Art der Messung: Einmalige betriebsinterne Emissionsmessung für Geruch an zwei BHKW-Motoren
 Auftragsnummer: telefonisch
 Auftragsdatum: 20.09.2023
 Datum der Messungen: 06.10.2023
 Berichtsumfang: 17 Seiten Bericht;
 2 Anlagen mit insgesamt 14 Seiten
 Aufgabenstellung: Emissionsmessung an zwei BHKW-Motoren zur Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration

Zusammenfassung

Anlage: Verbrennungsmotoranlage (BHKW mit Biogas betrieben)
 Betriebszeiten: 8500 h/a
 Emissionsquelle: **BHKW Gas-Otto-Motor (380 kW_{el})**
 Messkomponenten: Geruch
 Messergebnisse: Geruch (293,15 K 101,3 kPa), feucht

Messparameter	Einheit	Max. Messwert abzgl. MU	Max. Messwert zuzgl. MU	Betriebszustand
Geruch Geruchsstoffkonzentration	[GE/m ³]	780	2330	Regelbetrieb

Zusammenfassung

Anlage: Verbrennungsmotoranlage (BHKW mit Biogas betrieben)
 Betriebszeiten: 3000 h/a
 Emissionsquelle: **BHKW Gas-Otto-Motor (210 kW_{el})**
 Messkomponenten: Geruch
 Messergebnisse: Geruch (293,15 K 101,3 kPa), feucht

Messparameter	Einheit	Max. Messwert abzgl. MU	Max. Messwert zuzgl. MU	Betriebszustand
Geruch Geruchsstoffkonzentration	[GE/m ³]	1750	5250	Regelbetrieb

INHALTSVERZEICHNIS

1	FORMULIERUNG DER MESSAUFGABE	4
1.1	AUFTRAGGEBER	4
1.2	BETREIBER	4
1.3	STANDORT	4
1.4	ANLAGE	4
1.5	MESSZEIT (DATUM)	4
1.6	ANLASS DER MESSUNG	4
1.7	AUFGABENSTELLUNG	4
1.8	MESSOBJEKTE	5
1.9	DURCHGEFÜHRTE ORTSBESICHTIGUNG VOR MESSDURCHFÜHRUNG	5
1.10	MESSPLANABSTIMMUNG	5
1.11	BETEILIGTE FACH- UND HILFSKRÄFTE	5
1.12	BETEILIGTE INSTITUTE	5
1.13	FACHLICH VERANTWORTLICHER	5
2	BESCHREIBUNG DER ANLAGE, GEHANDHABTE STOFFE	6
2.1	ART DER ANLAGE	6
2.2	BESCHREIBUNG DER ANLAGE	6
2.3	BESCHREIBUNG DER EMISSIONSQUELLEN	6
2.4	ANGABE DER LAUT GENEHMIGUNGSBESCHIED MÖGLICHEN EINSATZSTOFFE	6
2.5	BETRIEBSZEITEN	7
2.6	EINRICHTUNGEN ZUR ERFASSUNG UND MINDERUNG DER EMISSIONEN	7
3	BESCHREIBUNG DER PROBENAHMESTELLE	7
3.1	LAGE DES MESSQUERSCHNITTES	7
3.2	ABMESSUNGEN DES MESSQUERSCHNITTES	8
3.3	ANZAHL DER MESSACHSEN UND LAGE DER MESSPUNKTE IM MESSQUERSCHNITT	8
3.4	ANZAHL UND GRÖÖE DER MESSÖFFNUNGEN (MESSSTUTZEN):	8
4	MESS- UND ANALYSEVERFAHREN, GERÄTE	8
4.1	ERMITTLUNG DER ABGASRANDBEDINGUNGEN	8
4.2	GERUCHSEMISSIONEN	9
5	BETRIEBZUSTAND DER ANLAGE WÄHREND DER MESSUNGEN	14
5.1	PRODUKTIONSANLAGE	14
5.2	ABGASREINIGUNGSANLAGEN	14
6	ZUSAMMENSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE UND DISKUSSION	15
6.1	BEWERTUNG DER BETRIEBSBEDINGUNGEN WÄHREND DER MESSUNGEN	15
6.2	MESSERGEBNISSE	15
6.3	MESSUNSICHERHEITEN	16
6.4	PLAUSIBILITÄTSPRÜFUNG	17
7	ANHANG - ANLAGENÜBERSICHT	17

1 Formulierung der Messaufgabe

1.1 Auftraggeber

Ingenieurbüro Kottermair GmbH

Gewerbepark 4

85250 Altomünster

Ansprechpartner: Herr Andreas Kottermair
Tel.-Nr.: 08254 9946611

1.2 Betreiber

Georg Rabl

Barthstr. 23

85256 Vierkirchen/Pasenbach

1.3 Standort

Nähe Barthstr. 23

85256 Vierkirchen

Fl.-Nr. 203, Gemarkung Pasenbach

1.4 Anlage

Anlage bestehend aus drei Gas-Otto-BHKW-Motoren zum Betrieb mit Biogas

1.5 Messzeit (Datum)

06.10.2023

1.6 Anlass der Messung

Olfaktometrische Messung zur Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration an zwei BHKW-Modulen. Die gewonnenen Daten fließen in eine Ausbreitungsrechnung für Geruch ein. Ein dritter Motor dient nur als Reserve und ist nicht Bestandteil der Messung.

1.7 Aufgabenstellung

In der Ausbreitungsrechnung für Geruch wird der Geruchsmassenstrom der Quellen anhand von Emissionsfaktoren bestimmt. Gemäß der Liste der Emissionsfaktoren für Biogas- und Tierhaltungsnlagen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) Brandenburg wird für BHKW-Gas-Otto-Motoren der Literaturwert für den Geruchsemissionsfaktor ein Wert von 3000 GE/m³ angesetzt. Der Faktor für zwei BHKW-Gas-Otto-Motoren der BHKW-Anlage Rabl soll jedoch im Betrieb mittels Emissionsmessung für Geruch bestimmt werden.

Je Motor erfolgt die Ermittlung über drei Messungen je 30 Minuten.

1.8 Messobjekte

- Geruch

1.9 Durchgeführte Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

- Ortsbesichtigung durchgeführt
 Messbedingungen entsprechend DIN EN 15259
- vorgefunden
 - nicht vorgefunden
 - festgelegt und realisiert
 - nicht festgelegt und realisiert
 - keine Ortsbesichtigung durchgeführt
 - da mit den vorherigen Messungen an dieser Anlage befasst.
- Messbedingungen entsprechend DIN EN 15259
- vorgefunden
 - nicht vorgefunden

1.10 Messplanabstimmung

- mit dem Betreiber
- mit der zuständigen Aufsichtsbehörde
- keine Messplanabstimmung durchgeführt

1.11 Beteiligte Fach- und Hilfskräfte

Probenahme

B. Röck M. Sc. Eurofins MTS Consumer Product
 Testing Germany GmbH

Versuchsleiter Olfaktometrie

R. Barnickel B. Eng. Eurofins MTS Consumer Product
 Testing Germany GmbH

1.12 Beteiligte Institute

keine

1.13 Fachlich Verantwortlicher

Dipl.-Ing. Detlev Bogs
 Tel.: 0821 / 56 97 96 30
 E-Mail detlev.bogs@cpt.eurofinseu.com

2 Beschreibung der Anlage, gehandhabte Stoffe

2.1 Art der Anlage

Anlage bestehend aus drei Gas-Otto-BHKW-Motoren zum Betrieb mit Biogas

2.2 Beschreibung der Anlage

Georg Rabl betreibt am Standort in Pasenbach/Vierkirchen eine Biogasanlage mit drei Gas-Otto-Motoren (1x 380 kW_{el}, 2x 210 kW_{el}) mit Generatoreinheit.

Anlagendaten

BHKW-TYP			
Motor			
Hersteller	MAN	MAN	MAN
Typ	LE 302 (380 kW _{el})	E 2876 (210 kW _{el})	E 2876 (210 kW _{el})
Anzahlzylinder	6	6	6
max. elektrische Leistung [kW]	380	210	210
Brennstoffart	Biogas	Biogas	Biogas
Betriebsstunden [h/a]	8.500	3.000	50
	Bestandteil der Messung		nicht Bestandteil der Messung

2.3 Beschreibung der Emissionsquellen

Emissionsquellen:	
Höhe über Grund:	je 10 m
Austrittsfläche:	0,031m ² bzw. 0,018 m ²
Rechts- / Hochwert:	32U 680006, 5358809
Bauausführung:	Stahlblech rund

2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe

Es ist unzulässig, andere als in der Betriebsbeschreibung genannten Stoffe in der Biogasanlage einzusetzen:

- Maissilage
- Gras/Grassilage
- Getreide
- GPS
- Rindergülle
- Rindermist
- Silosickersäfte

2.5 Betriebszeiten

2.5.1 Gesamtbetriebszeit

BHKW (380 kW_{el}): ca. 8.500 h/a, entspricht 24h-Betrieb

BHKW (210 kW_{el}): ca. 3.000 h/a, entspricht ca. 8 h täglich.

2.5.2 Emissionszeit nach Betreiberangaben

Entspricht der Gesamtbetriebszeit inkl. Stand- und Revisionszeiten

2.6 Einrichtungen zur Erfassung und Minderung der Emissionen

2.6.1 Einrichtungen zur Erfassung der Emissionen

Geschlossenes System, die Emissionen werden an der Entstehungsstelle erfasst und über Abgaskrümmer, Abgasleitung und Abgaskamin abgeleitet.

2.6.2 Einrichtungen zur Minderung der Emissionen

Oxidationskatalysatoren (Daten nicht erfasst)

2.6.3 Einrichtungen zur Kühlung des Abgases

Daten nicht erfasst

3 Beschreibung der Probenahmestelle

3.1 Lage des Messquerschnittes

Die Messstellen befinden sich jeweils im waagrechten Abschnitt der Abgasführung außerhalb des Gebäude in ca. 20 cm über Grund vor Eintritt Schalldämpfer.

Messstelle	freie Einlaufstrecke	freie Auslaufstrecke
Reingas	0,4 m (< 5 D _{dyn})	0,4 m (> 2 D _{dyn})

Die Ein- und Auslaufstrecken am Messquerschnitt entsprechen nicht den Empfehlungen der DIN EN 15259 hinsichtlich der Einlaufstrecke. Aus baulichen Gründen und Gründen der Erreichbarkeit konnte kein anderer Messquerschnitt eingerichtet werden.

Weitere Empfehlungen der DIN EN 15259 wurden nicht geprüft, da eine rechnerische Ermittlung der Geschwindigkeit durch stöchiometrische Verbrennungsrechnung und Restsauerstoffgehalt erfolgte.

Hinsichtlich der Ermittlung der Konzentration wird eingeschätzt, dass die o.g. Abweichungen ohne Einfluss auf die Messwerte und Messunsicherheiten sind. Die

Messquerschnitte werden als geeignet zur repräsentativen Ermittlung der Massenkonzentrationen angesehen.

3.2 Abmessungen des Messquerschnittes

Aggregat	Messkomp.	Durchmesser	Fläche
BHKW (380 kW _{el})	gasförm. Komp	0,20 m	0,031 m ²
BHKW (210 kW _{el})	gasförm. Komp	0,15 m	0,018 m ²

3.3 Anzahl der Messachsen und Lage der Messpunkte im Messquerschnitt

Messstelle	Parameter	Anzahl Messachsen	Anzahl Messpunkte je Achse
Kamin	Massenkonzentration, anorg. / org. Gase	1	1

Gültige Homogenitätsprüfung

liegt nicht vor

Fläche Messquerschnitt < 0,1 m²

keine Messung gasförmiger Komponenten

liegt vor

Datum der Homogenitätsprüfung:

Berichts-Nr.:

Prüfinstitut:

Ergebnis der vorliegenden Homogenitätsprüfung:

Messung an einem beliebigen Punkt

Messung an einem repräsentativen Punkt

Beschreibung der Lage des repräsentativen Punktes

Netzmessung erforderlich

3.4 Anzahl und Größe der Messöffnungen (Messstutzen):

Je 1 Messöffnungen Ø 1,5 cm

4 Mess- und Analyseverfahren, Geräte

4.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen

Nicht erfasst.

4.2 Geruchsemissionen

4.2.1 Geruchsemissionen

4.2.1.1 Grundlagen

Messverfahren: DIN EN 13725 (2022): Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie

Messgerät: Olfaktometer TO 8 evo (Olfasense)

Probenahme: Unterdruckprobenehmer

4.2.1.1.1 Probenahmeverfahren

Probenahme mit einem Unterdruckprobenehmer.

Mithilfe einer Pumpe wird ein Unterdruck erzeugt. Der Geruchsbeutel, welcher sich im Unterdruckprobenehmer befindet, wird mittels Unterdrucks mit dem Probengas befüllt.

4.2.1.1.2 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:

Material: Teflon

Länge: 0,5 m (Eingestellt auf Entnahmepunkt)

Beheizung: beheizt durch Abluft im Abluftkanal

Probenbehälter: Eigenanfertigung aus Toppits-Bratschlauch (PET), Volumen ca. 10 l, Einlassöffnung PTFE Ø 8 mm, Länge 150 mm

Probenleitung: PTFE, insgesamt ca. 10 cm in Probenbeutel

weitere Geräte und Hilfsmittel: Kontrolle des Verdünnungsverhältnisses durch Sauerstoffmessung der Geruchsproben

Messgerät: PG 350 Mehrkomponenten-Messgerät (Horiba)

4.2.1.1.3 Lagerung und Transport der Proben

Lagerung lichtgeschützt in geschlossenem Pappkarton bei Umgebungstemperatur
Überwachung der Temperatur durch Min-Max-Thermometer (19 – 24 °C)

4.2.1.2 Probenauswertung

4.2.1.2.1 Olfaktometer

Fabrikat: Olfasense GmbH Typ TO 8 Evo

Das Olfaktometer TO 8 Evo ist im Prinzip ein Verdünnungssystem, in dem eine riechende Luftprobe mit Reinluft verdünnt wird. Die Verdünnung wird den Probanden (Testriechern) zur Beurteilung dargeboten.

Mit Reinluft werden zwei Gasstrahlpumpen für je einen Messbereich betrieben. Diese saugen die Probenluft aus dem Probenbeutel. Computergesteuert werden Verdünnungsstufen eingestellt.

Die Probenluft wird in der Gasstrahlpumpe intensiv mit der Reinluft vermischt. Dieses Gemisch strömt über das Umsteuerventil zu den einzelnen Probandenplätzen. Während ein Proband Mischluft, also verdünnte Probenluft erhält, steht an einem anderen Probandenplatz Reinluft an. Die beiden Probanden, die sich in der Ausatemphase befinden, werden mit einem kaum wahrnehmbaren Spülluftstrom umgeben. Durch das Umsteuerventil wird an den Riechmasken zwischen zwei Atemzügen der Probanden von Reinluft auf Mischluft umgeschaltet. Diese Vorgänge laufen für alle vier am Gerät arbeitenden Probanden gleichzeitig ab.

Durch das Angebot von Reinluft und Mischluft in zwei aufeinanderfolgenden Atemzügen haben die Probanden einen direkten Vergleich. Die Sicherheit der Antworten wird dadurch erheblich erhöht.

Das gesamte Messprogramm läuft rechnergesteuert automatisch ab. Dazu gehört auch der Ablauf mehrerer Messreihen, einschließlich der notwendigen Pausenzeiten für die Probanden und der Spülfunktionen für das Verdünnungssystem sowie der Einstreuung von Neutralluftproben (Nullproben).

Technischen Daten des Olfaktometers:

Olfaktometer Ecoma T08 Evo

Verdünnungsprinzip:	Gasstrahlpumpe
Verwendete Materialien:	
Anzahl der Ausgänge für Riechproben:	1 je Probandenplatz, max. 4
Gestaltung des Olfaktometerausgangs:	nicht abdichtende Glasmaske
Volumenstrom der Riechprobe:	1,25 m ³ /h je Messplatz
Verdünnungsbereich:	
Größte einstellbare Verdünnung:	1 : 67677
Kleinste einstellbare Verdünnung:	1 : 3,54
Datum der letzten Kalibrierung des Gerätes:	Dezember 2022
Art der Verdünnungsluft:	Nullgas: Synthetische Luft (KW-frei) Hersteller: Tyczka Industrie-Gase 50 l Flasche mit Druckminderer

4.2.1.2.2 Ort der Probenauswertung

Der Riechraum befindet sich im technischen Verwaltung 1 Stock

Beschreibung des Riechraums:

Raumart:	Bürraum
Raumgröße:	ca. 8 x 10 x 3 m (L/B/H)

Orientierung:	Im Gebäude der technischen Verwaltung, im 1. Stock direkte Sonnenbestrahlung der Prüfer ist ausgeschlossen
Klimatisierung:	nein
Temperatur im Raum:	min. 20 °C, max. 25 °C (Temperatur und Feuchte können von einer Wetterstation am Olfaktometerplatz abgerufen werden)
Raumlüftung:	freie Lüftung bis zur Geruchsneutralität; ein Dachfenster
Neutralluft im Riechraum:	wird vor Prüferauswahl und Probenauswertung vom Probandenkollektiv überprüft
CO ₂ -Volumenanteil in der Raumlüftung:	CO ₂ < 0,15 Vol.-% wird vor Prüferauswahl und Probenauswertung messtechnisch überprüft
Zuluftreinigung:	Synthetische Luft, zusätzlich gereinigt über Filter und Aktivkohle

4.2.1.2.3 Auswerteverfahren

Die Probenauswertung erfolgt mit dem Olfaktometer T08 Evo. Bei der Probenauswertung wird überwiegend mit 4 Probanden und 3 gültigen Durchgängen gearbeitet. Bei einem neuen Geruchsstoff wird der erste Durchgang der ersten Probe gestrichen. Die Probanden unterliegen der Verschwiegenheit und werden vor jeder Probenauswertung über den Verhaltenskodex bei Olfaktometermessungen belehrt.

Die Auswertung der Geruchsschwellen erfolgt mit Hilfe der Datenausgabe der Software des Olfaktometer T08 Evo. Die endgültige Auswertung erfolgt über die Datenblätter QMF M3-16-2 (Berechnung Geruchsstoffkonzentration) durch Übertragung der einzelnen Schwellenschätzungen und der Berücksichtigung der tatsächlichen Vorverdünnung. Die Datenblätter enthalten Angaben über Messung, Datum, Zeit, Probe und Anteile der Nullproben. Zusätzlich stehen eine Matrix der Probandenergebnisse, Referenzluftfehler und der Nullluftfehler zur Verfügung (s. Anlage 6.3)

Die Kollektivschwelle der einzelnen Proben errechnet sich aus den gemessenen Verdünnung Z , welche durch die Probanden in mindestens 2 Durchgängen bestimmt werden. Der Verdünnungsfaktor an der Kollektivschwelle Z_{ITE} ist der auf eine Probe angewendete Verdünnungsfaktor, mit dem eine physiologische Reaktion des Probandenpanels hervorgerufen wird, die derjenigen auf $1 \text{ GE}_E/\text{m}^3$ entspricht. Dieser Verdünnungsfaktor ist der Zahlenwert der Geruchsstoffkonzentration der untersuchten Probe c_{od} in GE_E/m^3 . Der Verdünnungsfaktor an der Kollektivschwelle Z_{ITE} wird nach nachträglicher Prüferklassierung als geometrisches Mittel der einzelnen Schwellenschätzungen der Prüfer berechnet. Die Geruchsstoffkonzentration $Z_{ITE,pan}$ in GE_E/m^3 entspricht dann dem Zahlenwert dieses Verdünnungsfaktors.

Nachfolgend sind die Einstellungen für die Probenauswertungen mit dem Olfaktometer TO 8 Evo dargestellt.

Auswerteverfahren:

Versuchsleiter:	Barnickel
Darbietung der Geruchsproben:	Limitverfahren
Methode:	Ja/Nein-Verfahren
Dauer der einzelnen Reizes:	2,2 sec
Dauer der Pause zwischen den einzelnen Reizen:	ca 9 sec
Zahl der Darbietungen in einer Verdünnungsreihe:	5-7
Stufung der Verdünnungsreihe:	284; 130; 63,5; 15,1 7,24 und 3,54
Zahl der Nullproben in einer Verdünnungsreihe	Mindestens zwei Nullluftproben je Verdünnungsreihen
Dauer der Pause zwischen zwei Verdünnungsreihen:	60 sec
Zahl der Durchgänge pro Probe:	3
Dauer der Pause zwischen zwei Proben:	5 min
Häufigkeit der Überprüfung der Probanden	Min. 1 Schwellenschätzung alle 12 Messungen und min. einmal pro Messtag

4.2.1.3 Verfahrenskenngrößen und Qualitätssicherung
4.2.1.3.1 Kalibrierung der Verdünnungseinrichtung
Qualitätssicherung Verdünnungseinrichtung

Kalibrierung der Verdünnungseinrichtung Werkskalibrierung Olfasense Dezember 2022

Überprüfung des Zertifikats am 21.02.2023

4.2.1.3.3 Prüfer inklusive Prüferhistorie

Das Probandenkollektiv besteht derzeit aus 11 Prüfern. Es wurden für die Auswertungen 4 Prüfer eingesetzt.

Kennung des Probanden	41	45	28	33	44
Alter	21	38	41	24	21
Geschlecht	M	M	W	W	M
Ergebnisse Langzeittest n-Butanol					
Anzahl Schellenschätzung	12	12	12	12	12
Erste Schwellenschätzung	23.05.2023	30.06.2023	23.05.2023	09.05.2023	09.05.2023
Letzte Schwellenschätzung	06.10.2023	06.10.2023	06.10.2023	06.10.2023	06.10.2023
Numerus der Standardabweichung	1,84	1,56	1,54	1,53	1,46
Numerus des Mittelwertes	0,044	0,045	0,054	0,051	0,070

Die Prüfer haben die nach DIN EN 13725 geforderten Kriterien zu erfüllen:

Numerus der Standardabweichung $10^{\text{SITE}} < 2,3$

Geometrischer Mittelwert der einzelnen Schwellenschätzung (Bezugswert n-Butanol) $0,020 \leq 10^{\text{ITE}} \leq 0,080$

4.2.1.3.4 Sensorische Gesamtqualität des Labors:

Sensorische Gesamtqualität des Labors (Stand 22.03.2023)

Wiederholpräzision r 0,382 für n-Butanol
(letzte 10 Schätzungen):

Genauigkeit A_{od} : 0,097 (nur n-Butanol)

Standardabweichung S_r 0,1193 (nur n-Butanol)

Nachweisgrenze der olfaktometrischen Messung: 7,1 GE/m³

Die Qualitätskriterien für die Leistung des Labors nach DIN EN 13725 werden erfüllt:

Genauigkeit $A_{\text{OD}} \leq 0,217$; Wiederholpräzision $r \leq 0,477$

Standardgeruchsstoffe

n-Butanol: Prüfgas: 12,2 ppm n-Butanol in Synth. Luft
Hersteller: Westfalen AG
Herstelldatum: 20.07.2023, Stabilität: 36 Monate
Analysezertifikat: Ja DKD

5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

		BHKW (380 kW _{el})	BHKW (210 kW _{el})
Elektrische Leistung – Soll	kW _{el}	360	159
Elektrische Leistung – Ist	kW _{el}	358	159
Drehzahl	1/min	1500	1500
Lambda		1,459	1,472
Ladedruck	Bar	1,208	0,682
Betriebsstunden Motor	h	62898	73082
Startzähler Motor		883	3619
NOx Messung Kurzeit Mittelwert	mg/Nm ³	621	441
NOx Messung Tagesmittelwert Mittelwert	mg/Nm ³	492	398
NOx Sensor Restliche Lebensdauer	h	9764	13089
NOx Sensor Betriebsstunden	h	7756	4431

5.1 Produktionsanlage

Während den Emissionsmessung für Geruch am 06.10.2023 wurden die Gas-Otto-Motoren bei maximaler elektrischer Abgabeleistung betrieben. Abweichungen vom Regelbetrieb traten nicht auf.

5.2 Abgasreinigungsanlagen

Zur Minderung der Emissionen sind an den Motoren zwei Oxidationskatalysatoren installiert. Abweichungen vom Regelbetrieb traten nicht auf. Die Oxidationskatalysatoren waren am Tag der Messung ca. 2 Jahre (380 kW_{el} Motor) bzw. 4 Jahre (210 kW_{el} Motor) alt.

6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen

Die Anlage lief störungsfrei im bestimmungsgemäßen Zustand mit maximaler Durchsatzleistung. Insgesamt werden die Betriebsbedingungen daher als geeignet angesehen um repräsentative Messergebnisse für den Betriebszustand höchster Emission zu erzielen.

6.2 Messergebnisse

Nachfolgend sind die Messergebnisse zusammengefasst dargestellt. Die angegebenen Geruchsstoffkonzentrationen beziehen sich auf 20 °C (293 K, 1013 mbar) feucht. Die Roh- und Zwischenwerte sowie die zugehörigen Probenahmezeiten sind in der Anlage 1 und 2 enthalten.

6.2.1 BHKW-Motor 380 kW_{el}

K1208-23072									
Messwertzusammenstellung									
Quelle		Kamin							
Anlage		380 kW							
Datum der Messung		06.10.2023							
Nummer der Messung		1	2	3	4	MAX	+	MU	
Geruch									
Konzentration	[GE _E /m ³]	350	290	470	1200	1200	+	1130	

6.2.2 BHKW-Motor 210 kW_{el}

K1208-23072									
Messwertzusammenstellung									
Quelle		Kamin							
Anlage		210 kW							
Datum der Messung		06.10.2023							
Nummer der Messung		1	2	3		MAX	+	MU	
Geruch									
Konzentration	[GE _E /m ³]	2700	840	500		2700	+	2550	

6.3 Messunsicherheiten

Für den Parameter Geruch wurde die Messunsicherheit durch Doppelbestimmung nach DIN EN 13725 bestimmt. Die Berechnungen der Messunsicherheit befinden sich in Anlage 2-5.

Die jeweiligen Messunsicherheiten zu den Einzel- und Zwischenwerten können den Ergebnisdarstellungen im Anhang entnommen werden. Nachfolgend sind die Messunsicherheiten und Vertrauensbereiche für die Maximalwerte der Konzentrationen dargestellt.

BHKW 380 kW_{el}

K1208-23072						
Messunsicherheiten						
Messparameter	Einheit	Maximaler Messwert	Erweiterte Messunsicherheit (Up) mit $p = 0,95$	unterer Vertrauensbereich Z_{ug}	oberer Vertrauensbereich Z_{og}	Bestimmungsmethode
Geruch Konzentration	[GE _E /m ³]	1200	420 / 1130	780	2330	Doppelbestimmung

BHKW 210 kW_{el}

K1208-23072						
Messunsicherheiten						
Messparameter	Einheit	Maximaler Messwert	Erweiterte Messunsicherheit (Up) mit $p = 0,95$	unterer Vertrauensbereich Z_{ug}	oberer Vertrauensbereich Z_{og}	Bestimmungsmethode
Geruch Konzentration	[GE _E /m ³]	2700	950 / 2550	1750	5250	Doppelbestimmung

6.4 Plausibilitätsprüfung

Bei der Geruchsauswertung wurde bei den Probanden eine schnelle und lang anhaltende Abnahme des Geruchssinnes beobachtet. Daher ist bei den meisten Proben von einem Minderbefund auszugehen.

Beim dem BHKW mit 210 kW_{el} wird die erste Probe, bei welcher die Probanden noch unbelastet waren und beim BHKW mit 380 kW_{el} die vierte Probe nach Austausch und Regeneration der Probanden, als plausibel angesehen.

Die Ursache der Abnahme des Geruchssinnes liegt möglicherweise am im Abgas enthaltenen Formaldehyd und Kohlenmonoxid, welche die Empfindlichkeit der Geruchszellen beeinflussen.

Nur die Probe 1 des BHKW mit 210 kW_{el} und die Probe 4 des BHKW mit 380 kW_{el} werden im Rahmen der angegebenen Messunsicherheiten als plausibel bewertet. Diese entsprechen gleichzeitig den Maximalwerten der gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen.

Augsburg, den 28.11.2023

Bearbeiter:

Fachlich Verantwortlicher (SV):




B. Eng. Reinhold Barnickel

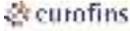
B. Röck, M.Sc.

Abschlussbemerkung

Eine auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung der Eurofins MTS Consumer product Testing Germany GmbH.

7 Anhang - Anlagenübersicht

		Seiten
Anlage 1	Zusammenstellung Mess- und Rechenwerte	14
Anlage 1-1	Auswerteprotokoll Geruch 380 kW _{el}	4
Anlage 1-2	Auswerteprotokoll Geruch 210 kW _{el}	3
Anlage 1-3	Probanden Kalibrierung	5
Anlage 1-4	Genauigkeit Labor	1
Anlage 1-5	Messunsicherheiten Geruch	1

 Modern Testline Services		QMF M3-16-2 Berechnung Geruchsstoffkonzentration		Revision 0: 06.03.2007 Revision 9: 29.06.2023	
			Versuchsleiter:		Reinhold Barnickel
Probe:	BHKW Probe 1		Projektnummer - Firma:		K1208-23072
Anlage:	210 kW		Bemerkung/ Prozess:		
Probennahmedatum:	06.10.2023		Probennahme von / bis:	09:25	09:55
Vorverdünnung:	2,12				
Auswertung Datum:	06.10.2023		Auswertung Uhrzeit:	12:57	
Lagerungszeit:	03:02:00				
Randbedingungen:				Probanden	
Temperatur	20,5 °C	Bedingung < 25 °C, ± 3 °C		1	28
Feuchte	41 % rF			2	33
Luftdruck	963			3	41
CO2-Gehalt	0,0617 Vol. %	Bedingung < 0,15 Vol%		4	44
				5	
$\delta_{w,CRM}$	-0,050	$U_{\log_{10}(Cod)}$	0,24	6	
Ergebnisse Messung:					
Durchgang:	Prüfer:		Durchgang:	Prüfer:	
Durchgang 1	Prüfer 1	1148	Durchgang 3	Prüfer 1	1148
	Prüfer 2	2375		Prüfer 2	2375
	Prüfer 3			Prüfer 3	2375
	Prüfer 4	568		Prüfer 4	270
					Referenzluftfehler
					0
					0
					0
					0
Durchgang 2	Prüfer 1	1148		Nullluftfehler	Gültige Nullluft
	Prüfer 2	2375		Prüfer 1	0
	Prüfer 3	2375		Prüfer 2	0
	Prüfer 4	568		Prüfer 3	0
				Prüfer 4	0
					Prüfung:
					gültig
Neuer Geruch / ertsen durchgang Verwerfen	ja		Anzahl Prüfer nach Nullproben-/Referenzluftpr.: 4		
Schwellenschätzung Z_{ITE}			Prüferklassierung:		
Erste Klassierung			Anzahl gültiger Prüfer 4		
			Zweite Klassierung		
Durchgang 1	Prüfer 1				
	Prüfer 2				
	Prüfer 3				
	Prüfer 4				
	Prüfer 1	2436	-1,1	gültig	2436
	Prüfer 2	5040	1,9	gültig	5040
	Prüfer 3	5040	1,9	gültig	5040
	Prüfer 4	1205	-2,2	gültig	1205
	Prüfer 1	2436	-1,1		2436
	Prüfer 2	5040	1,9		5040
	Prüfer 3	5040	1,9		5040
	Prüfer 4	573	-4,7		573
Z_{ITE} erste Klassierung	2678			2677,93	-5 ≤ Δ Z ≤ 5 erfüllt
Geruchsstoffkonzentration:					
$c_{od}(Z50)$		Arith. Mittel $\log Z_{ITE}$		Standardabw. $\log Z_{ITE}$	
2700 GE_E/m^3		3,4		0,35	
Grenze des Vertrauensbereiches		dB_Wert		+/-	
Z_{UG}	1750 GE_E/m^3	34,3 dB		2,4 dB	
Z_{OG}	5250 GE_E/m^3				

 Modern Testing Services		QMF M3-16-2 Berechnung Geruchsstoffkonzentration		Revision 0: 06.03.2007 Revision 9: 29.06.2023	
			Versuchsleiter:		Barnickel
Probe:	BHKW Probe 2		Projektnummer - Firma:		K1208-23072
Anlage:	210 kW		Bemerkung/ Prozess:		
Probennahmedatum:		06.10.2023	Probennahme von / bis:		10:05 10:35
Vorverdünnung:	2,9				
Auswertung Datum:		06.10.2023	Auswertung Uhrzeit:		13:10
Lagerungszeit:		02:35:00			
Randbedingungen:				Probanden	
Temperatur	20,5 °C	Bedingung < 25 °C, ± 3 °C		1	28
Feuchte	41 % rF			2	33
Luftdruck	963			3	41
CO ₂ -Gehalt	0,0617 Vol. %	Bedingung < 0,15 Vol %		4	44
				5	
				6	
$\delta_{w,CRM}$	-0,050	$U_{log10(Cod)}$	0,239088288		
Ergebnisse Messung:					
Durchgang: Prüfer:		Durchgang: Prüfer:		Referenzluftfehler	
Durchgang 1	Prüfer 1 130 Prüfer 2 568 Prüfer 3 1148 Prüfer 4 270	Durchgang 3	Prüfer 1 405 Prüfer 2 192 Prüfer 3 405 Prüfer 4 90		
				0 0 0 0	
Durchgang 2	Prüfer 1 270 Prüfer 2 270 Prüfer 3 568 Prüfer 4 130			Nullluftfehler	Gültige Nullluft
				Prüfer 1 0 Prüfer 2 0 Prüfer 3 0 Prüfer 4 0	6 6 6 6
				Prüfung: gültig gültig gültig gültig	
Neuer Geruch / ertsen durchgang Verwerfen		nein			
Anzahl Prüfer nach Nullproben-/Referenzluftpr.: 4					
Schwellenschätzung Z_{ITE}				Prüferklassierung:	
				Anzahl gültiger Prüfer 4	
Erste Klassierung				Zweite Klassierung	
Durchgang 1	Prüfer 1 375 -2,2 Prüfer 2 1638 2,0 Prüfer 3 3310 4,0 Prüfer 4 779 -1,1			gültig 375 -2,2 2,57 gültig 1638 2,0 3,21 gültig 3310 4,0 3,52 gültig 779 -1,1 2,89	
	Prüfer 1 779 -1,1 Prüfer 2 779 -1,1 Prüfer 3 1638 2,0 Prüfer 4 375 -2,2			gültig 779 -1,1 2,89 gültig 779 -1,1 2,89 gültig 1638 2,0 3,21 gültig 375 -2,2 2,57	
	Prüfer 1 1168 1,4 Prüfer 2 554 -1,5 Prüfer 3 1168 1,4 Prüfer 4 260 -3,2			gültig 1168 1,4 3,07 gültig 554 -1,5 2,74 gültig 1168 1,4 3,07 gültig 260 -3,2 2,41	
Z_{ITE} erste Klassierung		835		835,27	-5 ≤ Δ Z ≤ 5 erfüllt
Geruchsstoffkonzentration:					
c_{od} (Z50)		Arith. Mittel $\log Z_{ITE}$		Standardabw. $\log Z_{ITE}$	
840 GE _E /m ³		2,9		0,32	
Grenze des Vertrauensbereiches		dB_Wert		+/-	
Z_{UG}	540 GE _E /m ³	29,2 dB		2,1 dB	
Z_{OG}	1630 GE _E /m ³				

		Versuchsleiter:		Barnickel	
Probe:	BHKW Probe 3		Projektnummer - Firma:		K1208-23072
Anlage:	190 kw		Bemerkung/ Prozess:		
Probennahmedatum:		06.10.2023	Probennahme von / bis:		10:40 11:10
Vorverdünnung:	2,80				
Auswertung Datum:		06.10.2023	Auswertung Uhrzeit:		13:21
Lagerungszeit:		02:11:00			

Randbedingungen:				Probanden	
Temperatur	20,5 °C	Bedingung < 25 °C, ± 3 °C		1	28
Feuchte	41 % rF			2	33
Luftdruck	963			3	41
CO2-Gehalt	0,0617 Vol.%	Bedingung < 0,15 Vol%		4	44
				5	
$\delta_{w,CRM}$	-0,050	$U_{log10(Cod)}$	0,239088288	6	

Ergebnisse Messung:						
Durchgang: Prüfer:		Durchgang: Prüfer:			Referenzluftfehler	
Durchgang 1	Prüfer 1 130 Prüfer 2 130 Prüfer 3 568 Prüfer 4 130	Durchgang 3	Prüfer 1 130 Prüfer 2 130 Prüfer 3 568 Prüfer 4 64			0 0 0 0
Durchgang 2	Prüfer 1 130 Prüfer 2 130 Prüfer 3 568 Prüfer 4 130			Nullluftfehler	Gültige Nullluft	Prüfung:
				Prüfer 1 0 Prüfer 2 0 Prüfer 3 0 Prüfer 4 0	6 6 6 6	gültig gültig gültig gültig
Neuer Geruch / ertsen durchgang Verwerfen		nein				
Anzahl Prüfer nach Nullproben-/Referenzluftpr.: 4						

Schwellenschätzung Z_{ITE}				Prüferklassierung:			
Erste Klassierung				Zweite Klassierung			
Anzahl gültiger Prüfer 4							
Durchgang 1	Prüfer 1 363 -1,4 Prüfer 2 363 -1,4 Prüfer 3 1588 3,2 Prüfer 4 363 -1,4			gültig 363 -1,4 2,56 gültig 363 -1,4 2,56 gültig 1588 3,2 3,20 gültig 363 -1,4 2,56			
	Prüfer 1 363 -1,4 Prüfer 2 363 -1,4 Prüfer 3 1588 3,2 Prüfer 4 363 -1,4			gültig 363 -1,4 2,56 gültig 363 -1,4 2,56 gültig 1588 3,2 3,20 gültig 363 -1,4 2,56			
	Prüfer 1 363 -1,4 Prüfer 2 363 -1,4 Prüfer 3 1588 3,2 Prüfer 4 179 -2,8			gültig 363 -1,4 2,56 gültig 363 -1,4 2,56 gültig 1588 3,2 3,20 gültig 179 -2,8 2,25			
Z_{ITE} erste Klassierung		495		495,31	-5 ≤ Δ Z ≤ 5 erfüllt		

Geruchsstoffkonzentration:					
c_{od} (Z50)		Arith. Mittel log Z_{ITE}		Standardabw. log Z_{ITE}	
500 GE _E /m ³		2,7		0,32	
Grenze des Vertrauensbereiches		dB_Wert		+/-	
Z_{UG}	320 GE _E /m ³	26,9 dB		2,1 dB	
Z_{OG}	970 GE _E /m ³				

QMF M3-16-2

Berechnung Geruchsstoffkonzentration

Revision 0:
06.03.2007
Revision 9:
29.06.2023

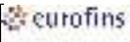
			Versuchsleiter:		Barnickel
Probe:	BHKW Probe 1		Projektnummer - Firma:		K1208-23072
Anlage:	380KW		Bemerkung/ Prozess:		
Probennahmedatum:		06.10.2023	Probennahme von / bis:		09:15 09:45
Vorverdünnung:	1,821022727				
Auswertung Datum:		06.10.2023	Auswertung Uhrzeit:		13:34
Lagerungszeit:		03:49:00			

Randbedingungen:				Probanden	
Temperatur	20,5 °C	Bedingung < 25 °C, ± 3 °C		1	28
Feuchte	41 % rF			2	33
Luftdruck	963			3	41
CO2-Gehalt	0,0617 Vol. %	Bedingung < 0,15 Vol%		4	44
				5	
$\delta_{w,CRM}$	-0,05	$U_{log10(Cod)}$	0,24	6	

Ergebnisse Messung:						
Durchgang: Prüfer:		Durchgang: Prüfer:			Referenzluftfehler	
Durchgang 1	Prüfer 1	192	Durchgang 3	Prüfer 1	90	0
	Prüfer 2	405		Prüfer 2	192	0
	Prüfer 3	405		Prüfer 3	405	0
	Prüfer 4	90,86		Prüfer 4	90	0
Durchgang 2	Prüfer 1	192			Nullluftfehler	Gültige Nullluft
	Prüfer 2	405		Prüfer 1	0	6
	Prüfer 3	192		Prüfer 2	0	6
	Prüfer 4	90		Prüfer 3	0	6
				Prüfer 4	0	6
Neuer Geruch / ertsen durchgang Verwerfen		nein	Anzahl Prüfer nach Nullproben-/Referenzluftpr.: 4			

Schwellenschätzung Z_{ITE}				Prüferklassierung:			
Erste Klassierung				Zweite Klassierung			
Anzahl gültiger Prüfer 4							
Durchgang 1	Prüfer 1	350	1,0	gültig	350	1,0	2,54
	Prüfer 2	738	2,1	gültig	738	2,1	2,87
	Prüfer 3	738	2,1	gültig	738	2,1	2,87
	Prüfer 4	165	-2,1	gültig	165	-2,1	2,22
	Prüfer 1	350	1,0	gültig	350	1,0	2,54
	Prüfer 2	738	2,1	gültig	738	2,1	2,87
	Prüfer 3	350	1,0	gültig	350	1,0	2,54
	Prüfer 4	164	-2,1	gültig	164	-2,1	2,21
	Prüfer 1	164	-2,1	gültig	164	-2,1	2,21
	Prüfer 2	350	1,0	gültig	350	1,0	2,54
	Prüfer 3	738	2,1	gültig	738	2,1	2,87
	Prüfer 4	164	-2,1	gültig	164	-2,1	2,21
Z_{ITE} erste Klassierung		349			348,60		-5 ≤ Δ Z ≤ 5 erfüllt

Geruchsstoffkonzentration:		
c_{od} (Z50)	Arith. Mittel $\log Z_{ITE}$	Standardabw. $\log Z_{ITE}$
350 GE_E/m^3	2,5	0,28
Grenze des Vertrauensbereiches		dB_Wert
Z_{UG}	230 GE_E/m^3	+/-
Z_{OG}	680 GE_E/m^3	1,9 dB

 Modern Testline Services		QMF M3-16-2 Berechnung Geruchsstoffkonzentration		Revision 0: 06.03.2007 Revision 9: 29.06.2023	
			Versuchsleiter:		Barnickel
Probe:	BHKW Probe 2		Projektnummer - Firma:		K1208-23072
Anlage:	380 kw		Bemerkung/ Prozess:		
Probennahmedatum:		06.10.2023	Probennahme von / bis:		09:59 10:29
Vorverdünnung:	2,3				
Auswertung Datum:		06.10.2023	Auswertung Uhrzeit:		13:43
Lagerungszeit:		03:14:00			
Randbedingungen:				Probanden	
Temperatur	20,5 °C	Bedingung < 25 °C, ± 3 °C		1	28
Feuchte	41 % rF			2	33
Luftdruck	963			3	41
CO ₂ -Gehalt	0,0617 Vol. %	Bedingung < 0,15 Vol %		4	44
				5	
				6	
$\delta_{w,CRM}$	-0,05	$U_{log10(Cod)}$	0,24		
Ergebnisse Messung:					
Durchgang: Prüfer:		Durchgang: Prüfer:		Referenzluftfehler	
Durchgang 1	Prüfer 1 90 Prüfer 2 192 Prüfer 3 192 Prüfer 4 90	Durchgang 3	Prüfer 1 90 Prüfer 2 192 Prüfer 3 192 Prüfer 4 90	0 0 0 0	
Durchgang 2	Prüfer 1 90 Prüfer 2 192 Prüfer 3 192 Prüfer 4 43			Nullluftfehler	Gültige Nullluft
				Prüfer 1 0 Prüfer 2 0 Prüfer 3 0 Prüfer 4 0	6 6 6 6
Neuer Geruch / ertsen durchgang Verwerfen		nein		Prüfung: gültig gültig gültig gültig	
Anzahl Prüfer nach Nullproben-/Referenzluftpr.: 4					
Schwellenschätzung Z_{ITE}				Prüferklassierung:	
				Anzahl gültiger Prüfer 4	
Erste Klassierung				Zweite Klassierung	
Durchgang 1	Prüfer 1 209 -1,4 Prüfer 2 446 1,6 Prüfer 3 446 1,6 Prüfer 4 209 -1,4			gültig 209 -1,4 2,32 gültig 446 1,6 2,65 gültig 446 1,6 2,65 gültig 209 -1,4 2,32	
	Prüfer 1 209 -1,4 Prüfer 2 446 1,6 Prüfer 3 446 1,6 Prüfer 4 100 -2,9			gültig 209 -1,4 2,32 gültig 446 1,6 2,65 gültig 446 1,6 2,65 gültig 100 -2,9 2,00	
	Prüfer 1 209 -1,4 Prüfer 2 446 1,6 Prüfer 3 446 1,6 Prüfer 4 209 -1,4			gültig 209 -1,4 2,32 gültig 446 1,6 2,65 gültig 446 1,6 2,65 gültig 209 -1,4 2,32	
Z_{ITE} erste Klassierung		287	Z_{ITE} zweite Klassierung		287,07
-5 ≤ Δ Z ≤ 5 erfüllt					
Geruchsstoffkonzentration:					
c_{od} (Z50)		Arith. Mittel $\log Z_{ITE}$		Standardabw. $\log Z_{ITE}$	
290 GE _E /m ³		2,5		0,22	
Grenze des Vertrauensbereiches		dB_Wert		+/-	
Z_{UG}	190 GE _E /m ³	24,6 dB		1,5 dB	
Z_{OG}	560 GE _E /m ³				

Unterschrift Versuchsleiter: _____

K1208-23072 Anlage 1-2 BHKW 380 KW Berechnung Geruchsstoffkonzentration

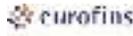
		Versuchsleiter:		Barnickel	
Probe:	BHKW Probe 3		Projektnummer - Firma:		K1208-23072
Anlage:	190 kw		Bemerkung/ Prozess:		
Probennahmedatum:		06.10.2023	Probennahme von / bis:		10:35 11:05
Vorverdünnung:	2,46				
Auswertung Datum:		06.10.2023	Auswertung Uhrzeit:		13:51
Lagerungszeit:		02:46:00			

Randbedingungen:				Probanden	
Temperatur	20,5 °C	Bedingung < 25 °C, ± 3 °C		1	28
Feuchte	41 % rF			2	33
Luftdruck	963			3	41
CO2-Gehalt	0,0617 Vol.%	Bedingung < 0,15 Vol%		4	44
				5	
$\delta_{w,CRM}$	-0,05	$U_{log10(Cod)}$	0,24	6	

Ergebnisse Messung:						
Durchgang: Prüfer:		Durchgang: Prüfer:			Referenzluftfehler	
Durchgang 1	Prüfer 1	192	Durchgang 3	Prüfer 1	192	0
	Prüfer 2	90		Prüfer 2	405	0
	Prüfer 3	405		Prüfer 3	405	0
	Prüfer 4	90		Prüfer 4	90	0
Durchgang 2	Prüfer 1	192		Nullluftfehler	Gültige Nullluft	Prüfung:
	Prüfer 2	192		Prüfer 1	0	6
	Prüfer 3	405		Prüfer 2	0	6
	Prüfer 4	90		Prüfer 3	0	6
				Prüfer 4	0	6
Neuer Geruch / ertsen durchgang Verwerfen		nein		Anzahl Prüfer nach Nullproben-/Referenzluftpr.: 4		

Schwellenschätzung Z_{ITE}				Prüferklassierung:			
				Anzahl gültiger Prüfer 4			
Erste Klassierung				Zweite Klassierung			
Durchgang 1	Prüfer 1	472	1,0	gültig	472	1,0	2,67
	Prüfer 2	221	-2,1	gültig	221	-2,1	2,34
	Prüfer 3	995	2,1	gültig	995	2,1	3,00
	Prüfer 4	221	-2,1	gültig	221	-2,1	2,34
	Prüfer 1	472	1,0	gültig	472	1,0	2,67
	Prüfer 2	472	1,0	gültig	472	1,0	2,67
	Prüfer 3	995	2,1	gültig	995	2,1	3,00
	Prüfer 4	221	-2,1	gültig	221	-2,1	2,34
	Prüfer 1	472	1,0	gültig	472	1,0	2,67
	Prüfer 2	995	2,1	gültig	995	2,1	3,00
	Prüfer 3	995	2,1	gültig	995	2,1	3,00
	Prüfer 4	221	-2,1	gültig	221	-2,1	2,34
Z_{ITE} erste Klassierung		470		469,77		-5 ≤ Δ Z ≤ 5 erfüllt	

Geruchsstoffkonzentration:		
c_{od} (Z50)	Arith. Mittel $\log Z_{ITE}$	Standardabw. $\log Z_{ITE}$
470 GE_E/m^3	2,7	0,28
Grenze des Vertrauensbereiches	dB_Wert	+/-
Z_{UG} 300 GE_E/m^3	26,7 dB	1,9 dB
Z_{OG} 910 GE_E/m^3		

 Modern Testing Services		QMF M3-16-2 Berechnung Geruchsstoffkonzentration		Revision 0: 06.03.2007 Revision 9: 29.06.2023	
			Versuchsleiter:		Reinhold Barnickel
Probe:	BHKW Probe 4		Projektnummer - Firma:		K1208-23072
Anlage:	380 kW		Bemerkung/ Prozess:		
Probennahmedatum:	06.10.2023		Probennahme von / bis:		10:35 11:05
Vorverdünnung:	2,46				
Auswertung Datum:		06.10.2023		Auswertung Uhrzeit:	
Lagerungszeit:		02:16:00			
Randbedingungen:				Probanden	
Temperatur	20,5 °C	Bedingung < 25 °C, ± 3 °C		1	28
Feuchte	41 % rF			2	33
Luftdruck	963			3	41
CO2-Gehalt	0,0617 Vol. %	Bedingung < 0,15 Vol%		4	45
				5	
$\delta_{w,CRM}$	-0,05	$U_{\log_{10}(Cod)}$	0,24	6	
Ergebnisse Messung:					
Durchgang: Prüfer:		Durchgang: Prüfer:		Referenzluftfehler	
Durchgang 1	Prüfer 1 192 Prüfer 2 405 Prüfer 3 405 Prüfer 4 1706	Durchgang 3	Prüfer 1 192 Prüfer 2 405 Prüfer 3 1706 Prüfer 4 831		0 0 0 0
Durchgang 2	Prüfer 1 405 Prüfer 2 405 Prüfer 3 831 Prüfer 4 192			Nullluftfehler	Gültige Nullluft
				Prüfer 1 0 Prüfer 2 0 Prüfer 3 0 Prüfer 4 0	6 6 6 6
Neuer Geruch / ertsen durchgang Verwerfen		nein		Anzahl Prüfer nach Nullproben-/Referenzluftpr.: 4	
Schwellenschätzung Z_{ITE}			Prüferklassierung:		
Erste Klassierung			Zweite Klassierung		
Anzahl gültiger Prüfer 4					
Durchgang 1	Prüfer 1 472 -2,5 Prüfer 2 995 -1,2 Prüfer 3 995 -1,2 Prüfer 4 4190 3,5	gültig	472 -2,5 995 -1,2 995 -1,2 4190 3,5	2,67 3,00 3,00 3,62	
	Prüfer 1 995 -1,2 Prüfer 2 995 -1,2 Prüfer 3 2041 1,7 Prüfer 4 472 -2,5	gültig	995 -1,2 995 -1,2 2041 1,7 472 -2,5	3,00 3,00 3,31 2,67	
	Prüfer 1 472 -2,5 Prüfer 2 995 -1,2 Prüfer 3 4190 3,5 Prüfer 4 2041 1,7	gültig	472 -2,5 995 -1,2 4190 3,5 2041 1,7	2,67 3,00 3,62 3,31	
Z_{ITE} erste Klassierung		1182	1182,35	-5 ≤ Δ Z ≤ 5 erfüllt	
Geruchsstoffkonzentration:					
$c_{od}(Z50)$		1200 GE_E/m^3	Arith. Mittel $\log Z_{ITE}$	3,1	Standardabw. $\log Z_{ITE}$
Grenze des Vertrauensbereiches		Z_{UG} 780 GE_E/m^3 Z_{OG} 2330 GE_E/m^3	dB_Wert	30,7 dB	+/- 2,2 dB

MTS Germany		QMF M3-16-4 Probanden Kalibrierung										Datum 24.01.2017 Rev 0		
MTS Germany		Auswahl der Prüfer												
Proband:	28	Kürzel:	GaA	Geschlecht:	W	Geburtsdatum:	17.06.1981							
Prüfer seit	2016	Letzte Messung:	16.10.2023						Alter	42				
Bedingungen Prüferauswahlkriterium nach DIN EN 13725 für n-Butanol:														
Standardabweichung:				Empfindlichkeit:										
$10^{S_{ITE}} \leq 2,3$				$0,020 \leq 10^{y_{ITE}} \leq 0,080$										
Nr	Datum	Verdünnung	Einzel- schwellen- schätzung ITE	$\mu\text{mol/mol}$ $\mu\text{mol/mol}$	$y_i \log_{10}$ $\mu\text{mol/mol}$	n Butanol mg/m^3	n Butanol $\mu\text{mol/mol}$	Standard- abweichung S_{ITE}	Mittelwert Y Y_{ITE}	Standard- abweichung	Empfind- lichkeit	Kritische Standard- abweichung	Kritische Empfindlichkeit	
260	23.05.2023		405	0,0306	-1,5140	41,04	12,40	0,1908	-1,1800	1,55	0,066	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
261	23.05.2023		192	0,0646	-1,1899	41,04	12,40	0,1878	-1,1668	1,54	0,068	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
262	23.05.2023		192	0,0646	-1,1899	41,04	12,40	0,1677	-1,1830	1,47	0,066	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
263	06.09.2023		192	0,0635	-1,1969	40,38	12,20	0,1563	-1,2165	1,43	0,061	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
264	06.09.2023		192	0,0635	-1,1969	40,38	12,20	0,1555	-1,2107	1,43	0,062	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
265	06.09.2023		192	0,0635	-1,1969	40,38	12,20	0,1393	-1,1912	1,38	0,064	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
266	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1462	-1,2042	1,40	0,062	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
267	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1516	-1,2171	1,42	0,061	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
268	19.09.2023		568	0,0215	-1,6680	40,38	12,20	0,1991	-1,2569	1,58	0,055	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
269	06.10.2023		130	0,0938	-1,0276	40,38	12,20	0,2094	-1,2434	1,62	0,057	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
270	06.10.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,2105	-1,2563	1,62	0,055	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
271	06.10.2023		130	0,0938	-1,0276	40,38	12,20	0,1862	-1,2702	1,54	0,054	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	

MTS Germany		QMF M3-16-4 Probanden Kalibrierung										Datum 24.01.2017 Rev 0	
Auswahl der Prüfer													
Proband:	33	Kürzel:	PsF	Geschlecht:	W	Geburtsdatum:	04.11.1998						
Prüfer seit:	2019	Letzte Messung:	16.10.2023			Alter:	25						
Bedingungen Prüferauswahlkriterium nach DIN EN 13725 für n-Butanol:													
Standardabweichung:				Empfindlichkeit:									
$10^{S_{ITE}} \leq 2,3$				$0,020 \leq 10^{y_{ITE}} \leq 0,080$									
Nr	Datum	Verdünnung	Einzel- schwellen- schätzung ITE	$\mu\text{mol/mol}$ $\mu\text{mol/mol}$	$y_i \log_{10}$ $\mu\text{mol/mol}$	n Butanol mg/m^3	n Butanol $\mu\text{mol/mol}$	Standard- abweichung S_{ITE}	Mittelwert Y Y_{ITE}	Standard- abweichung	Empfind- lichkeit	Kritische Standard- abweichung	Kritische Empfindlichkeit
111	09.05.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,2243	-1,2931	1,68	0,051	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
112	09.05.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,2222	-1,3054	1,67	0,049	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
113	09.05.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40	0,2352	-1,2913	1,72	0,051	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
114	06.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1889	-1,2580	1,54	0,055	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
115	06.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1834	-1,2509	1,53	0,056	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
116	06.09.2023		130	0,0938	-1,0276	40,38	12,20	0,1942	-1,2310	1,56	0,059	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
117	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1919	-1,2515	1,56	0,056	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
118	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1871	-1,2721	1,54	0,053	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
119	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1563	-1,3056	1,43	0,049	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
120	06.10.2023		568	0,0215	-1,6680	40,38	12,20	0,1795	-1,3184	1,51	0,048	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
121	06.10.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1691	-1,3043	1,48	0,050	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
122	06.10.2023		130	0,0938	-1,0276	40,38	12,20	0,1849	-1,2908	1,53	0,051	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet

MTS Germany		MTS Germany GmbH										Seite 1 von 1 Datum 07.03..07	
Auswahl der Prüfer													
Proband:	41	Kürzel:	BrP	Geschlecht:	m	Geburtsdatum:	22.03.2002					Alter:	21
Prüfer seit:	25.10.2022	Letzte Messung:	16.10.2023									Alter:	21
Bedingungen Prüferauswahlkriterium nach DIN EN 13725 für n-Butanol:													
Standardabweichung:				Empfindlichkeit:									
$10^{s_{ITE}} \leq 2,3$				$0,020 \leq 10^{-y_{ITE}} \leq 0,080$									
Nr	Datum	Verdünnung	Einzel- schwellen- schätzung ITE	$\mu\text{mol/mol}$	$y_i \log_{10}$	n Butanol mg/m ³	n Butanol $\mu\text{mol/mol}$	Standard- abweichung s_{ITE}	Mittelwert Y \bar{y}_{ITE}	Standard- abweichung	Empfind- lichkeit	Kritische Standard- abweichung	Kritische Empfindlichkeit
44	23.05.2023		192	0,0646	-1,1899	41,04	12,40	0,1365	-1,3495	1,37	0,045	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
45	23.05.2023		192	0,0646	-1,1899	41,04	12,40	0,1425	-1,3430	1,39	0,045	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
46	23.05.2023		405	0,0306	-1,5140	41,04	12,40	0,1483	-1,3635	1,41	0,043	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
47	30.06.2023		568	0,0218	-1,6609	41,04	12,40	0,1710	-1,3827	1,48	0,041	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
48	30.06.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,1707	-1,3750	1,48	0,042	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
49	30.06.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,1701	-1,3673	1,48	0,043	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
50	19.09.2023		64	0,1906	-0,7198	40,38	12,20	0,2507	-1,3081	1,78	0,049	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
51	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,2506	-1,3145	1,78	0,048	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
52	19.09.2023		568	0,0215	-1,6680	40,38	12,20	0,2597	-1,3214	1,82	0,048	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
53	06.10.2023		568	0,0215	-1,6680	40,38	12,20	0,2740	-1,3613	1,88	0,044	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
54	06.10.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,2697	-1,3472	1,86	0,045	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
55	06.10.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,2652	-1,3601	1,84	0,044	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet

MTS Germany		MTS Germany GmbH										Seite 1 von 1 Datum 07.03..07	
MTS Germany		Auswahl der Prüfer											
Proband:	45	Kürzel:	Bar	Geschlecht:	m	Geburtsdatum:	02.02.1985						
Prüfer seit	23.05.2023	Letzte Messu	16.10.2023				Alter	38					
Bedingungen Prüferauswahlkriterium nach DIN EN 13725 für n-Butanol:													
Standardabweichung:				Empfindlichkeit:									
$10^{S_{ITE}} \leq 2,3$				$0,020 \leq 10^{\bar{y}_{ITE}} \leq 0,080$									
Nr	Datum	Verdünnung	Einzel- schwellen- schätzung ITE	$\mu\text{mol/mol}$ $\mu\text{mol/mol}$	$y_i \log_{10}$ $\mu\text{mol/mol}$	n Butanol mg/m^3	n Butanol $\mu\text{mol/mol}$	Standard- abweichung S_{ITE}	Mittelwert Y Y_{ITE}	Standard- abweichung	Empfind- lichkeit	Kritische Standard- abweichung	Kritische Empfindlichkeit
11	30.06.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,2068	-1,2878	1,61	0,052	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
12	30.06.2023		568	0,0218	-1,6609	41,04	12,40	0,2247	-1,3189	1,68	0,048	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
13	30.06.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,2164	-1,3042	1,65	0,050	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
14	06.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,2136	-1,3171	1,64	0,048	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
15	06.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,2098	-1,3300	1,62	0,047	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
16	06.09.2023		130	0,0938	-1,0276	40,38	12,20	0,1984	-1,2773	1,58	0,053	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
17	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1816	-1,3043	1,52	0,050	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
18	19.09.2023		130	0,0938	-1,0276	40,38	12,20	0,1978	-1,2784	1,58	0,053	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
19	19.09.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1807	-1,3055	1,52	0,049	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
20	06.10.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1692	-1,2914	1,48	0,051	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
21	06.10.2023		270	0,0452	-1,3450	40,38	12,20	0,1667	-1,3043	1,47	0,050	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet
22	06.10.2023		568	0,0215	-1,6680	40,38	12,20	0,1921	-1,3442	1,56	0,045	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet

		MTS Germany GmbH										Seite 1 von 1 Datum 07.03..07		
MTS Germany		Auswahl der Prüfer												
Proband:	44	Kürzel:	HaX	Geschlecht:	m	Geburtsdatum:								
Prüfer seit:	09.05.2023	Letzte Messung:	06.10.2023			Alter:							23	
Bedingungen Prüferauswahlkriterium nach DIN EN 13725 für n-Butanol:														
Standardabweichung:				Empfindlichkeit:										
$10^{s_{ITE}} \leq 2,3$				$0,020 \leq 10^{-y_{ITE}} \leq 0,080$										
Nr	Datum	Verdünnung	Einzel- schwellen- schätzung ITE	$\mu\text{mol/mol}$ $\mu\text{mol/mol}$	$y_i \log 10$ $\mu\text{mol/mol}$	n Butanol mg/m^3	n Butanol $\mu\text{mol/mol}$	Standard- abweichung S_{ITE}	Mittelwert Y Y_{ITE}	Standard- abweichung	Empfind- lichkeit	Kritische Standard- abweichung	Kritische Empfindlichkeit	
1	09.05.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40							
2	09.05.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40							
3	09.05.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,1833	-1,1263	1,52	0,075	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
4	09.05.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40	0,1587	-1,0999	1,44	0,079	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
5	09.05.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40	0,1420	-1,0840	1,39	0,082	Prüfer geeignet	Prüfer ungeeignet	
6	31.05.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,1639	-1,1263	1,46	0,075	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
7	31.05.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,1697	-1,1566	1,48	0,070	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
8	31.05.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40	0,1643	-1,1396	1,46	0,073	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
9	31.05.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,1673	-1,1616	1,47	0,069	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
10	06.10.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40	0,1639	-1,1475	1,46	0,071	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
11	06.10.2023		270	0,0459	-1,3379	41,04	12,40	0,1658	-1,1648	1,46	0,068	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	
12	06.10.2023		130	0,0954	-1,0205	41,04	12,40	0,1634	-1,1528	1,46	0,070	Prüfer geeignet	Prüfer geeignet	

		QMF M3-16-5 Wiederholpräzision und Gesamtgenauigkeit für das Labor MTS Germany GmbH											Datum 09.11.2020 Rev 0		
MTS Germany															
Prüfer: Barnickel Reinhold															
Wiederholpräzision und Gesamtgenauigkeit für das Labor nach DIN EN 13725 für n-Butanol:															
Nr	Datum	Z _{ITE}	μmol/mol	y _i log10	n Butanol	n Butanol	Standardab- weichung	Mittelwert Y	Wiederhol- präzision	Tatsächliche Wiederhol- präzision als Numerus	Genauigkeit	Gesamt- kriterium Genauigkeit	A _{od} ≤ 0,217	r ≤ 0,477	
		GE _E /m ³	μmol/mol	μmol/mol	mg/m ³	μmol/mol	S _r	Y _{ITE}	r		d _w	A _{od}	Kriterium	Kriterium	
205	09.03.2023	280	0,04	-1,35	41,0	12,40	0,1170	-1,40	0,374	2,37	-0,0032	0,087	erfüllt	erfüllt	
206	22.03.2023	250	0,05	-1,30	41,0	12,40	0,1193	-1,39	0,382	2,41	0,0114	0,097	erfüllt	erfüllt	
207	04.04.2023	180	0,07	-1,16	41,0	12,40	0,1375	-1,36	0,440	2,75	0,0377	0,136	erfüllt	erfüllt	
208	12.04.2023	170	0,07	-1,14	41,0	12,40	0,1473	-1,33	0,471	2,96	0,0715	0,177	erfüllt	erfüllt	
209	23.05.2023	230	0,05	-1,27	41,0	12,40	0,1469	-1,31	0,470	2,95	0,0830	0,188	erfüllt	erfüllt	
210	30.06.2023	270	0,05	-1,34	41,0	12,40	0,1363	-1,30	0,436	2,73	0,0967	0,194	erfüllt	erfüllt	
211	23.05.2023	260	0,05	-1,32	41,0	12,40	0,1226	-1,29	0,392	2,47	0,1121	0,200	erfüllt	erfüllt	
212	30.06.2023	210	0,06	-1,23	41,0	12,40	0,0763	-1,25	0,244	1,75	0,1452	0,200	erfüllt	erfüllt	
213	19.09.2023	290	0,04	-1,37	41,0	12,40	0,0803	-1,27	0,257	1,81	0,1268	0,184	erfüllt	erfüllt	
214	19.09.2023	290	0,04	-1,37	41,0	12,40	0,0842	-1,29	0,269	1,86	0,1128	0,173	erfüllt	erfüllt	
215	06.10.2023	250	0,05	-1,30	41,0	12,40	0,0812	-1,28	0,260	1,82	0,1177	0,176	erfüllt	erfüllt	
216	16.10.2023	240	0,05	-1,29	41,0	12,40	0,0808	-1,28	0,258	1,81	0,1195	0,177	erfüllt	erfüllt	

Messunsicherheit Geruch

Nr	Datum	Projekt	Team a	Team b	Team A Kali	Team B Kali	Puffgas ppm	Anlagen Typ
			$C_{od,a}$ GE _E /m ³	$C_{od,b}$ GE _E /m ³	$C_{od,CRM,a}$ GE _E /m ³	$C_{od,CRM,b}$ GE _E /m ³		
1	06/10/23	K1208-23075	470	1200	250	310	12,2	BHKW
2	19/09/23	M1000-23309 R\	765	598	298	240	12,2	ETX
3	19/09/23	M1000-23309 R\	633	633	298	240	12,2	Schwein
4	06/09/23	M1000-23309	22000	19000	260	210	12,2	Klärschlamm-trocknung
5	06/09/23	M1000-23309	190	190	210	240	12,2	Klärschlamm-trocknung
6	11/01/23	M1000-22506	250	273	246	369	12,2	Klärschlamm-trocknung
7	11/01/23	M1000-22506	281	250	310	293	12,2	Klärschlamm-trocknung
8	11/01/23	M1000-22506	297	281	369	246	12,2	Klärschlamm-trocknung
9	11/01/23	M1000-22506	334	281	284	319	12,2	Klärschlamm-trocknung
10	11/01/23	M1000-22506	297	334	261	349	12,2	Klärschlamm-trocknung

 Kriterium Gültig

$$\delta_{w,CRM} = -0,0499$$

$S_{\delta} = 0,073$	\geq	$U_{resolution} = 0,0097$
----------------------	--------	---------------------------

$$U_{\log_{10}(Cod)} = 0,2391$$

Beispiel / Prüfung

	=	GE/m ³
C_{od}	=	1000
$C_{od} - \text{Unsich}$	=	647
$C_{od} + \text{Unsich}$	=	1950