

MATTERSTEIG & CO. INGENIEURGESELLSCHAFT  
für Verfahrenstechnik und Umweltschutz mbH  
Wirtschaftsweg 27  
04420 Markranstädt



Az.: K-MS-11759-25\_Heizkessel

Datum: 10.04.2025

## **Bericht**

über die Durchführung von Einzelmessungen nach 44. BImSchV  
im Abgas eines biogas- und heizölbetriebenen Heizkessels  
der Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG  
in 56412 Boden

**Betreiber:** Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG  
Niederahrer Straße 2  
56412 Boden

**Standort:** Niederahrer Straße 2  
56412 Boden

**Datum der Messung:** 18.02.2025

Zusammenfassung

Name des akkreditierten Prüflaboratoriums: MATTERSTEIG & Co. INGENIEURGESELLSCHAFT für Verfahrenstechnik und Umweltschutz mbH  
 unser Aktenzeichen: K-MS-11759-25\_Heizkessel  
 Datum: 10.04.2025  
 Betreiber: Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG  
 Niederahrer Straße 2  
 56412 Boden  
 Standort: Niederahrer Straße 2  
 56412 Boden  
 Art der Messung: Emissionsmessung nach 44. BImSchV  
 Auftragsnummer: ohne (gemäß Rahmenvereinbarung vom 27.09.2024)  
 Auftragsdatum: 27.09.2024  
 Messtermin: 18.02.2025  
 Berichtsumfang: 30 Seiten und 2 Anlagen  
 Aufgabenstellung: Durchführung von Einzelmessungen zur Überprüfung der Einhaltung der Emissionsbegrenzungen gemäß 44. BImSchV im Abgas eines biogas- und heizölbetriebenen Heizkessels  
 Anlage: Heizkessel  
 Anlage nach 44. BImSchV

Komponente	Dim.	Max. Messwert abzgl. erweiterter Messunsicherheit	Max. Messwert zzgl. erweiterter Messunsicherheit	Grenzwert	Betriebszustand
<b>Biogasbetrieb</b>					
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	0	< 10	150	Schwachlast
Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid	mg/m <sup>3</sup>	57	75	200	
Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, angegeben als Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	4	5	200	
Abgasverlust	%	6		< 9	Volllast
<b>Heizölbetrieb</b>					
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	6	20	150	Schwachlast
Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid	mg/m <sup>3</sup>	160	187	200	Volllast
Rußzahl	-	0,3		< 1	Schwachlast
Abgasverlust	%	6		< 9	Volllast

**Inhaltsverzeichnis**

	Seite
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Formulierung der Messaufgabe</b> .....	<b>5</b>
1.1 Auftraggeber.....	5
1.2 Betreiber.....	5
1.3 Standort.....	5
1.4 Anlage.....	5
1.5 Datum der Messung.....	5
1.6 Anlass der Messung.....	5
1.7 Aufgabenstellung.....	5
1.8 Messkomponenten und Messgrößen.....	6
1.9 Durchgeführte Ortsbesichtigung vor Messdurchführung.....	7
1.10 Messplanabstimmung.....	7
1.11 An der Probenahme beteiligte Personen.....	8
1.12 Beteiligung weiterer Institute.....	8
1.13 Fachlich Verantwortlicher.....	8
<b>2 Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe</b> .....	<b>9</b>
2.1 Art der Anlage.....	9
2.2 Beschreibung der Anlage.....	9
2.3 Beschreibung der Emissionsquelle.....	10
2.4 Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe.....	10
2.5 Betriebszeiten.....	10
2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen.....	10
<b>3 Beschreibung der Probenahmestelle</b> .....	<b>11</b>
3.1 Messstrecke und Messquerschnitt.....	11
3.2 Lage der Messpunkte im Messquerschnitt.....	12
<b>4 Messverfahren und Messeinrichtungen</b> .....	<b>14</b>
4.1 Abgasrandbedingungen.....	14
4.2 Automatische Messverfahren.....	17
4.3 Manuelles Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen.....	20
4.4 Messverfahren für partikelförmige Emissionen.....	21
4.5 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe.....	23
4.6 Geruchsemissionen.....	23
<b>5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen</b> .....	<b>24</b>
5.1 Produktionsanlage.....	24
5.2 Abgasreinigungsanlage.....	24
<b>6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>25</b>
6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen.....	25
6.2 Messergebnisse.....	25
6.3 Messunsicherheiten.....	28
6.4 Diskussion der Ergebnisse.....	29
<b>7 Anhang - Anlagenübersicht</b> .....	<b>30</b>

### Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1: Auflistung der geltenden Grenzwerte.....	6
Tabelle 2: verwendete Richtlinien.....	7
Tabelle 3: Technische Daten des Heizkessels.....	9
Tabelle 4: Beschreibung der Emissionsquelle - Heizkessel.....	10
Tabelle 5: Technische Daten des Aktivkohlefilters.....	10
Tabelle 6: Lage und Abmessungen des Messquerschnittes.....	11
Tabelle 7: Örtliche Lage der Messpunkte.....	11
Tabelle 8: Anzahl und Größe der Messöffnungen.....	11
Tabelle 9: Einhaltung der Kriterien nach DIN EN 15259.....	11
Tabelle 10: Lage der Messpunkte im Messquerschnitt (Abstand in m).....	12
Tabelle 11: Lage der Messpunkte - komponentenspezifische Darstellung.....	13
Tabelle 12: Eignungsprüfungen des verwendeten Analysators PG 350 E.....	18
Tabelle 13: Gase zur Überprüfung von Null- und Referenzpunkt.....	19
Tabelle 14: Betriebsdaten des Heizkessels.....	24
Tabelle 15: Abgasrandparameter im Biogasbetrieb.....	25
Tabelle 16: Ergebnisse der Einzelmessungen im Biogasbetrieb.....	26
Tabelle 17: Ergebnisse der Abgasverlustmessung im Biogasbetrieb.....	26
Tabelle 18: Abgasrandparameter im Heizölbetrieb.....	27
Tabelle 19: Ergebnisse der Einzelmessungen im Heizölbetrieb.....	27
Tabelle 20: Ergebnisse der Abgasverlustmessung im Heizölbetrieb.....	28
Tabelle 21: Ergebnisse der Rußzahlmessung im Heizölbetrieb.....	28
Tabelle 22: Messunsicherheit ( $U_p$ ) - Symbole/Bezeichnung/Bedeutung.....	28
Tabelle 23: Maximalwerte und Messunsicherheiten.....	29

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Probenahmesystems.....	15
--	----

### Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Mess- und Rechenwerte Heizkessel im Biogasbetrieb
Anlage 2:	Mess- und Rechenwerte Heizkessel im Heizölbetrieb

**1 Formulierung der Messaufgabe****1.1 Auftraggeber**

Emission Partner Service GmbH  
Bürgermeister-Schröer-Straße 9  
26683 Saterland Strücklingen

**1.2 Betreiber**

Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG  
Niederahrer Straße 2  
56412 Boden

Ansprechpartner:

Telefon-Nr.:

**1.3 Standort**

Niederahrer Straße 2  
56412 Boden

Gemarkung:

Boden

Flur:

7

Flurstück:

497/16, 497/21, 498/10, 499, 1588/9

Landesspezifische Zuordnung:

Rheinland-Pfalz

Landkreis:

Westerwaldkreis

**1.4 Anlage**

Heizkessel  
Anlage nach 44. BImSchV

**1.5 Datum der Messung**

Datum dieser Messung: 18.02.2025

Datum der letzten Messung: 07.07.2022

Datum der nächsten Messung: 2028

**1.6 Anlass der Messung**

Emissionsmessung nach 44. BImSchV

**1.7 Aufgabenstellung**

Durchführung von Einzelmessungen zur Überprüfung der Einhaltung der Emissionsbegrenzungen.

Laut Genehmigungsbescheid Az.: 56-23-43-3/1996 vom 09.10.1997 der Bezirksregierung Koblenz und den nachträglichen Anordnungen Az.: 314-23-143-031/1996-08 vom 20.04.2022, Az.: 314-23-143-031/1996-09 vom 06.06.2024 und Az.: 314-23-143-031/1996-13 vom 06.02.2025 der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord sowie gemäß 44. BImSchV gelten folgende Grenzwerte für den Heizkessel:

Komponente	Heizölbetrieb		Biogasbetrieb	
Kohlenmonoxid	150	mg/m <sup>3</sup>	150	mg/m <sup>3</sup>
Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid), angegeben als Stickstoffdioxid	200	mg/m <sup>3</sup>	200	g/m <sup>3</sup>
Schwefeloxide (Schwefeltrioxid und Schwefeldioxid), angegeben als Schwefeldioxid	-		200	mg/m <sup>3</sup>
Rußzahl	< 1		-	
Abgasverlust	9	%	9	%

Die Konzentrationen an Schadstoffen im Abgas sind auf den Normzustand (0 °C; 1013 mbar) und einen Bezugssauerstoffgehalt von 3 von Hundert anzugeben.

Tabelle 1: Auflistung der geltenden Grenzwerte

## 1.8 Messkomponenten und Messgrößen

- Kohlenmonoxid
- Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid, angegeben als Stickstoffdioxid
- Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, angegeben als Schwefeldioxid (nur im Biogasbetrieb)
- Rußzahl (nur im Heizölbetrieb)
- Abgasverlust
- Abgasrandparameter (Temperatur, Druck, Feuchte, Geschwindigkeit, Sauerstoff)

Die Messungen wurden nach folgenden Richtlinien und Normen durchgeführt:

Parameter	Nr.	Titel	veröffentlicht
CO	DIN EN 15058	Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Kohlenmonoxid - Standardreferenzverfahren: Nicht-dispersive Infrarotspektrometrie	2017-05
NO <sub>x</sub>	DIN EN 14792	Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden - Standardreferenzverfahren: Chemilumineszenz	2017-05
SO <sub>2</sub>	DIN EN 14791	Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Schwefeloxiden - Standardreferenzverfahren	2017-05
Abgasverlust	1. BImSchV (Anlage 2 Abs. 3)	Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen Anlage 2: Anforderungen an die Durchführung der Messungen im Betrieb Absatz 3: Messungen an Öl- und Gasfeuerungsanlagen	2010-01
Rußzahl	VDI 2066 Blatt 8	Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen - Messung der Rußzahl an Feuerungsanlagen für Heizöl EL	1995-09
Volumenstrom	DIN EN ISO 16911-1	Emissionen aus stationären Quellen - Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen - Teil 1: Manuelles Referenzverfahren	2013-06
O <sub>2</sub>	DIN EN 14789	Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Volumenkonzentration von Sauerstoff - Standardreferenzverfahren: Paramagnetismus	2017-05

Parameter	Nr.	Titel	veröffentlicht
CO <sub>2</sub>	DIN CEN/TS 17405	Emissionen aus stationären Quellen - Ermittlung der Volumenkonzentration von Kohlstoffdioxid - Referenzverfahren: Infrarot-Spektrometrie	2020-11
Feuchte	DIN EN 14790	Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung von Wasserdampf in Kanälen - Standardreferenzverfahren	2017-05
Messorte	DIN EN 15259	Luftbeschaffenheit - Messung von Emissionen aus stationären Quellen - Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht	2008-01
Ermittlung der Messunsicherheit	VDI 4219	Ermittlung der Unsicherheit von Emissionsmessungen mit diskontinuierlichen Messverfahren	2023-06
Berichtserstellung	VDI 4220 Blatt 2	Anforderungen an Stellen für die Ermittlung luftverunreinigender Stoffe an stationären Quellen und in der Außenluft - Anforderungen an Messberichte	2018-11

Tabelle 2: verwendete Richtlinien

Alle im weiteren Verlauf des Berichtes zitierten Richtlinien und Normen beziehen sich auf den in der vorangegangenen Tabelle genannten Stand der Veröffentlichung.

### 1.9 Durchgeführte Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

- Ortsbesichtigung durchgeführt am:  
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
  - Messplanung aus Aktenlage
- Messbedingungen entsprechend DIN EN 15259
- vorgefunden
  - nicht vorgefunden (siehe Punkt 3.1)

### 1.10 Messplanabstimmung

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

**1.11 An der Probenahme beteiligte Personen**

[REDACTED]

**1.12 Beteiligung weiterer Institute**

keine

**1.13 Fachlich Verantwortlicher**

[REDACTED]

Tel.: [REDACTED]

E-Mail: [REDACTED]

Internet: [REDACTED]

**2 Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe****2.1 Art der Anlage**

Heizkessel

Anlage nach 44. BImSchV

**2.2 Beschreibung der Anlage**Heizkessel

Die Anlage dient der Erzeugung von Warmwasser aus selbstgewonnenem Biogas sowie Heizöl.

	Heizkessel
<b>Kessel</b>	
Hersteller	Babcock-Omnical
Typ	16.1 PG 160
Bauart Kennzeichen	06-226-628
Serien-Nr.	19120
Zulässiger Wärmeleistungsbereich	1,75 MW
Zulässiger Betriebsüberdruck	6,0 bar
Maximale Kesseltemperatur	105 °C
Zulässige Betriebs-Vorlauftemperatur	120 °C
Wasserinhalt	1 800 l
Baujahr	1998
<b>Brenner</b>	
Hersteller	Weishaupt
Bauart	Gebläsebrenner
Typ	GL8/1-D
Seriennummer	4634628
Baujahr	1998
Elektrische Leistung	400 – 2 250 kW
<b>Gasanalysator</b>	
Hersteller	Awite Bioenergie GmbH
Typ	AwifLEX Cool+
Seriennummer	3660
Baujahr	2022

Tabelle 3: Technische Daten des Heizkessels

**2.3 Beschreibung der Emissionsquelle**

		Heizkessel
Höhe über Grund		ca. 14 m
UTM-Koordinaten (WGS84)	Ostwert	32U 419209
	Nordwert	5592772
Bauausführung		Stahlkamin
Abgasführung an der Kaminmündung		senkrecht

Tabelle 4: Beschreibung der Emissionsquelle - Heizkessel

**2.4 Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe**

Biogas und Heizöl EL

**2.5 Betriebszeiten**

kontinuierlich 365 d/a abzüglich Wartungsarbeiten und Störungen

**2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen****2.6.1 Einrichtung zur Erfassung der Emission****2.6.1.1 Art der Emissionserfassung**

Die Abgase werden über ein Stahlrohr direkt an der jeweiligen Anlage erfasst, mittels Abgasleitungen der ggf. installierten Emissionsminderungseinrichtung zugeführt und über einen Stahlkanal dem Kamin zugeführt sowie senkrecht an die Atmosphäre abgeleitet.

**2.6.1.2 Ventilator肯ndaten**

nicht relevant

**2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen**Aktivkohlefilter

		Heizkessel (nur im Biogasbetrieb)
Hersteller		NQ-ServiceGmbH
Typ		Luftaktivkohlefilter 6,0 m <sup>3</sup>
Seriennummer		822441-2 / AB-152815
Aktivkohlemenge		6,0 m <sup>3</sup>
Baujahr		2022
Letzter Aktivkohlewechsel		2025

Tabelle 5: Technische Daten des Aktivkohlefilters

**2.6.3 Einrichtung zur Verdünnung des Abgases**

keine

**2.6.4 Einrichtung zur Kühlung des Abgases**

keine

### 3 Beschreibung der Probenahmestelle

#### 3.1 Messstrecke und Messquerschnitt

##### 3.1.1 Lage und Abmessungen

ungestörte Einlaufstrecke		0,1 m ( $1,7 \cdot d_{\text{hydr.}}$ )	
ungestörte Auslaufstrecke		0,5 m ( $2,0 \cdot d_{\text{hydr.}}$ )	
Durchmesser		0,35 m	
Messquerschnitt		0,096 m <sup>2</sup>	
<b>Empfehlung nach DIN EN 15259</b>		<b>Erfüllung<sup>1</sup></b>	
Lage des Messquerschnittes	Einlauf	mind. $5 \cdot d_{\text{hydr.}}$	nein
	Auslauf	mind. $2 \cdot d_{\text{hydr.}}$	nein
	Austritt ins Freie	mind. $5 \cdot d_{\text{hydr.}}$	ja

Tabelle 6: Lage und Abmessungen des Messquerschnittes

##### 3.1.2 Arbeitsfläche und Messbühne

Der Messquerschnitt zur Bestimmung der Bezugs- und Betriebsgrößen (Sauerstoff, Geschwindigkeit, Druck, Temperatur und Feuchte) sowie der gas-, partikel- und dampfförmigen Stoffe ist für den Heizkessel in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Emissionsquelle	Höhe über Grund	Ausrichtung
Heizkessel	1,4 m	waagrecht

Tabelle 7: Örtliche Lage der Messpunkte

##### 3.1.3 Messöffnungen

Emissionsquelle	Messöffnungen
Heizkessel	3 x ½“- Messstutzen mit Innengewinde und 1 x 3“-Messstutzen mit Außengewinde

Tabelle 8: Anzahl und Größe der Messöffnungen

##### 3.1.4 Strömungsbedingungen im Messquerschnitt

Kriterium	Wert	Erfüllung
Winkel Gasstrom zu Mittelachse Abgaskanal	< 15°	ja
lokale Strömung	nicht negativ	ja
Verhältnis höchste/niedrigste örtliche Geschwindigkeit	< 3 : 1	ja

Tabelle 9: Einhaltung der Kriterien nach DIN EN 15259

<sup>1</sup> Die Unterschreitung der hier angegebenen Maße für die Länge der ungestörten Ein- und Auslaufstrecken bedeutet nicht, dass diese Messstrecke à priori ungeeignet ist. Vielmehr sind die in Tabelle 9 aufgeführten Kriterien (entsprechend den Forderungen der Punkte 6.2.1 c 1) bis 4) der DIN EN 15259) maßgebend, ob im Messquerschnitt repräsentative Messungen des Volumenstroms und der Massenkonzentration der Luftverunreinigungen möglich sind.

**3.1.5 Zusammenfassende Beurteilung der Messbedingungen**

Messbedingungen nach DIN EN 15259:

- erfüllt  
 nicht erfüllt

ergriffene Maßnahmen:

Aufgrund einer vorhandenen Homogenitätsprüfung werden die Emissionsmessungen als Punktmessungen ausgeführt.

zu erwartende Auswirkungen auf das Ergebnis:

keine

Empfehlungen/Hinweise zur Verbesserung der Messbedingungen:

keine

**3.2 Lage der Messpunkte im Messquerschnitt****3.2.1 Darstellung der Lage der Messpunkte im Messquerschnitt**

Messachse / Messpunkt	gasförmige Komponenten	Volumenstrom
1 / 1	kanalmittig	0,05
1 / 2		0,30

Tabelle 10: Lage der Messpunkte im Messquerschnitt (Abstand in m)

**3.2.2 Homogenitätsprüfung**Homogenitätsprüfung Heizkessel

- durchgeführt  
 nicht durchgeführt, weil:  
 Fläche Messquerschnitt  $< 0,1 \text{ m}^2$   
 Netzmessung  
 liegt vor

Datum der Homogenitätsprüfung: 13.11.2019

Berichts-Nr.: 936/21247672/A

Prüfinstitut: TÜV Rheinland Energy GmbH

- keine Messung gasförmiger Komponenten

Ergebnis der Homogenitätsprüfung

- Messung an einem beliebigen Punkt  
 Messung an einem repräsentativen Punkt  
 Beschreibung der Lage des repräsentativen Punktes  
 Netzmessung

**3.2.3 Komponentenspezifische Darstellung**Heizkessel

Messkomponente	Anzahl der Messachsen	Anzahl der Messpunkte je Messachse	Homogenitätsprüfung durchgeführt	beliebiger Messpunkt	repräsentativer Messpunkt
CO	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NO <sub>x</sub>	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SO <sub>2</sub>	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rußzahl	1	1	-	-	-
Volumenstrom	1	2	-	-	-
O <sub>2</sub>	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CO <sub>2</sub>	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Feuchte	1	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tabelle 11: Lage der Messpunkte - komponentenspezifische Darstellung

## 4 Messverfahren und Messeinrichtungen

### 4.1 Abgasrandbedingungen

#### 4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

Ermittlungsmethode:	DIN EN ISO 16911-1
Messgerät:	Prandtl'sches Staurohr i.V.m. induktivem Druckmessumformer
Typ:	testo 510
Hersteller:	testo AG
letzte Überprüfung:	01/2025
kontinuierliche Erfassung:	nein
Messbereich:	0 ... 100 hPa/0 ... 2,5 hPa

#### 4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin

Messgerät:	Druckmessumformer nach 4.1.1 unter Berücksichtigung der entsprechenden Anschlüsse
------------	---

#### 4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

Messgerät:	Digitalbarometer
Typ:	GDH 200-12
Hersteller:	Greisinger electronic GmbH
letzte Überprüfung:	01/2025

#### 4.1.4 Abgastemperatur

Messgerät:	Digitalsekundenthermometer
Typ:	GTH 1150, NiCr-Ni
Hersteller:	Greisinger electronic GmbH
Messbereich:	- 50 ... + 1150 °C
letzte Überprüfung:	01/2025
kontinuierliche Erfassung:	nein

#### 4.1.5 [Abgasfeuchte] Wasserdampfanteil im Abgas

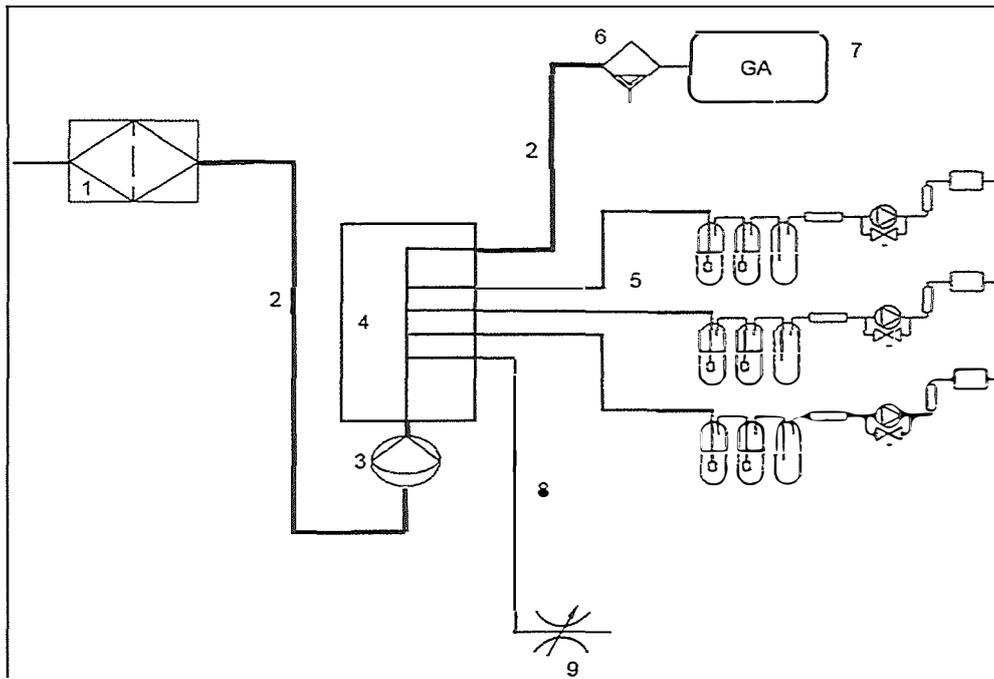
##### 4.1.5.1 [Abgasfeuchte] Messverfahren

DIN EN 14790

„Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung von Wasserdampf in Kanälen - Standardreferenzverfahren“

##### 4.1.5.2 [Abgasfeuchte] Messplatzaufbau

Das Probenahmesystem ist ein Fast-Loop-System. Das Messgas wird mit einem hohen Durchfluss über Sonde, Filter, Messgasleitung mittels einer Membranpumpe unterbrechungsfrei beheizt entnommen und einem beheizten Probegasverteiler, unter Berücksichtigung der vorgesehenen Entnahmemengen, im Überschuss zugeführt. Der Überschuss wird volumenstromüberwacht abgeführt.



- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1) beheizte Messgasentnahmesonde    | 2) beheizte Messgasleitung                  |
| 3) beheizte Membranpumpe            | 4) beheizter Probegasverteiler (Fast- Loop) |
| 5) Abgänge für Nasschemie (3 Stück) | 6) Kühler                                   |
| 7) Gasanalysator                    | 8) Bypass                                   |
| 9) regelbares Ventil                |   |

Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Probenahmesystems

#### Entnahmesonde

Typ:	PSP 4000 H
Hersteller:	M&C products GmbH
Werkstoffe der gasführenden Teile:	Edelstahl, Keramik
beheizt auf:	180 °C
max. Eintauchtiefe:	siehe Punkt 3.2.1

#### Probegasleitung zum Probegasverteiler

Typ:	beheizte Analysenleitung
Hersteller:	Winkler GmbH
Länge:	19 m
Di:	6 mm
Da:	8 mm
beheizt auf:	180 °C

#### Membranpumpe

Typ:	N 036 ST.E
Hersteller:	KNF
Durchfluss (max.):	30 l/min

#### Probegasverteiler

Typ:	Fast-Loop
Hersteller:	Dr. Födisch AG

#### Ab-/Adsorptionseinrichtung

Sorptionsmittel:	Silicagel
------------------	-----------

Absaugeinrichtung

Typ: GS 312  
Hersteller: DESAGA GmbH  
Abstand zwischen Ansaugöffnung  
der Entnahmesonde und dem  
Sorptionmittel: ca. 19 m

**4.1.5.3 [Abgasfeuchte] Analytische Bestimmung**

Auswaage: Differenzwägung  
Analysengerät: Präzisionswaage  
Typ: ME 503T  
Hersteller: Mettler Toledo  
Ablesbarkeit: 1 mg  
Höchstlast: 520 g  
letzte Überprüfung: 05/2024

**4.1.6 Abgasdichte**

Berechnet unter Berücksichtigung der Gaszusammensetzung O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und Ar, der Abgasfeuchte sowie der Abgastemperatur und den Druckverhältnissen im Kamin.

**4.1.7 Abgasverdünnung**

keine

**4.1.8 Volumenstrom**

Ermittlungsmethode: siehe 4.1.1  
mittlere Geschwindigkeit: Berechnung über dynamischen Druck  
Querschnittfläche: Abmessungen wurden ermittelt durch einen Gliedermaßstab

## 4.2 Automatische Messverfahren

### 4.2.1 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Messkomponente

Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Sauerstoff<sup>2</sup>

#### 4.2.1.1 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Messverfahren

##### Kohlenmonoxid:

DIN EN 15058 Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Kohlenstoffmonoxid (CO) - Referenzverfahren: Nichtdispersive Infrarotspektrometrie; Deutsche Fassung EN 15058

##### Stickstoffoxide:

DIN EN 14792 Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) - Referenzverfahren: Chemilumineszenz; Deutsche Fassung EN 14792

##### Sauerstoff:

DIN EN 14789 Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Volumenkonzentration von Sauerstoff (O<sub>2</sub>) - Referenzverfahren - Paramagnetismus; Deutsche Fassung EN 14789

##### Kohlendioxid:

DIN CEN/TS 17405 Emissionen aus stationären Quellen - Ermittlung der Volumenkonzentration von Kohlendioxid - Referenzverfahren: Infrarot-Spektrometrie; Deutsche Fassung CEN/TS 17405

#### 4.2.1.2 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Analysator

Typ: PG 350 E  
Hersteller: HORIBA Europe GmbH, 42799 Leichlingen  
letzte Überprüfung: 01/2025

Der Analysator arbeitet mit den Messprinzipien Chemilumineszenz für die NO-Messung und Nichtdispersiver Infrarotstrahlung (NDIR) für die CO- und CO<sub>2</sub>-Messung sowie Paramagnetismus für die O<sub>2</sub>-Messung.

#### 4.2.1.3 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Eingestellte Messbereiche

CO: 0 ... 200 ppm  
NO<sub>x</sub> als NO: 0 ... 250 ppm  
O<sub>2</sub>: 0 ... 25 Vol.-%  
CO<sub>2</sub>: 0 ... 20 Vol.-%

#### 4.2.1.4 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Eignungsprüfung des Gerätetyps

Eignung: für genehmigungsbedürftige Anlagen und Anlagen nach der 27. BImSchV  
zertifiziert nach DIN EN 15267-1 bis 15267-3

<sup>2</sup> Die Messkomponenten werden im Punkt 4.2 gemeinsam behandelt, da ein Mehrkomponentenmessgerät eingesetzt wurde

Messbereiche bei der  
Eignungsprüfung:

CO: 0 ... 75 mg/m<sup>3</sup>NO: 0 ... 134 mg/m<sup>3</sup>O<sub>2</sub>: 0 ... 25 Vol.-%CO<sub>2</sub>: 0 ... 20 Vol.-%

Bekanntmachung in	Prüfbericht	Bemerkung
BAnz AT: B 10, S. 7 vom 05.03.2013	TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH Bericht-Nr.: 936/2127617/A vom 05.10.2012	Erstbekanntgabe
BAnz AT: B 4, S. 9 vom 23.07.2013	Stellungnahme TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 25.03.2013	V., 3. Mitteilung: - zusätzliche Messbereiche
BAnz AT: B 12, S. 17 vom 01.04.2014	Stellungnahme TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 09.09.2013	VI., 14. Mitteilung: - neue Softwareversion - Hinweis zur Messbereichs- konfiguration
BAnz AT: B 12, S. 13 vom 31.07.2017	Stellungnahme TÜV Rheinland Energy GmbH vom 08.03.2017	II., 16. Mitteilung - neue Softwareversion - neue Geräteversionen (PG-350E und PG-350EDR)
BAnz AT: B 8, S. 11 vom 26.03.2018	Stellungnahme TÜV Rheinland Energy GmbH vom 30.09.2017	V., 28. Mitteilung: - neue Softwareversion - Hinweis zur Temperatur- kompensation für den O <sub>2</sub> -Ka- nal
BAnz AT: B 10, S. 6 vom 31.07.2020	Stellungnahme TÜV Rheinland Energy GmbH vom 10. März 2020	II., 12. Mitteilung: -neues Iso- lationsmaterial für NOx-Kon- verter
BAnz AT: B 9, S. 16 vom 03.05.2021	Stellungnahme TÜV Rheinland Energy GmbH vom 08.12.2020	III., 40. Mitteilung: - neue Softwareversion
BAnz AT B6 vom 20.03.2023	Stellungnahme TÜV Rheinland Energy GmbH vom 17.09.2022 und 10.01.2023	IV., 30. Mitteilung: - neue Softwareversion - Erfüllung 44. BImSchV

Tabelle 12: Eignungsprüfungen des verwendeten Analysators PG 350 E

#### 4.2.1.5 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Probenahme und Probenaufbereitung

##### Probenahmesystem nach Punkt nach 4.1.5.2

##### Probegasleitung nach Probegasverteiler zum Probegaskühler

Typ: beheizte Analysenleitung  
 Hersteller: Winkler GmbH  
 Länge: 2 m  
 Di: 4 mm  
 Da: 6 mm  
 beheizt auf: 180 °C

##### Probegaskühler

Typ: tragbare Gasaufbereitung PSS-5  
 Hersteller: M&C products GmbH  
 Temperatur: 4 °C

Probegasleitung nach Probegaskühler zum Analysator

Typ:	Teflon
Hersteller:	Boewer Messtechnik
Länge:	10 m
D <sub>i</sub> :	4 mm
D <sub>a</sub> :	6 mm

**4.2.1.6 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Überprüfung von Null- und Referenzpunkt mit Prüfgas**

Parameter	Wert
<b>Prüfgas I</b>	
Komponenten	<b>Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid, Kohlendioxid</b>
Hersteller	Westfalen AG
Konzentration	CO: 157,00 ppm NO: 198,00 ppm CO <sub>2</sub> : 15,00 Vol.-%
Herstellungsdatum	10.12.2024
Flaschen-Nr.	27600506444776
Rest	N <sub>2</sub>
Stabilitätsgarantie	12 Monate
Prüfung am	17.01.2025
Prüfung durch	MATTERSTEIG & CO. INGENIEURGESELLSCHAFT mbH gegen DKD-zertifiziertes Prüfgas einer nach DIN EN ISO 17025 akkreditierten Stelle
<b>Prüfgas II</b>	
Komponente	<b>aufgearbeitete Umgebungsluft</b>
Konzentration	20,95 Vol.-% O <sub>2</sub>
Herstellungsdatum	nicht relevant
Stabilitätsgarantie	Unbegrenzt
<b>Nullgas</b>	
Komponente	<b>Stickstoff (5.0)</b>
Hersteller	Westfalen AG
Stabilitätsgarantie	unbegrenzt

Tabelle 13: Gase zur Überprüfung von Null- und Referenzpunkt

Die Überprüfung mit Prüfgas/Nullgas erfolgt durch das gesamte Probenahmesystem, inklusive Messgasaufbereitung.

**4.2.1.7 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] 90 %- Einstellzeit des gesamten Messaufbaus**

Die Einstellzeit wurde durch Prüfgasaufgabe an der Entnahmesonde und Ablesung am Analysator mit einer Stoppuhr ermittelt.

Einstellzeit: 69 s

**4.2.1.8 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Messwerterfassungssystem**

Kontinuierlich mit einem Messwerterfassungssystem:

Typ:	Ecograph
Hersteller:	Endress & Hauser Messtechnik GmbH & Co.
Auswertesoftware:	Field Data Manager
letzte Überprüfung:	01/2025

**4.2.1.9 [CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>] Maßnahmen zur Qualitätssicherung**

- Dichtheitsprüfung der gesamten Probenahmeeinrichtung (von der Entnahmesonde bis zum Analysator). Die Dichtheit war gewährleistet.
- Null- und Endpunktabgleich (Referenzpunkt) vor Beginn und am Ende der Messung
  - vor der Messung: auf den Analysator und anschließend über das gesamte Probenahmesystem sowie
  - nach der Messung: auf den Analysator
- Kontrolle der Einhaltung der optimalen Kühler Temperatur

Bestimmungsgrenzen:

CO:	3 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> :	6 mg/m <sup>3</sup>
O <sub>2</sub> :	0,2 Vol.-%
CO <sub>2</sub> :	0,2 Vol.-%

Des Weiteren wurden die erweiterten Messunsicherheiten nach der VDI 4219, unter Berücksichtigung der spezifischen Richtlinien der einzelnen Messkomponenten, nach dem indirekten Ansatz bestimmt.

**4.3 Manuelles Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen****4.3.1 [SO<sub>2</sub>] Messkomponente**

Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, angegeben als Schwefeldioxid

**4.3.1.1 [SO<sub>2</sub>] Messverfahren**

DIN EN 14791

„Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Schwefeldioxid - Ionenchromatographisches Verfahren“

**4.3.1.2 [SO<sub>2</sub>] Probenahme und Probenaufbereitung**Probenahmesystem nach Punkt 4.1.5.2Ab-/Adsorptionseinrichtungen

Sorptionsmittel:	0,3 %ige H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -Lösung
Sorptionsmittelmenge:	2 · 80 ml
Sorptionsgefäße:	2 · 250 ml Frittenwaschflaschen

Absaugeinrichtung

Typ:	GS 312
Hersteller:	DESAGA GmbH

Abstand zwischen Ansaugöffnung  
der Entnahmesonde und  
dem Sorptionsmittel:

ca. 19 m

#### 4.3.1.3 [SO<sub>2</sub>] Analytische Bestimmung

##### Aufarbeitung des Probenmaterials

Die erhaltenen Absorptionslösungen werden mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> quantitativ auf 200 ml aufgefüllt und ionenchromatographisch untersucht.

Parallel dazu werden Blindwerte bestimmt, indem alle Reagenzien, ohne die zu analysierende Probe, den Arbeitsvorschriften der analytischen Bestimmung unterworfen werden (Blindwertlösung).

##### Analysengerät

Typ: ICS-1100, Aquion  
Hersteller: Thermo Fisher Scientific GmbH

#### 4.3.1.4 [SO<sub>2</sub>] Verfahrenskenngrößen

Bestimmungsgrenze: 0,046 mg/Probe  
max. erweiterte Messunsicherheit: 14,6 %  
Wirkungsgrad der Absorption: > 95 %

#### 4.3.1.5 [SO<sub>2</sub>] Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Es wurde ein Feldblindwert mitgeführt. Dabei werden die Sorbentien mit Ausnahme der Beaufschlagung mit Messgas den gleichen Prozeduren wie die Proben der Einzelmessungen unterworfen.
- Durchführung der Dichtheitsprüfung der gesamten Probenahmeeeinrichtung von der Entnahmesonde bis zum Entnahmesystem (GS 312). Die Dichtheit war gewährleistet.

### 4.4 Messverfahren für partikelförmige Emissionen

#### 4.4.1 [Rußzahl] Messkomponente

Rußzahl

##### 4.4.1.1 [Rußzahl] Messverfahren

Messverfahren: VDI 2066, Blatt 8

Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen - Messung der Rußzahl an Feuerungsanlagen für Heizöl EL

Grundlage: Änderung des Reflexionsvermögens eines Messfilters

Die Abscheidung der Rußpartikel erfolgt auf einem Quarzplanfilter vom Typ Munktell, MK 360, mit einer effektiven Filterfläche von 14,52 cm<sup>2</sup>. Entsprechend der Vorgabe von 5,75 l je cm<sup>2</sup> abzusaugendes Teilgas, ergeben sich näherungsweise 83,5 l<sub>iNtr</sub> je Probe, die in einen Messzeitraum von 3 min entnommen werden. Die Auswahl der Entnahmedüse erfolgte entsprechend des auf Betriebszustand umgerechneten Probevolumens und der an der Entnahmedüse erforderlichen Geschwindigkeit von 2 bis 4 m/s.

Die Bewertung der Rußzahl erfolgt photometrisch mit dem Densitometer ECOM-D von der Fa. RBR, dass vor der Messung auf den Reflexionsgrad des unbelegten Messfilters abgeglichen wurde.

**4.4.1.2 [Rußzahl] Probenahme und Probenaufbereitung**Filtergerät

Typ: Planfilterkopf mit Planfilter  
 Hersteller: Ströhlein GmbH  
 Ausführung / Material: Entnahmesonde / Absaugrohr aus Edelstahl  
 Anordnung: innenliegend  
 beheizt auf / unbeheizt: abgasbeheizt  
 Krümmer zw. Entnahmesonde  
 und Filtergehäuse:  ja  nein

Absaugeinrichtung

Typ: Absaugpumpe Mot.1-MM63b2  
 Hersteller: Carpanelli S.p.A.

Balgengaszähler i.V.m. Zeigerthermometer, Manometer, Schwebekörperdurchfluss-  
messer, Trockenturm sowie Absaugrohr und -schlauch

Typ: BK-G4 M  
 Hersteller: Elster GmbH

Abscheidemedium

Planfilter/Typ: Glasfaserfilter MK 360  
 Hersteller: Ahlstrom Munksjö  
 Filterdurchmesser: 50 mm  
 Porendurchmesser: 0,3 µm  
 Abscheidegrad: 99,998 bezogen auf 0,3 µm

Absorptionssystem für filtergängige Stoffe  
entfällt**4.4.1.3 [Rußzahl] Behandlung der Filter und der Ablagerungen**

Transport und Lagerung: auf Filterhalter; in Petrischalen  
 vor der Beaufschlagung: keine  
 nach der Beaufschlagung: keine

Trocknungszeit

vor der Beaufschlagung: keine  
 nach der Beaufschlagung: keine  
 Rückgewinnung von Ablagerungen  
 vor dem Filter: entfällt  
 Behandlung der Spüllösungen: entfällt

**4.4.1.4 [Rußzahl] Aufbereitung und Analyse der Filter und der Absorptionslösungen**

Grundlage: Änderung des Reflexionsvermögens eines Messfilters  
 Die Bestimmung des Reflexionsgrades der Messfilter erfolgt mittels  
 RBR-ECOM-D-Densitometer.

**4.4.1.5 [Rußzahl] Maßnahmen zur Qualitätssicherung**

Dichtheitsprüfung der gesamten Probenahmeeinrichtung (vom Probenahmekopf der Entnahmesonde bis zum Gaszähler) durch Verschließen der Entnahmesonde. Die Leckrate muss kleiner 2 % des bei der nachfolgenden Messung einzustellenden Volumensstromes sein. Dies war gewährleistet.

**4.5 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe**

keine

**4.6 Geruchsemissionen**

keine

## 5 Betriebszustand der Anlage während der Messungen

### 5.1 Produktionsanlage

Die Anlage wurde während der Durchführung der Einzelmessungen im Biogas- und Heizölbetrieb gefahren.

	Heizkessel
<b>Biogasbetrieb</b>	
Leistung	keine Anzeige vorhanden
Brennstoffdurchsatz	Volllast: 223,6 m <sup>3</sup> /h Teillast: 192,4 m <sup>3</sup> /h Schwachlast: 88,1 m <sup>3</sup> /h
Stellklappe Brennstoffzufuhr	Volllast: Stufe 7 Teillast: Stufe 5 Schwachlast: Stufe 3
Brennstoff	Biogas
Produkte	Wärme
Charakteristische Betriebsgrößen	abgegebene Wärmeleistung
<b>Heizölbetrieb</b>	
Leistung	keine Anzeige vorhanden
Brennstoffdurchsatz	keine Anzeige vorhanden
Stellklappe Brennstoffzufuhr	Volllast: Stufe 7 Teillast: Stufe 5 Schwachlast: Stufe 3
Brennstoff	Heizöl EL
Produkte	Wärme
Charakteristische Betriebsgrößen	abgegebene Wärmeleistung

Tabelle 14: Betriebsdaten des Heizkessels

### 5.2 Abgasreinigungsanlage

Während der Messungen wurden die Abgasreinigungseinrichtungen bestimmungsgemäß betrieben.

## 6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

### 6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen

Die Ermittlung zum Nachweis der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte wurde am 18.02.2025 durchgeführt. Alle Untersuchungen und Messungen wurden unter normalen Betriebsbedingungen mit einer dem Messprogramm angepassten, erforderlichen Auslastung der Anlage durchgeführt (siehe Punkt 5.1 des Berichtes).

Die Messungen erfolgten ohne Störungen und Unterbrechungen. Besondere Vorkommnisse bzw. Unplanmäßigkeiten wurden nicht registriert. Die Messungen garantierten die Erfassung repräsentativer Betriebszustände. Zum Zeitpunkt der Messungen wurde die Forderung Nr. 5.3.2.2 TA Luft (höchste Emission) erfüllt.

Eine ausführliche Messwertzusammenstellung zur Ermittlung der Abgasrandbedingungen sowie der Schadstoffkonzentrationen ist im Anhang enthalten.

### 6.2 Messergebnisse

Die nachfolgenden Messergebnisse sind auf 0°C und 1013 mbar normiert und auf einen Sauerstoffgehalt von 3 von Hundert bezogen.

#### Biogasbetrieb

Datum der Messung		18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025
Messung-Nr.		1	2	3
Betriebszustand		Schwachlast	Teillast	Volllast
Beginn Messung		09:00	09:39	10:16
Barometerstand	mbar	991	991	991
Temperatur Kanal	°C	54	104	120
Stat. Druck im Kanal	mbar	-0,29	-0,42	-0,40
Wasserdampfpartialdruck	mbar	171,7	179,8	171,4
Feuchte	Vol.-%	17,3	18,2	17,3
Taupunkt	°C	56,8	57,8	56,8
Sauerstoffgehalt	Vol.-%	5,54	5,79	5,92
mittlere Geschwindigkeit	m/s	5,7	7,0	9,8
Kanalquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,096	0,096	0,096
Volumenstrom i.N.tr.	m <sup>3</sup> /h	1 333	1 410	1 914

Tabelle 15: Abgasrandparameter im Biogasbetrieb

Datum der Messung:	18.02.2025			Dim.
Betriebszustand:	Schwachlast	Teillast	Volllast	
Messzeit von:	09:00	09:39	10:16	hh:mm
Messzeit bis:	09:30	10:09	10:46	hh:mm
Konzentration i.N.tr. (Bezugssauerstoff: 3 Vol.%)				
O <sub>2</sub> -Gehalt während der PN	5,43	5,65	5,59	Vol.-%
Kohlenmonoxid	< 3,5	< 3,5	< 3,5	mg/m <sup>3</sup> i.N.tr.
Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	65,7	53,6	50,3	mg/m <sup>3</sup> i.N.tr.
Schwefeldioxid	4,21	3,88	3,40	mg/m <sup>3</sup> i.N.tr.
Massenströme				
Volumenstrom i.N.tr.	1 333	1 410	1 914	m <sup>3</sup> /h
Kohlenmonoxid	< 0,004	< 0,004	< 0,006	kg/h
Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	0,08	0,06	0,08	kg/h
Schwefeldioxid	0,005	0,005	0,006	kg/h

Tabelle 16: Ergebnisse der Einzelmessungen im Biogasbetrieb

Datum der Messung:	18.02.2025			Dim.
Betriebszustand:	Schwachlast	Teillast	Volllast	
Messzeit von:	09:00:00	09:39:00	10:16:00	hh:mm
Messzeit bis:	09:00:30	09:39:30	10:16:30	hh:mm
Messwerte				
Sauerstoffgehalt	5,43	5,65	5,59	Vol.-%
Abgastemperatur	54,0	104,0	120,0	°C
Verbrennungslufttemperatur	12,0	12,0	13,0	°C
Ergebnisse				
Abgasverlust	2,2	4,8	5,5	%

Tabelle 17: Ergebnisse der Abgasverlustmessung im Biogasbetrieb

Heizölbetrieb

Datum der Messung		18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025
Messung-Nr.		1	2	3
Betriebszustand		Volllast	Teillast	Schwachlast
Beginn Messung		10:52	11:40	12:24
Barometerstand	mbar	991	991	991
Temperatur Kanal	°C	122	121	89
Stat. Druck im Kanal	mbar	-0,38	-0,24	-0,31
Wasserdampfpartialdruck	mbar	135,3	127,6	101,5
Feuchte	Vol.-%	13,7	12,9	10,2
Taupunkt	°C	51,9	50,7	46,1
Sauerstoffgehalt	Vol.-%	6,23	5,75	8,68
mittlere Geschwindigkeit	m/s	8,1	7,0	3,7
Kanalquerschnitt	m <sup>2</sup>	0,096	0,096	0,096
Volumenstrom i.N.tr.	m <sup>3</sup> /h	1 638	1 435	843

Tabelle 18: Abgasrandparameter im Heizölbetrieb

Datum der Messung:	18.02.2025			Dim.
Betriebszustand:	Volllast	Teillast	Schwachlast	
Messzeit von:	11:08	11:52	12:34	hh:mm
Messzeit bis:	11:38	12:22	13:04	hh:mm
<b>Konzentration i.N.tr. (Bezugssauerstoff: 3 Vol.%)</b>				
O <sub>2</sub> -Gehalt während der PN	5,64	5,57	8,46	Vol.-%
Kohlenmonoxid	< 3,5	< 3,5	12,6	mg/m <sup>3</sup> i.N.tr.
Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	173,2	168,5	143,5	mg/m <sup>3</sup> i.N.tr.
<b>Massenströme</b>				
Volumenstrom i.N.tr.	1 638	1 435	843	m <sup>3</sup> /h
Kohlenmonoxid	< 0,005	< 0,004	0,01	kg/h
Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	0,24	0,21	0,08	kg/h

Tabelle 19: Ergebnisse der Einzelmessungen im Heizölbetrieb

Datum der Messung:	18.02.2025			Dim.
Betriebszustand:	Volllast	Teillast	Schwachlast	
Messzeit von:	11:08:00	11:52:00	12:34:00	hh:mm
Messzeit bis:	11:08:30	11:52:30	12:34:30	hh:mm
<b>Messwerte</b>				
Sauerstoffgehalt	5,64	5,57	8,46	Vol.-%
Abgastemperatur	122,0	121,0	89,0	°C
Verbrennungslufttemperatur	14,0	16,0	16,0	°C
<b>Ergebnisse</b>				
Abgasverlust	5,5	5,4	4,5	%

Tabelle 20: Ergebnisse der Abgasverlustmessung im Heizölbetrieb

Datum der Messung:	18.02.2025			Dim.
Betriebszustand:	Volllast	Teillast	Schwachlast	
Messzeit von:	11:05:00	11:45:00	12:28:00	hh:mm
Messzeit bis:	11:08:00	11:48:00	12:31:00	hh:mm
<b>Ergebnisse</b>				
Rußzahl	0,11	0,16	0,27	-

Tabelle 21: Ergebnisse der Rußzahlmessung im Heizölbetrieb

### 6.3 Messunsicherheiten

Bezeichnung und Bedeutung der verwendeten Symbole zur Bestimmung Maximalwertes unter Einbeziehung der erweiterten Messunsicherheit ( $U_p$ ):

Symbol	Bezeichnung/Bedeutung
Y	Messkomponente
$y_{max}$	maximaler Messwert
$U_p$	erweiterte Messunsicherheit
$y_{max} - U_p$	maximaler Messwert abzüglich der erweiterten Messunsicherheit
$y_{max} + U_p$	maximaler Messwert zuzüglich der erweiterten Messunsicherheit
I	Indirekter Ansatz als durchgeführte Ermittlungsmethode zur Bestimmung der $U_p$

Tabelle 22: Messunsicherheit ( $U_p$ ) - Symbole/Bezeichnung/Bedeutung

Y	Einheit	y <sub>max</sub>	U <sub>p</sub>	y <sub>max</sub> - U <sub>p</sub>	y <sub>max</sub> + U <sub>p</sub>	Methode
<b>Biogasbetrieb</b>						
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	< 3,5	6,1	0	< 10	I.
Stickstoffdioxid	mg/m <sup>3</sup>	65,7	9,2	57	75	I.
Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	4,2	0,7	4	5	I.
Abgasverlust	%	5,5	6			I.
<b>Heizölbetrieb</b>						
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	12,6	7,0	6	20	I.
Stickstoffdioxid	mg/m <sup>3</sup>	173,2	13,6	160	187	I.
Rußzahl	-	0,3				I.
Abgasverlust	%	5,5	6			I.

Tabelle 23: Maximalwerte und Messunsicherheiten

#### 6.4 Diskussion der Ergebnisse

Die Anlage lief in der jeweiligen Messzeit störungsfrei. Die Messergebnisse entsprechen den Erwartungen für Anlagen dieser Größe und des vorgefundenen Wartungszustandes. Die Konzentrationsverläufe für die einzelnen Schadstoffe sind plausibel. Der ermittelte Volumenstrom entspricht den Erwartungen.

Die Messwerte erscheinen unter Berücksichtigung der vorliegenden Betriebs- und Probenahmebedingungen als auch im Vergleich zu bisher an gleichartigen Anlagen durchgeführten Messungen, plausibel.

## 7 Anhang - Anlagenübersicht

Folgende Anlage enthält detaillierte Informationen:

Anlage 1: Mess- und Rechenwerte Heizkessel im Biogasbetrieb

Anlage 2: Mess- und Rechenwerte Heizkessel im Heizölbetrieb

*Die MATTERSTEIG & CO. INGENIEURGESELLSCHAFT für Verfahrenstechnik und Umweltschutz mbH ist ein durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiertes Prüflaboratorium.*

*Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage D-PL-19139-01-00 aufgeführten Akkreditierungsumfang.*

*Die Prüfergebnisse des vorliegenden Berichtes beziehen sich ausschließlich auf die hier angegebenen Prüfgegenstände.*

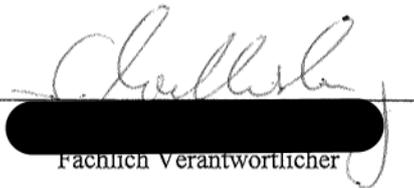
*Die Veröffentlichung und Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung der MATTERSTEIG & CO. INGENIEURGESELLSCHAFT mbH.*

TV 7.8-11 Rev. 7.02 vom 13.12.2024

Markranstädt, den 10.04.2025



Projektbearbeiter



Fachlich Verantwortlicher

# **Anlage 1**

Mess- und Rechenwerte  
Heizkessel im Biogasbetrieb

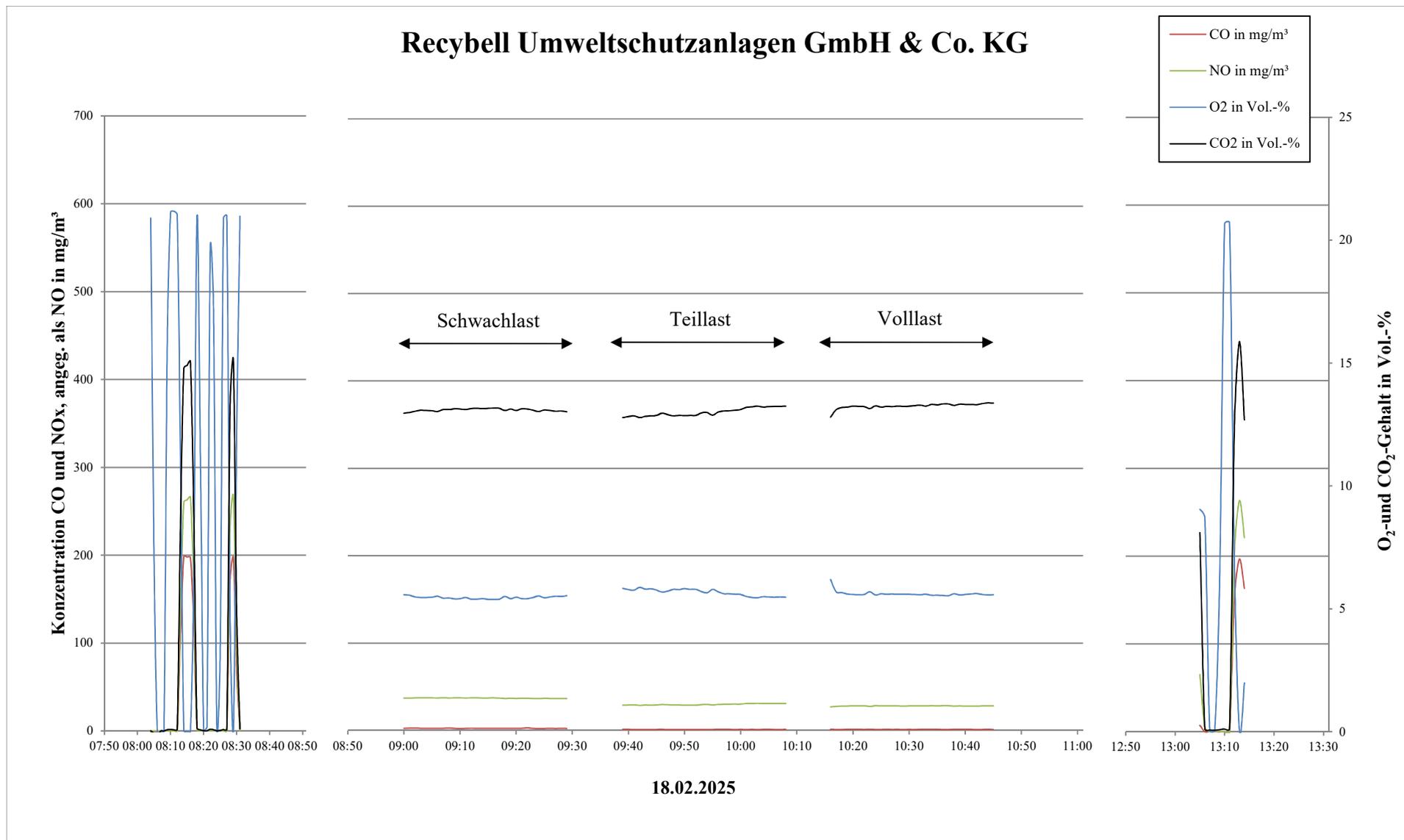
Feuchtebestimmung in Gasen		RV 7.8-15 in der Version 7.01 vom 15.08.2024					
<b>Betrieb</b>		<b>Recybell Umweltschutzanlagen GmbH &amp; Co. KG</b>					
<b>Anlage</b>		<b>Heizkessel im Biogasbetrieb</b>					
<b>Messort</b>		<b>waagerechte Abgasleitung</b>					
<b>Aktenzeichen</b>		<b>K-MS-11759-25</b>					
<b>Messung durchgeführt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)</b>					
<b>Bericht erstellt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov</b>					
<b>Messung Nr.</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>Messtag</b>		18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025			
<b>Messzeit von</b>		09:00	09:39	10:16			
<b>Messzeit bis</b>		09:30	10:09	10:46			
<b>Dauer PN ohne Achswechsel</b>	min	30	30	30			
<b>Betriebszustand</b>		Schwachlast	Teillast	Volllast			
<b>Probenahme</b>							
Volumen i.Normzustand tr.	Nl	26,1	26,0	25,9			
<b>Analysenergebnis</b>							
Masse	g	4,281	4,510	4,241			
<b>Messwert</b>							
Konzentration i.N.tr.	g/m <sup>3</sup> i.N.tr.	164,0	173,5	163,7			
Wasserdampfpartialdruck	mbar	171,7	179,8	171,4			
Gesamtdruck im Kanal	mbar	990,7	990,6	990,6			
Feuchte	Vol.-%	17,33	18,15	17,31			
Taupunkttemperatur	°C	56,8	57,8	56,8			



Konzentrationsbestimmung		RV 7.8-5 in der Version 7.01 vom 15.08.2024				
Schadstoff	Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, ang. als Schwefeldioxid					
Betrieb	Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG					
Anlage/Quelle	Heizkessel im Biogasbetrieb					
Messort	waagerechte Abgasleitung					
Aktenzeichen	K-MS-11759-25					
Messung durchgeführt von	B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)					
Bericht erstellt von	B.Sc. Maxim Gromov					
Messung-Nr.	1	2	3	Feldblindwert		
Betriebszustand	Schwachlast	Teillast	Vollast			
Datum der Messung	18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025		
Probennummer	K128601	K128602	K128603	K128604		
Messzeit von	09:00	09:39	10:16	10:47		
Messzeit bis	09:30	10:09	10:46			
Dauer der Probenahme (effektiv)	hh:mm	00:30	00:30	00:30		
Barometrischer Luftdruck	mbar	991	991	991		
<b>Probenahme mit DESAGA GS 312</b>						
Messwerte						
Volumen im Normzustand	l i.N.	51,1	51,1	51,6		
Rechenwerte						
abgesaugtes Volumen	m <sup>3</sup> i.N.tr.	0,0511	0,0511	0,0516	0,0513	
<b>Analysenergebnis</b>						
Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, ang. als Schwefeldioxid	mg	0,186	0,169	0,150	< 0,046	
<b>Konzentration ohne Sauerstoffbezug</b>						
Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, ang. als Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	3,64	3,31	2,91	< 0,90	
<b>Konzentration mit Sauerstoffbezug</b>						
Bezugssauerstoffgehalt	Vol.-%	3,00	3,00	3,00	3,00	
Abgasreinigungseinrichtung für diesen Stoff	nicht vorh.					
Sauerstoffgehalt	Vol.-%	5,43	5,65	5,59	5,56	
Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, ang. als Schwefeldioxid	mg/m <sup>3</sup>	4,21	3,88	3,40	< 1,05	
<b>Volumen- und Massenströme</b>						
Volumenstrom	m <sup>3</sup> i.N./h	1 333	1 410	1 914		
Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, ang. als Schwefeldioxid	kg/h	0,005	0,005	0,006		
<b>Angaben zur Messunsicherheit</b>						
Maximalwert der unnormierten Konzentration	mg/m <sup>3</sup>	3,64				
Standardmessunsicherheit	%	7,30				
Erweiterte Messunsicherheit: $U_{0,95}(y_x) = k(v_{\text{eff}}) * u_c(y_x)$	%	17,61				
Maximalwert der O <sub>2</sub> -normierten Konzentration	mg/m <sup>3</sup>	4,21				

Abgasverlust				
<b>Betrieb</b>	Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG			
<b>Anlage</b>	Heizkessel im Biogasbetrieb			
<b>Messort</b>	waagerechte Abgasleitung			
<b>Aktenzeichen</b>	K-MS-11759-25			
<b>Messung durchgeführt von</b>	B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)			
<b>Bericht erstellt von</b>	B.Sc. Maxim Gromov			
<b>Messung Nr.</b>	Schwachlast	Teillast	Volllast	Dimension
<b>Datum</b>	18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025	
<b>Beginn</b>	09:00:00	09:39:00	10:16:00	hh:mm:ss
<b>Ende</b>	09:00:30	09:39:30	10:16:30	hh:mm:ss
<b>Dauer</b>	00:00:30	00:00:30	00:00:30	hh:mm:ss
<b>Messwerte</b>				
<b>Sauerstoffgehalt</b>	5,43	5,65	5,59	Vol.-%
<b>Abgastemperatur</b>	54,0	104,0	120,0	° C
<b>Verbrennungslufttemperatur</b>	12,0	12,0	13,0	° C
<b>Ergebnisse</b>				
<b>Abgasverlust</b>	2,2	4,8	5,5	%

Konzentrationsbestimmung in Gasen		RV 7.8-9 in der Version 7.01 vom 15.08.2024			
<b>Schadstoff</b>		<b>Kohlenmonoxid und Stickoxide</b>			
<b>Betrieb</b>		<b>Recybell Umweltschutzanlagen GmbH &amp; Co. KG</b>			
<b>Anlage/Quelle</b>		<b>Heizkessel im Biogasbetrieb</b>			
<b>Messort</b>		<b>waagerechte Abgasleitung</b>			
<b>Aktenzeichen</b>		<b>K-MS-11759-25</b>			
<b>Messung durchgeführt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)</b>			
<b>Bericht erstellt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov</b>			
Datum der Messung		18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025	
Betriebszustand		Schwachlast	Teillast	Volllast	
Messzeit von		09:00	09:39	10:16	
Messzeit bis		09:30	10:09	10:46	
Dauer der PN		00:30	00:30	00:30	
<b>Konzentration</b>					
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2,52	1,27	1,32	
Stickstoffmonoxid (NO <sub>x</sub> angeg. als NO)	mg/m <sup>3</sup>	37,1	29,8	28,1	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	56,8	45,8	43,1	
<b>Konzentration CO und NO<sub>x</sub> i.N.tr., sauerstoffbezogen</b>					
Sauerstoffsbezugswert	Vol.-%	3,00			
O <sub>2</sub> Gehalt während der PN	Vol.-%	5,43	5,65	5,59	
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	2,92	1,48	1,54	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	65,7	53,6	50,3	
<b>Massenströme</b>					
Volumenstrom i. N. tr.	m <sup>3</sup> /h	1333	1410	1914	
Kohlenmonoxid	kg/h	0,003	0,002	0,003	
Stickoxide, angegeben als Stickstoffdioxid	kg/h	0,08	0,06	0,08	
<b>Driftkontrolle</b>					
		NP vor	NP nach	RP vor	RP nach
Kohlenmonoxid	ppm	0,5	-0,3	158,0	152,5
	Abweichung	0,51 %		2,99 %	
	eingehalten-Werte wurden korrigiert				
Stickstoffmonoxid	ppm	0,0	0,1	198,5	197,1
	Abweichung	0,05 %		0,76 %	
	eingehalten-keine Korrektur				
Sauerstoff	Vol.-%	-0,01	0,05	20,96	20,71
	Abweichung	0,29 %		1,48 %	
	eingehalten-keine Korrektur				
Kohlendioxid	Vol.-%	0,00	0,06	15,02	15,38
	Abweichung	0,39 %		2,00 %	
	eingehalten-keine Korrektur				
<b>Messunsicherheit</b>					
<b>Komponente</b>		<b>Kohlenmonoxid</b>		<b>Stickoxide (NO<sub>x</sub> angeg. als NO<sub>2</sub>)</b>	
Erweiterte Messunsicherheit (MU): U <sub>0,95</sub> (y <sub>x</sub> )		mg/m <sup>3</sup>	6,1285	mg/m <sup>3</sup>	9,2565
maximaler Messwert O <sub>2</sub> -normiert		mg/m <sup>3</sup>	2,9186	mg/m <sup>3</sup>	65,7375



## **Anlage 2**

Mess- und Rechenwerte  
Heizkessel im Heizölbetrieb

Feuchtebestimmung in Gasen				RV 7.8-15 in der Version 7.01 vom 15.08.2024			
<b>Betrieb</b>		<b>Recybell Umweltschutzanlagen GmbH &amp; Co. KG</b>					
<b>Anlage</b>		<b>Heizkessel im Heizölbetrieb</b>					
<b>Messort</b>		<b>waagerechte Abgasleitung</b>					
<b>Aktenzeichen</b>		<b>K-MS-11759-25</b>					
<b>Messung durchgeführt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)</b>					
<b>Bericht erstellt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov</b>					
<b>Messung Nr.</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>			
<b>Messtag</b>		18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025			
<b>Messzeit von</b>		11:08	11:52	12:34			
<b>Messzeit bis</b>		11:38	12:22	13:04			
<b>Dauer PN ohne Achswechsel</b>	min	30	30	30			
<b>Betriebszustand</b>		Volllast	Teillast	Schwachlast			
<b>Probenahme</b>							
Volumen i.Normzustand tr.	Nl	26,2	26,2	26,6			
<b>Analysenergebnis</b>							
Masse	g	3,246	3,034	2,382			
<b>Messwert</b>							
Konzentration i.N.tr.	g/m <sup>3</sup> i.N.tr.	123,9	115,8	89,5			
Wasserdampfpartialdruck	mbar	135,3	127,6	101,5			
Gesamtdruck im Kanal	mbar	990,6	990,8	990,7			
Feuchte	Vol.-%	13,66	12,88	10,25			
Taupunkttemperatur	°C	51,9	50,7	46,1			



Absaugvolumen zur Rußzahlbestimmung		RV 7.8-17 in der Version 7.01 vom 15.08.2024	
Schadstoff	Rußzahl		
Betrieb	Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG		
Anlage	Heizkessel im Heizölbetrieb		
Messort	waagerechte Abgasleitung		
Aktenzeichen	K-MS-11759-25		
Messung durchgeführt von	B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)		
Bericht erstellt von	B.Sc. Maxim Gromov		
Messung Nr.	Volllast	Teillast	Schwachlast
Datum	18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025
Beginn	11:05:00	11:45:00	12:28:00
Ende	11:08:00	11:48:00	12:31:00
Umgebungsdruck in mbar	991	991	991
Temperatur Abgas in °C	122	121	89
stat.Druck in mbar	-0,38	-0,24	-0,31
Temperatur Gasuhr in °C	3	5	5
Feuchte Abgas in Vol.-%	13,66	12,88	10,25
effektive Filterfläche in cm <sup>2</sup>	13,85	13,85	13,85
Abzusaugendes Volumen Gasuhr in l <sub>i,N.ir.</sub>	79,6	79,6	79,6
Abzusaugendes Volumen Gasuhr in l <sub>i.B.</sub>	82,3	82,9	82,9
Abzusaugendes Volumen Sondenspitze in l <sub>i.B.</sub>	136,48	134,89	120,32
minimale Düsengröße (Gasgeschwindigkeit 4m/s) in mm	15,5	15,4	14,6
maximale Düsengröße (Gasgeschwindigkeit 2m/s) in mm	22,0	21,8	20,6
Auswertung Reflexionszahlen			
RFZ 1	0,2	0,2	0,5
RFZ 2	0,4	0,4	0,4
RFZ 3	0,2	0,3	0,6
RFZ 4	0,0	0,3	0,4
RFZ 5	0,3	0,4	0,8
mittlere Reflexionszahl	0,22	0,32	0,54
Rußzahl	<b>0,11</b>	<b>0,16</b>	<b>0,27</b>

Abgasverlust				
<b>Betrieb</b>	Recybell Umweltschutzanlagen GmbH & Co. KG			
<b>Anlage</b>	Heizkessel im Heizölbetrieb			
<b>Messort</b>	waagerechte Abgasleitung			
<b>Aktenzeichen</b>	K-MS-11759-25			
<b>Messung durchgeführt von</b>	B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)			
<b>Bericht erstellt von</b>	B.Sc. Maxim Gromov			
Messung Nr.	Vollast	Teillast	Schwachlast	Dimension
Datum	18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025	
Beginn	11:08:00	11:52:00	12:34:00	hh:mm:ss
Ende	11:08:30	11:52:30	12:34:30	hh:mm:ss
Dauer	00:00:30	00:00:30	00:00:30	hh:mm:ss
<b>Messwerte</b>				
Sauerstoffgehalt	5,64	5,57	8,46	Vol.-%
Abgastemperatur	122,0	121,0	89,0	° C
Verbrennungslufttemperatur	14,0	16,0	16,0	° C
<b>Ergebnisse</b>				
Abgasverlust	5,5	5,4	4,5	%

Konzentrationsbestimmung in Gasen		RV 7.8-9 in der Version 7.01 vom 15.08.2024			
<b>Schadstoff</b>		<b>Kohlenmonoxid und Stickoxide</b>			
<b>Betrieb</b>		<b>Recybell Umweltschutzanlagen GmbH &amp; Co. KG</b>			
<b>Anlage/Quelle</b>		<b>Heizkessel im Heizölbetrieb</b>			
<b>Messort</b>		<b>waagerechte Abgasleitung</b>			
<b>Aktenzeichen</b>		<b>K-MS-11759-25</b>			
<b>Messung durchgeführt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov, (B.Sc. Elisabeth Speer)</b>			
<b>Bericht erstellt von</b>		<b>B.Sc. Maxim Gromov</b>			
Datum der Messung		18.02.2025	18.02.2025	18.02.2025	
Betriebszustand		Volllast	Teillast	Schwachlast	
Messzeit von		11:08	11:52	12:34	
Messzeit bis		11:38	12:22	13:04	
Dauer der PN		00:30	00:30	00:30	
<b>Konzentration</b>					
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,39	8,80	
Stickstoffmonoxid (NO <sub>x</sub> angeg. als NO)	mg/m <sup>3</sup>	96,4	94,3	65,2	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	147,8	144,5	99,9	
<b>Konzentration CO und NO<sub>x</sub> i.N.tr., sauerstoffbezogen</b>					
Sauerstoffsbezugswert	Vol.-%	3,00			
O <sub>2</sub> Gehalt während der PN	Vol.-%	5,64	5,57	8,46	
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	0,72	0,45	12,6	
Stickoxide (NO <sub>x</sub> angeg. als NO <sub>2</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	173,2	168,5	143,5	
<b>Massenströme</b>					
Volumenstrom i. N. tr.	m <sup>3</sup> /h	1638	1435	843	
Kohlenmonoxid	kg/h	0,001	0,001	0,007	
Stickoxide, angegeben als Stickstoffdioxid	kg/h	0,24	0,21	0,08	
<b>Driftkontrolle</b>					
		NP vor	NP nach	RP vor	RP nach
Kohlenmonoxid	ppm	0,5	-0,3	158,0	152,5
	Abweichung	0,51 %		2,99 %	
	eingehalten-Werte wurden korrigiert				
Stickstoffmonoxid	ppm	0,0	0,1	198,5	197,1
	Abweichung	0,05 %		0,76 %	
	eingehalten-keine Korrektur				
Sauerstoff	Vol.-%	-0,01	0,05	20,96	20,71
	Abweichung	0,29 %		1,48 %	
	eingehalten-keine Korrektur				
Kohlendioxid	Vol.-%	0,00	0,06	15,02	15,38
	Abweichung	0,39 %		2,00 %	
	eingehalten-keine Korrektur				
<b>Messunsicherheit</b>					
Komponente		<b>Kohlenmonoxid</b>		<b>Stickoxide (NO<sub>x</sub> angeg. als NO<sub>2</sub>)</b>	
Erweiterte Messunsicherheit (MU): U <sub>0,95</sub> (y <sub>x</sub> )		mg/m <sup>3</sup>	7,0303	mg/m <sup>3</sup>	13,6922
maximaler Messwert O <sub>2</sub> -normiert		mg/m <sup>3</sup>	12,6362	mg/m <sup>3</sup>	173,2333

