

MESSBERICHT NR. LX5397.1/03

interne Emissionsmessungen im Abgas eines BHKW der SW Energie GmbH & Co. KG in Hunteburg (Bohmte) beim Einsatz von Rapsölraffinat in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen mit Wasser

Betreiber:

SW Energie GmbH & Co. KG
Michelsweg 4
49163 Hunteburg (Bohmte)

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. Dieter Ahlers
Dipl.-Ing. Jürgen Ritter

Berichtsdatum:

04.11.2009



Lingen • Wunstorf • Münster

Hessenweg 38 • 49809 Lingen • Telefon 05 91 - 8 00 16 - 0 • Fax 05 91 - 8 00 16 - 20

Lingen@ZechGmbH.de • www.ZechGmbH.de

INHALTSVEREICHNIS

	<u>Seite</u>
1.) Formulierung der Messaufgabe	6
1.1 Auftraggeber	6
1.2 Betreiber	6
1.3 Standort	6
1.4 Anlage	6
1.5 Datum der Messung	6
1.6 Anlass der Messung	7
1.7 Aufgabenstellung	7
1.8 Messobjekte	7
1.9 Durchgeführte Ortsbesichtigung vor Messdurchführung	7
1.10 Messplanabstimmung	7
1.11 An der Probenahme beteiligte Personen	7
1.12 Beteiligung weiterer Institute	8
1.13 Fachlich Verantwortliche	8
2.) Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe	9
2.1 Art der Anlage	9
2.2 Beschreibung der Anlage	9
2.3 Beschreibung der Emissionsquellen	9
2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe	9
2.5 Betriebszeiten	9
2.5.1 Gesamtbetriebszeit	10
2.5.2 Emissionszeit nach Betreiberangaben	10
2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen	10
2.6.1 Einrichtung zur Erfassung der Emissionen	10
2.6.1.1 Anlage zur Emissionserfassung	10
2.6.1.2 Erfassungselement	10

2.6.1.3 Ventilator肯ndaten	10
2.6.2 Einrichtung zur Minderung der Emissionen	10
3.) Beschreibung der Probenahmestellen und Messquerschnitte	11
3.1 Angaben zum Probenahmeort und Messquerschnitt	11
4.) Mess- und Analyseverfahren, Geräte	12
4.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen	12
4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit in der Abgasleitung	12
4.1.2 Dynamischer und statischer Druck	12
4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle	12
4.1.4 Abgastemperatur	12
4.1.5 Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)	13
4.1.6 Abgasdichte	13
4.2 Kontinuierliche Messverfahren	13
4.2.1 Messobjekt	13
4.2.1.1 Messverfahren	14
4.2.1.2 Analytoren	14
4.2.1.3 eingestellte Messbereiche	14
4.2.1.4 Eignungsprüfung	14
4.2.1.5 Messplanaufbau	14
4.2.1.6 Überprüfen der Gerätekennlinie mit folgenden Prüfgasen	15
4.2.1.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus	15
4.2.1.8 Registrierung der Messwerte	15
4.2.2 Messobjekt	15
4.2.2.1 Messverfahren	16
4.2.2.2 Analytoren	17
4.2.2.3 eingestellter Messbereich	17
4.2.2.4 Eignungsprüfung	17
4.2.2.5 Messplatzaufbau	17

4.2.2.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen	18
4.2.2.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus	18
4.2.2.8 Registrierung der Messwerte	18
4.2.3.1 Messverfahren	18
4.2.3.2 Analysatoren	19
4.2.3.3 eingestellter Messbereich	19
4.2.3.4 Eignungsprüfung	19
4.2.3.5 Messplatzaufbau	19
4.2.3.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen	20
4.2.3.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus	20
4.2.3.8 Registrierung der Messwerte	20
4.2.4 Messobjekt	20
4.2.4.1 Messverfahren	21
4.2.4.3 eingestellter Messbereich	22
4.2.4.4 Eignungsprüfung	22
4.2.4.5 Messplatzaufbau	22
4.2.4.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen	23
4.2.4.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus	23
4.2.4.8 Registrierung der Messwerte	23
4.2.5.1 Messverfahren	23
4.2.5.3 eingestellter Messbereich	24
4.2.5.4 Eignungsprüfung	24
4.2.5.5 Messplatzaufbau	24
4.2.5.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen	25
4.2.5.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus	25
4.2.5.8 Registrierung der Messwerte	25
4.2.6 Messobjekt	25
4.2.6.1 Messverfahren	26

4.2.6.2 Analysatoren	26
4.2.6.3 eingestellter Messbereich	26
4.2.6.4 Eignungsprüfung	26
4.2.6.5 Messplatzaufbau	26
4.2.6.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen	27
4.2.6.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus	27
4.2.6.8 Registrierung der Messwerte	27
4.3 Diskontinuierliche Messverfahren	27
4.3.1 Gas- und dampfförmige Emissionen	27
4.3.2 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe	28
4.3.3 Geruchsemissionen	28
5.) Betriebszustand der Anlagen während der Messungen	29
5.1 Produktionsanlage	29
5.2 Abgasreinigungsanlagen	29
6.) Zusammenstellung der Messergebnisse	30
6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen	30
6.2 Messergebnisse	31
6.3 Messunsicherheiten	32
6.4 Plausibilitätsprüfung	33
7.) Literatur	35
8.) Anlagen	36

1.) Formulierung der Messaufgabe

1.1 Auftraggeber

SW Energie GmbH & Co. KG

Michelsweg 4

49163 Hunteburg (Bohmte)

1.2 Betreiber

SW Energie GmbH & Co. KG

Michelsweg 4

49163 Hunteburg (Bohmte)

Tel.-Nr.: 0 54 75 - 12 75

Bundesland: Niedersachsen

1.3 Standort

Gemarkung: keine Angabe

Flur: keine Angabe

Flurstück: keine Angabe

1.4 Anlage

Verbrennungsmotoranlage gemäß § 4 BImSchG [1] in Verbindung mit Ziffer 1.4(b), Spalte 2 des Anhanges der 4. BImSchV [2].

1.5 Datum der Messung

15.10.2009

Datum der letzten Messung: 23.09.2009 - 24.09.2009

Datum der nächsten Messung: keine Angabe

1.6 Anlass der Messung

Interne Messungen im Zusammenhang über Versuche mit anderen Kraftstoffzusammensetzungen.

1.7 Aufgabenstellung

Während des Betriebes eines BHKW beim Einsatz von Rapsölraffinat in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen mit Wasser sollten die Konzentrationen ausgewählter Luftschadstoffe im Abgas gemessen werden; Grenzwertbetrachtungen sollten nicht erfolgen.

1.8 Messobjekte

Kohlenmonoxid (CO)

Schwefeldioxid (SO₂)

Stickstoffoxide (NO und NO₂, angegeben als NO₂)

organischer Gesamtkohlenstoff (Ges.-C)

Kohlendioxid (SO₂)

Sauerstoff (O₂)

1.9 Durchgeführte Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

Eine Ortsbesichtigung wurde im Zusammenhang mit der ersten Messung und erneut am 08.10.2009 durchgeführt. Messbedingungen hinsichtlich Ein- und Auslaufstrecke entsprechend den Vorgaben der DIN EN 15259 [3] waren vorhanden.

1.10 Messplanabstimmung

Ein Messplan gemäß VDI-Richtlinie 2448, Bl. 1 [6] wurde nicht erstellt. Die Vorgehensweise bei der Messung wurde mit dem Betreiber (Herrn Witte, SW Energie GmbH & Co. KG) abgestimmt.

1.11 An der Probenahme beteiligte Personen

Dipl.-Ing. Dieter Ahlers (ZECH Ingenieurgesellschaft mbH, Lingen)

Dipl.-Ing. Jürgen Ritter (ZECH Ingenieurgesellschaft mbH, Lingen)

Dipl.-Ing. Lars Schlüter (ZECH Ingenieurgesellschaft mbH, Lingen)

1.12 Beteiligung weiterer Institute

keine

Zur Dokumentation der Motorleistungs- sowie Abgastemperatur-Kurven waren Mitarbeiter der Firma van Meegen vor Ort. Die Aufzeichnungen sind der Anlage 2 zu entnehmen.

1.13 Fachlich Verantwortliche

Im Zuge der kurzfristig angestrebten Bekanntgabe soll die fachliche Verantwortung nachfolgenden Personen übertragen werden:

Dipl.-Ing. Dieter Ahlers Ahlers@ZechGmbH.de

Dipl.-Ing. Jürgen Ritter Ritter@ZechGmbH.de

2.) Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe

2.1 Art der Anlage

Verbrennungsmotoranlage gemäß § 4 BImSchG [1] in Verbindung mit Ziffer 1.4(b), Spalte 2 des Anhanges der 4. BImSchV [2].

2.2 Beschreibung der Anlage

Verbrennungsmotoranlage für den Betrieb von Pflanzenöl. Weitere Angaben liegen nicht vor.

2.3 Beschreibung der Emissionsquellen

Quelle Nr.	Bezeichnung	Höhe über Grund (m)	Austritts- fläche (m²)	Rechtswert / Hoch- wert (m)	Bauaus- führung
1	Schornstein	ca. 10	0,035	keine Angabe	Stahl

Tabelle 1: Emissionsquelle

2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe

Pflanzenöl

2.5 Betriebszeiten

Die Anlage soll kontinuierlich betrieben werden (8.760 h/a).

2.5.1 Gesamtbetriebszeit

siehe 2.5

2.5.2 Emissionszeit nach Betreiberangaben

siehe 2.5

2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen

2.6.1 Einrichtung zur Erfassung der Emissionen

Der Abluftstrom der Anlage wird über Rohrleitungen zunächst über einen Abgaswärmetauscher (AWT) zur Wärmegewinnung geleitet und danach in die Atmosphäre geführt.

2.6.1.1 Anlage zur Emissionserfassung

siehe 2.6.1

2.6.1.2 Erfassungselement

siehe 2.6.1

2.6.1.3 Ventilatorckenndaten

kein Ventilator vorhanden

2.6.2 Einrichtung zur Minderung der Emissionen

Es sind keine Einrichtungen zur Minderung der Emissionen vorhanden.

3.) Beschreibung der Probenahmestellen und Messquerschnitte

3.1 Angaben zum Probenahmeort und Messquerschnitt

Bezeichnung der Messstelle (Quelle)	Schornstein
Durchmesser/Abmessung in Höhe der Messstelle [m]	0,21
Querschnittsfläche [m ²]	0,035
Länge der Einlaufstrecke (ES) [m]	ca. 2
Einlaufstrecke gemäß [3]	5 x d _{hydr}
Einhaltung ES gemäß [3]	ja
Länge der Auslaufstrecke (AS) [m]	ca. 6
Auslaufstrecke gemäß [3]	5 x d _{hydr}
Einhaltung AS gemäß [3]	ja
Anzahl der Messachsen [Stück]	1
Anzahl der Messpunkte je Messachse	2
Lage der Messpunkte je Achse [cm]	3 / 18
Anzahl der Messöffnungen [Stück]	2
Größe der Messöffnungen [mm]	ca. 50 (2")
Winkel Gasstrom zu Mittelachse Abgaskanal < 15° erfüllt [3]	ja
lokale negative Strömung [3]	nein
Verhältnis $\frac{V_{\max}}{V_{\min}} < 3 : 1$ [3]	1 : 1
Δ_p (Staudruck) > 5 Pa [3]	ja

Tabelle 2: Angaben zum Messquerschnitt

4.) Mess- und Analyseverfahren, Geräte

4.1 Ermittlung der Abgasrandbedingungen

4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit in der Abgasleitung

Staurohr (nach Prandtl) der Fa. Gothe in Verbindung mit einem Mikromanometer

Fabrikat / Typ:	HMG 3
Messbereich:	0 - 10 hPa
Bestimmungsgrenze:	0,01 hPa

Das Geschwindigkeitsprofil ist der Anlage 1 zu entnehmen.

4.1.2 Dynamischer und statischer Druck

Staurohr (nach Prandtl) der Fa. Gothe in Verbindung mit einem Mikromanometer unter Berücksichtigung der entsprechenden Anschlüsse

Fabrikat / Typ:	HMG 3
Messbereich:	0 - 10 hPa
Bestimmungsgrenze:	0,01 hPa

4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

Barometer

Fabrikat / Typ:	Fa. Lambrecht No. 2039
-----------------	------------------------

4.1.4 Abgastemperatur

Thermoelement (NiCr/Ni, Typ K) mit Messwertgeber

Fabrikat / Typ:	Digital-Thermometer A 305
Messbereich:	-50 °C bis +1.300 °C
Auflösung:	0,1 °C
Genauigkeit:	+/- 0,3% (bei -50 °C bis 1.000 °C)

4.1.5 Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)

Die Abgasfeuchte wurde durch Adsorption an Kieselgel (mit Farbindikator) und anschließende gravimetrische Bestimmung ermittelt.

4.1.6 Abgasdichte

Berechnet unter Berücksichtigung der Abgasanteile an:

- Sauerstoff (O₂)
- Kohlendioxid (CO₂)
- Luftstickstoff (mit 0,933 % Ar)

sowie der Abgastemperatur, Abgasfeuchte und Druckverhältnisse im Kanal.

4.2 Kontinuierliche Messverfahren

Es wurden im Sekundentakt folgende Parameter erfasst:

- organische Verbindungen, angegeben als Ges.-C
- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffoxide (NO und NO₂, angegeben als NO₂)
- Schwefeldioxid (SO₂)
- Kohlendioxid (CO₂)
- Sauerstoff (O₂)

4.2.1 Messobjekt

organischer Gesamtkohlenstoff, Ges.-C

4.2.1.1 Messverfahren

Messen der Kohlenwasserstoff-Konzentration mittels Flammen-Ionisationsdetektor (FID) gemäß VDI-Richtlinie 3481, Blatt 4 [4].

4.2.1.2 Analytoren

Hersteller:	Sick Maihak GmbH
Typ:	Modell 3006 (BA 3006)
Serien-Nr.:	09 130 026
Baujahr:	04/2009

4.2.1.3 eingestellte Messbereiche

Messbereich:	2; (0 - 100 ppm)
Nachweisgrenze:	< 1,5 % vom Messbereichsendwert

4.2.1.4 Eignungsprüfung

Das Gerät ist eignungsgeprüft und im GMBI. 1996 bekannt gegeben.

4.2.1.5 Messplanaufbau

Entnahmesonde:	nicht beheizt
Staubfilter:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung vor Gasaufbereitung:	entfällt
Probegasleitung nach Gasaufbereitung:	entfällt
Wirkstoff der gasführenden Teile:	Titan, Edelstahl, Teflon
Messgasaufbereitung:	entfällt; das Probegas wird dem FID direkt und feucht über eine beheizte Probenahmeleitung (3 m lang) zur Verfügung gestellt

4.2.1.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen

Nullgas:	Umgebungsluft über Aktivkohlefilter
Prüfgas:	79,6 ppm
Hersteller:	Westfalen AG
Herstelldatum:	05/09
Stabilitätsgarantie:	24 Monate
rückführbar zertifiziert:	nein

4.2.1.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die 90%ige-Einstellzeit wird durch Prüfgaseinleitung in die Entnahmesonde einmalig vor Beginn der Probenahmen ermittelt und betrug ca. 20 s. Dabei wurde gleichzeitig die Dichtigkeit der gesamten Probenahmeeinrichtung überprüft.

4.2.1.8 Registrierung der Messwerte

Die Registrierung der Messdaten erfolgt kontinuierlich über eine elektronische Messdatenerfassung (Messdatenerfassungsprogramm "Anacomp" der Fa. Breitfuss, Harpstedt).

4.2.2 Messobjekt

Kohlenmonoxid (Bestimmung der Massenkonzentration von Kohlenmonoxid (CO), Referenzmessverfahren: Nicht-dispersive-Infrarotspektrometrie gemäß DIN EN 15058 [7]).

4.2.2.1 Messverfahren

Für die CO-Analyse arbeitet der PG 250 nach dem Prinzip der nicht-dispersiven Infrarotabsorption. Moleküle, die aus verschiedenen Atomen bestehen, absorbieren Infrarotenergie mit Wellenlängen, die für das Molekül spezifisch sind. Hierbei wird über ein Magnetventil abwechselnd Messgas und Referenzgas (Nullgas) mit konstantem Durchfluss und festgelegtem Zeitintervall der Messzelle zugeführt. Dabei wird von der zu messenden Komponente, im Gegensatz zum vergleichenden Nullgas, mehr Infrarotenergie absorbiert, weshalb die im Detektor gemessene Infrarot-Lichtintensität moduliert ist. Die Amplitude dieses Wechselsignals ist die Basis dieser Messmethode.

In der Infrarotquelle erzeugtes IR-Licht passiert die Messzelle und gelangt anschließend in einen Detektor. Wird die Messzelle von Nullgas durchströmt, erreicht mehr IR-Licht den Detektor. Dem gegenüber erreicht weniger IR-Licht den Detektor, wenn Messgas durch die Zelle strömt. Der Grad der Abschwächung steht im Verhältnis zur Messgaskonzentration in der Messzelle.

Der Detektor enthält eine bewegliche Membrane, die Druckänderungen in der optischen Zelle aufnimmt. Besteht eine Differenz in der absorbierten Energie zwischen Mess- und Referenzgas, so entsteht eine Druckänderung innerhalb des Detektors, die von der Membrane erfasst wird. Diese Schwingung wird elektrisch weiterverarbeitet und als Messergebnis dargestellt.

Es entsteht keine Membranschwingung, wenn die Messgaskonzentration gleich bleibt, d. h. Messgaskonzentration ist gleich der Referenzgaskonzentration oder der Gasdurchfluss ist gestoppt. In diesem Fall ist das Ausgangssignal gleich Null und praktisch driftfrei.

Durch optische Filter werden Infrarotwellenlängen entfernt, die mit der Wellenlänge der zu messenden Komponente übereinstimmen oder sich mit dieser überschneiden. Dadurch können Querempfindlichkeiten weitestgehend vermieden werden.

Es wird mit dieser Anordnung gleichzeitig die Konzentration an SO₂ mit erfasst.

4.2.2.2 Analysatoren

Hersteller:	Horiba Ltd.
Typ:	PG 250
Serien-Nr.:	XXJ 25 XFP
Baujahr:	10/2008

4.2.2.3 eingestellter Messbereich

Messbereich 1:	(0 - 200 ppm)
Ausgang:	4 - 20 mA
Reproduzierbarkeit:	0,5 % vom Messbereichsendwert

4.2.2.4 Eignungsprüfung

Das Gerät ist eignungsgeprüft und im GMBI. 2001 bekannt gegeben.

4.2.2.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	beheizt
Staubfilter:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung vor Gasaufbereitung:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung nach Gasaufbereitung:	nicht beheizt
Wirkstoff der gasführenden Teile:	Titan, Edelstahl, Teflon
Messgasaufbereitung:	das Probegas wird der Messgasaufbereitung (Typ PSS-5/3, Fa. M&C) über eine beheizte Probenahmeleitung (3 m) zur Verfügung gestellt, Gasausgangstaupunkt: +4 °C

4.2.2.6 Überprüfen der Gerätekennlinie mit folgenden Prüfgasen

Nullgas:	Stickstoff (5.0)
Prüfgas:	418 ppm CO
Hersteller:	Westfalen AG
Herstelldatum:	05/09
Stabilitätsgarantie:	24 Monate
rückführbar zertifiziert:	nein

4.2.2.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die 90%ige-Einstellzeit wird durch Prüfgaseinleitung in die Entnahmesonde einmalig vor Beginn der Probenahmen ermittelt und betrug ca. 20 s. Dabei wurde gleichzeitig die Dichtigkeit der gesamten Probenahmeeinrichtung überprüft.

4.2.2.8 Registrierung der Messwerte

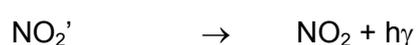
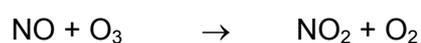
Die Registrierung der Messdaten erfolgt kontinuierlich über eine elektronische Messdatenerfassung (Messdatenerfassungsprogramm "Anacomp" der Fa. Breitfuss, Harpstedt).

4.2.3 Messobjekt

Stickstoffoxide (Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden (NO_x) Referenzmessverfahren: Chemilumineszenz gemäß DIN EN 14792 [8]).

4.2.3.1 Messverfahren

Das hier verwendete Grundprinzip für den Nachweis der Stickstoffoxide, die Chemilumineszenz (CLD), beruht auf der Reaktion der Stickstoffmoleküle (NO) mit Ozon (O₃). Stickstoffmonoxid wird oxidiert und es entsteht angeregtes NO₂, das die Anregungsenergie in Form von Licht (Lumineszenz) sofort wieder abgibt.



Diese Reaktion erfolgt extrem schnell und nur das vorhandene NO beteiligt sich unbeeinflusst von anderen vorhandenen Gasen. Daher ist die Lichtemission dieser Chemilumineszenz proportional der NO-Konzentration.

Das Messgas, welches zur NO_x-Bestimmung über einen NO/NO-Konverter geleitet wird, wird über eine feste Verdünnungsstufe der Messzelle zugeführt. Zur notwendigen Ozon-Versorgung wird Luft über einen Filter angesaugt, durch einen elektrischen Kühler gekühlt und ebenfalls in die Messkammer geleitet. In der Messkammer wird dann die Lumineszenz entsprechend der Reaktion zwischen Messgas und O₃ mittels Photodiode gemessen.

4.2.3.2 Analysatoren

Hersteller:	Horiba Ltd.
Typ:	PG 250
Serien-Nr.:	XXJ 25 XFP
Baujahr:	10/2008

4.2.3.3 eingestellter Messbereich

Messbereich 4:	(0 - 250 ppm)
Ausgang:	4 - 20 mA
Reproduzierbarkeit:	0,5 % vom Messbereichsendwert

4.2.3.4 Eignungsprüfung

Das Gerät ist eignungsgeprüft und im GMBI. 2001 bekannt gegeben.

4.2.3.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	beheizt
Staubfilter:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung vor Gasaufbereitung:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung nach Gasaufbereitung:	nicht beheizt

Wirkstoff der gasführenden Teile:	Titan, Edelstahl, Teflon
Messgasaufbereitung:	das Probegas wird der Messgasaufbereitung (Typ PSS-5/3, Fa. M&C) über eine beheizte Probenahmeleitung (3 m) zur Verfügung gestellt, Gasausgangstaupunkt: +4 °C

4.2.3.6 Überprüfen der Gerätekennlinie mit folgenden Prüfgasen

Nullgas:	Stickstoff (5.0)
Prüfgas:	198 ppm NO
Hersteller:	Westfalen AG
Herstelldatum:	05/09
Stabilitätsgarantie:	24 Monate
rückführbar zertifiziert:	nein

4.2.3.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die 90%ige-Einstellzeit wird durch Prüfgaseinleitung in die Entnahmesonde einmalig vor Beginn der Probenahmen ermittelt und betrug ca. 20 s. Dabei wurde gleichzeitig die Dichtigkeit der gesamten Probenahmeeinrichtung überprüft.

4.2.3.8 Registrierung der Messwerte

Die Registrierung der Messdaten erfolgt kontinuierlich über eine elektronische Messdatenerfassung (Messdatenerfassungsprogramm "Anacomp" der Fa. Breitfuss, Harpstedt).

4.2.4 Messobjekt

Schwefeldioxid (Messen der SO₂-Konzentration nach dem Prinzip der nicht-dispersiven Infrarotabsorption).

4.2.4.1 Messverfahren

Für die SO₂-Analyse arbeitet der PG 250 nach dem Prinzip der nicht-dispersiven Infrarotabsorption. Moleküle, die aus verschiedenen Atomen bestehen, absorbieren Infrarotenergie mit Wellenlängen, die für das Molekül spezifisch sind. Hierbei wird über ein Magnetventil abwechselnd Messgas und Referenzgas (Nullgas) mit konstantem Durchfluss und festgelegtem Zeitintervall der Messzelle zugeführt. Dabei wird von der zu messenden Komponente, im Gegensatz zum vergleichenden Nullgas, mehr Infrarotenergie absorbiert, weshalb die im Detektor gemessenen Infrarot-Lichtintensität moduliert ist. Die Amplitude dieses Wechselsignals ist die Basis dieser Messmethode.

In der Infrarotquelle erzeugtes IR-Licht passiert die Messzelle und gelangt anschließend in einen Detektor. Wird die Messzelle von Nullgas durchströmt, erreicht mehr IR-Licht den Detektor. Dem gegenüber erreicht weniger IR-Licht den Detektor, wenn Messgas durch die Zelle strömt. Der Grad der Abschwächung steht im Verhältnis zur Messgaskonzentration in der Messzelle.

Der Detektor enthält eine bewegliche Membrane, die Druckänderungen in der optischen Zelle aufnimmt. Besteht eine Differenz in der absorbierten Energie zwischen Mess- und Referenzgas, so entsteht eine Druckänderung innerhalb des Detektors, die von der Membrane erfasst wird. Diese Schwingung wird elektrisch weiterverarbeitet und als Messergebnis dargestellt.

Es entsteht keine Membranschwingung, wenn die Messgaskonzentration gleich bleibt, d. h. Messgaskonzentration ist gleich der Referenzgaskonzentration oder der Gasdurchfluss ist gestoppt. In diesem Fall ist das Ausgangssignal gleich Null und praktisch driftfrei.

Durch optische Filter werden Infrarotwellenlängen entfernt, die mit der Wellenlänge der zu messenden Komponente übereinstimmen oder sich mit dieser überschneiden. Dadurch können Querempfindlichkeiten weitestgehend vermieden werden.

Es wird mit dieser Anordnung gleichzeitig die Konzentration an CO mit erfasst.

4.2.4.2 Analysatoren

Hersteller:	Horiba Ltd.
Typ:	PG 250
Serien-Nr.:	XXJ 25 XFP
Baujahr:	10/2008

4.2.4.3 eingestellter Messbereich

Messbereich 1:	(0 - 200 ppm)
Ausgang:	4 - 20 mA
Reproduzierbarkeit:	0,5 % vom Messbereichsendwert

4.2.4.4 Eignungsprüfung

Das Gerät ist eignungsgeprüft und im GMBI. 2001 bekannt gegeben.

4.2.4.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	beheizt
Staubfilter:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung vor Gasaufbereitung:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung nach Gasaufbereitung:	nicht beheizt
Wirkstoff der gasführenden Teile:	Titan, Edelstahl, Teflon
Messgasaufbereitung:	das Probegas wird der Messgasaufbereitung (Typ PSS-5/3, Fa. M&C) über eine beheizte Probenahmeleitung (3 m) zur Verfügung gestellt, Gasausgangstauunkt: +4 °C

4.2.4.6 Überprüfen der Gerätekennlinie mit folgenden Prüfgasen

Nullgas:	Stickstoff (5.0)
Prüfgas:	159 ppm SO ₂
Hersteller:	Westfalen AG
Herstelldatum:	05/09
Stabilitätsgarantie:	24 Monate
rückführbar zertifiziert:	nein

4.2.4.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die 90%ige-Einstellzeit wird durch Prüfgaseinleitung in die Entnahmesonde einmalig vor Beginn der Probenahmen ermittelt und betrug ca. 20 s. Dabei wurde gleichzeitig die Dichtigkeit der gesamten Probenahmeeinrichtung überprüft.

4.2.4.8 Registrierung der Messwerte

Die Registrierung der Messdaten erfolgt kontinuierlich über eine elektronische Messdatenerfassung (Messdatenerfassungsprogramm "Anacomp" der Fa. Breitfuss, Harpstedt).

4.2.5 Messobjekt

Kohlendioxid (Bestimmung der Volumenkonzentration von Kohlendioxid (CO₂) mittels nicht dispersiver Infrarotspektrometrie).

4.2.5.1 Messverfahren

Der CO₂-Analysator verwendet zwei pyroelektrische Sensoren. Der Hauptsensor misst die durch die im Messgas enthaltene Komponente CO₂ abgeschwächte Infrarotenergie.

Der andere, der Referenzsensor, nutzt zur Ermittlung der Lichtenergie die Wellenlängendifferenz zur CO₂-Absorption.

Da die Infrarotstrahlen durch die Messgaszelle geleitet werden und vom CO₂ absorbiert werden, sinkt das Signal des Hauptsensors.

Demnach erhält man das CO₂-Signal durch die Differenzberechnung zwischen dem Signal des Referenzsensors und dem Signal des Hauptsensors.

Anschließend wird durch Teilung des CO₂-Signals durch das Referenzsignal unter Berücksichtigung einer Korrektur der Lichtwertschwankungen durch Analysatorkontamination etc. das Signal konvertiert und dann ausgegeben.

4.2.5.2 Analysatoren

Hersteller:	Horiba Ltd.
Typ:	PG 250
Serien-Nr.:	XXJ 25 XFP
Baujahr:	10/2008

4.2.5.3 eingestellter Messbereich

Messbereich 1:	(0 - 20 Vol.-%)
Ausgang:	4 - 20 mA
Reproduzierbarkeit:	0,5 % vom Messbereichsendwert

4.2.5.4 Eignungsprüfung

Das Gerät ist eignungsgeprüft und im GMBI. 2001 bekannt gegeben.

4.2.5.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	beheizt
Staubfilter:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung vor Gasaufbereitung:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung nach Gasaufbereitung:	nicht beheizt
Wirkstoff der gasführenden Teile:	Titan, Edelstahl, Teflon

Messgasaufbereitung: das Probegas wird der Messgasaufbereitung (Typ PSS-5/3, Fa. M&C) über eine beheizte Probenahmeleitung (3 m) zur Verfügung gestellt, Gasausgangstaupunkt: +4 °C

4.2.5.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen

Nullgas:	Stickstoff (5.0)
Prüfgas:	16 Vol.-% CO ₂
Hersteller:	Westfalen AG
Herstelldatum:	05/09
Stabilitätsgarantie:	24 Monate
rückführbar zertifiziert:	nein

4.2.5.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die 90%ige-Einstellzeit wird durch Prüfgaseinleitung in die Entnahmesonde einmalig vor Beginn der Probenahmen ermittelt und betrug ca. 20 s. Dabei wurde gleichzeitig die Dichtigkeit der gesamten Probenahmeeinrichtung überprüft.

4.2.5.8 Registrierung der Messwerte

Die Registrierung der Messdaten erfolgt kontinuierlich über eine elektronische Messdatenerfassung (Messdatenerfassungsprogramm "Anacomp" der Fa. Breitfuss, Harpstedt).

4.2.6 Messobjekt

Sauerstoff (O₂) (Bestimmung der Volumenkonzentration von Sauerstoff (O₂) Referenzmessverfahren: Paramagnetismus gemäß DIN EN 14789).

4.2.6.1 Messverfahren

Das Messen der Sauerstoff-Konzentration beruht auf der Suszeptibilität des Sauerstoffes (Paramagnetismus). An Spannbändern ist eine Hantel befestigt, die in ihrem Drehpunkt einen Spiegel besitzt. Der Sauerstoff strebt infolge seines Paramagnetismus in das homogene Magnetfeld der Messzelle. Die O₂-Moleküle üben dabei auf die Hantel ein Drehmoment aus. Dabei wird ein elektrischer Strom erzeugt, der durch eine Drahtschleife fließt, die um die Hantel gelegt ist. Der resultierende Kompensationsstrom ist ein Maß für die Sauerstoffkonzentration und absolut proportional.

4.2.6.2 Analysatoren

Hersteller:	Horiba Ltd.
Typ:	PG 250
Serien-Nr.:	XXJ 25 XFP
Baujahr:	10/2008

4.2.6.3 eingestellter Messbereich

Messbereich 3:	(0 - 25 Vol.-%)
Ausgang:	4 - 20 mA
Reproduzierbarkeit:	0,5 % vom Messbereichsendwert

4.2.6.4 Eignungsprüfung

Das Gerät ist eignungsgeprüft und im GMBI. 2001 bekannt gegeben.

4.2.6.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	beheizt
Staubfilter:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung vor Gasaufbereitung:	beheizt auf 180 °C
Probegasleitung nach Gasaufbereitung:	nicht beheizt
Wirkstoff der gasführenden Teile:	Titan, Edelstahl, Teflon

Messgasaufbereitung: das Probegas wird der Messgasaufbereitung (Typ PSS-5/3, Fa. M&C) über eine beheizte Probenahmeleitung (3 m) zur Verfügung gestellt, Gasausgangstaupunkt: +4 °C

4.2.6.6 Überprüfen der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen

Nullgas:	Stickstoff (5.0)
Prüfgas:	Umgebungsluft
Hersteller:	Westfalen AG
Herstelldatum:	05/09
Stabilitätsgarantie:	24 Monate
rückführbar zertifiziert:	nein

4.2.6.7 90%ige-Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die 90%ige-Einstellzeit wird durch Prüfgaseinleitung in die Entnahmesonde einmalig vor Beginn der Probenahmen ermittelt und betrug ca. 20 s. Dabei wurde gleichzeitig die Dichtigkeit der gesamten Probenahmeeinrichtung überprüft.

4.2.6.8 Registrierung der Messwerte

Die Registrierung der Messdaten erfolgt kontinuierlich über eine elektronische Messdatenerfassung (Messdatenerfassungsprogramm "Anacomp" der Fa. Breitfuss, Harpstedt).

4.3 Diskontinuierliche Messverfahren

entfällt

4.3.1 Gas- und dampfförmige Emissionen

entfällt

4.3.2 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe

entfällt

4.3.3 Geruchsemissionen

entfällt

5.) Betriebszustand der Anlagen während der Messungen

5.1 Produktionsanlage

Während der internen Emissionsmessungen (Versuche 1 bis 3) wurde die Anlage nach Betreiberangaben bestimmungsgemäß und störungsfrei im Teillastbereich (150 KW_{el}) betrieben.

Die Betriebsbedingungen während der Versuche sind der Tabelle 3 (Seite 30) zu entnehmen.

Die Herstellung des Rapsöl-Wasser-Gemisches erfolgte vor Ort durch Mitarbeiter der egm international GmbH und wurde durch Mitarbeiter der ZECH Ingenieurgesellschaft mbH überwacht und dokumentiert. Eine Fotodokumentation für einen Probenansatz (Mischung Rapsölraffinat/Wasser) zur Aufgabe in den Motor des BHKW ist in Anhang 2 aufgeführt. Der so genannte egm-Kraftstoff wurde aus Rapsöl und Wasser unter der Zugabe von Kohlendioxid (CO₂) mit einem transparenten Wirbelwandler (egm-Technologie) hergestellt und chargenweise dem BHKW-Motor zur Verbrennung vorgelegt.

5.2 Abgasreinigungsanlagen

Abgasreinigungsanlagen sind nicht vorhanden.

6.) Zusammenstellung der Messergebnisse

Die Kraftstoffleitungen wurden vor jedem Versuch mit dem so genannten egm-Kraftstoff gespült.

6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen

Während der einzelnen Versuche wurden durch einen Mitarbeiter der ZECH Ingenieurgesellschaft mbH die Betriebsbedingungen protokolliert und sind in der nachfolgenden Tabelle als Mittelwerte angegeben.

Versuch	1	2	3
Kraftstoff	Rapsöl	Rapsöl/Wasser (1 : 1)	Rapsöl/Wasser (1 : 3)
Uhrzeit	12:06 - 12:36	13:24 - 13:54	18:09 - 20:00*
Leistung [KW _{el.}]	147	150	150
Temperatur vor AWT [°C]	447	430	429
Abgastemperatur an der Messstelle [°C]	158	173	172
Abgasfeuchte [g/m ³]	52	49	48
Kraftstoff-Verbrauch [kg]	20,0	21,1	22,5 **

* Unterbrechung von 19:02 Uhr bis 19:35 Uhr durch elektronische Motorabschaltung.

** auf Versuchsende hochgerechnet, Verbrauch bis 19:02 Uhr 15,30 kg

Tabelle 3: Betriebsdaten während der Versuche

Der so genannte egm-Kraftstoff wurde aus Rapsöl, Leitungswasser und Kohlendioxid vor dem jeweiligen Versuch angesetzt und anschließend über die Kraftstofffördereinheit - bestehend aus Kraftstoffpumpe, Vorwärmer und Kraftstofffilter - dem Motor zugeführt.

Beim Ansetzen wurde wie folgt vorgegangen:

Die gewünschten Anteile Wasser und Rapsöl wurden abgemessen und in einen Vorlagebehälter umgefüllt. Über zwei Kreisläufe wird mit einem Pumpensystem das Gemisch angesaugt und in einem transparenten Wirbelwandler (egm-Technologie) gemischt. Einem Kreislauf wurde dabei zusätzlich Kohlendioxid (CO₂) aus einer Druckflasche zudosiert. Die exakt zugesetzte Kohlendioxidmenge wurde nicht gemessen. Nach Betreiberangaben wurden ca. 5 Liter pro Minute während des Mischvorgangs zugegeben. Durch den Mischvorgang wurde eine homogene milchige Suspension hergestellt, die direkt anschließend chargenweise dem Motor zur Verbrennung zugeführt wurde. Die Herstellung einer Charge dauerte ca. 30 Minuten. Die eingesetzte elektrische Leistung der zwei Pumpen betrug laut Herrn Tauchert (Firma van Meegen) je 1 kW. Während der Herstellung der dritten Charge konnte wegen einer Störung des Mischsystems nur über einen Zeitraum von 10 Minuten Kohlendioxid (CO₂) zudosiert werden.

6.2 Messergebnisse

Während der Messungen wurde zur Dokumentation der Betriebszustände aus dem Vor- und Rücklauf des Motors Kraftstoff als Rückstellproben genommen.

Weiterhin wurde am Ende des Versuchstages eine Probe des Motoröls sowie eine Gasprobe aus der Kohlendioxiddruckflasche entnommen.

Eine analytische Bestimmung dieser Proben erfolgte auf Wunsch des Betreibers bisher nicht.

Um eine Belastung der Motor-Ladeluft mit "Kohlenstoffträgern" (Ges.-C) auszuschließen, wurde dieser Eintrag ebenfalls mittels FID in Form einer Kurzzeitmessung (ca. 1 Minute) überprüft. Die Konzentration dieser Momentaufnahme an Ges.-C lag unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2mg/m³, woraus geschlossen werden kann, dass dem Motor kein Gasgemisch über die Ladeluft zugeführt wurde.

In der nachstehenden Tabelle sind zusammenfassend die gemessenen Luftschadstoffemissionen den verschiedenen Versuchsbedingungen gegenübergestellt. Es ist zu ersehen, dass im Abgas des BHKW-Motors keine signifikanten Veränderungen der Luftschadstoffemissionen während des Messzeitraums gemessen werden konnten.

Versuch	1	2	3
Uhrzeit	12:06 - 12:36	13:24 - 13:54	18:09 - 20:00*
Abgastemperatur [°C]	158	173	172
Volumenstrom [m³/h]	897	932	933
CO [mg/m³]	81	61	93
CO ₂ [Vol.-%]	8,3	8,4	8,0
NO _x [mg/m³]	3.334	2.773	3.263
SO ₂ [mg/m³]	< 6	< 6	8
O ₂ [Vol.-%]	10,3	10,1	10,6
Ges.-C [mg/m³]	20	22	34

* Unterbrechung von 19:02 Uhr bis 19:35 Uhr durch elektronische Motorabschaltung.

Tabelle 4: Zusammenfassung der gemessenen Luftschadstoffemission

6.3 Messunsicherheiten

Zur Beurteilung der Messunsicherheit (MU) wird das Gesamtverfahren in folgende Module unterteilt:

- I Modul Prüfgas (M 1 = Fehler Modul 1 in %)
- II Modul kontinuierliches Messgerät (M 2 = Fehler Modul 2 in %)
- III Modul Probenahmestelle (M 3 = Fehler Modul 3 in %)

Im Nachfolgenden sind die gemäß den Vorgaben der Norm DIN EN ISO 20988 [5] abgeschätzten Messunsicherheiten aufgeführt. Die gemessenen Konzentrationen an Schadstoffen sind mit einem Fehler, hervorgerufen durch die Messunsicherheit, behaftet.

- I Für das Modul Prüfgas liegt die Messunsicherheit der Konzentration laut Hersteller - Analysenzertifikat - bei 2 %.
- II Für das kontinuierliche Messgerät wird im Eignungsprüfungsbericht eine Messunsicherheit von 3 % vom Messbereichswert angegeben.
- III Für das Modul Probenahmestelle schätzen wir für die an dieser Probenahmestelle ermittelten Messwerte eine Messunsicherheit von 5 % ab.

Aus diesen Werten ergibt sich gemäß $MU = \sqrt{M_I^2 + M_{II}^2 + M_{III}^2}$ eine Gesamtmessunsicherheit von 6,2 %.

6.4 Plausibilitätsprüfung

Eine Plausibilitätsprüfung ist für die ermittelten Schadstoffkonzentrationen im Zusammenhang mit den eingesetzten Pflanzenölgemischen nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich.

Die Abgaskonzentrationen der einzelnen Schadstoffe liegen bei allen Versuchen in der gleichen Größenordnung (Versuch 1 mit reinem Rapsöl, Versuch 2 und 3 mit egm-Kraftstoff als Gemisch aus Rapsöl, Wasser und Kohlendioxid; Tabelle 4). Eine Änderung der Schadstoffbelastung im Abgas auf Grund geänderter Einsatzstoffe wurde nicht festgestellt.

Weiterführende Erkenntnisse können ggf. aus den Untersuchungen der Rückstellproben gewonnen werden.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind nach physikalischen und chemischen Grundsätzen von uns nicht zu erklären.

Der vorstehende Messbericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen mit größter Sorgfalt erstellt.
Der Messbericht besteht aus 36 Seiten und 3 Anlagen.

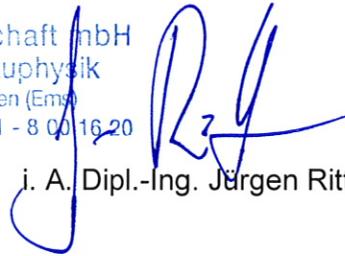
Lingen, den 04.11.2009 DA/Sc

ZECH Ingenieurgesellschaft mbH



i. V. Dipl.-Ing. Dieter Ahlers

ZECH Ingenieurgesellschaft mbH
Immissionsschutz · Bauphysik
Hessenweg 38 · 49809 Lingen (Emm)
Tel. 05 91 - 80 01 60 · Fax 05 91 - 8 00 16 20



i. A. Dipl.-Ing. Jürgen Ritter

7.) Literatur

- [1] BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge, 26. September 2002

- [2] 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes; (4. BImSchV) Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen; vom 14. März 1997

- [3] DIN EN 15259 Luftbeschaffenheit - Messung von Emissionen aus stationären Quellen, Januar 2008

- [4] VDI-Richtlinie 3481, Blatt 4, Messen der Konzentration von Gesamt-C und Methan-C mit dem Flammenionisationsdetektor (FID), Februar 2007

- [5] Luftbeschaffenheit - DIN EN ISO 20988 "Leitlinien zur Schätzung der Messunsicherheit" - Deutsche Fassung, EN ISO 20988: September 2007

- [6] VDI-Richtlinie 2448, Blatt1, Planung von stichprobenartigen Emissionsmessungen an geführten Quellen, April 1992

- [7] DIN EN 15058 Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Kohlenmonoxid (CO) - Referenzverfahren: Nicht-dispersive Infrarotspektrometrie; Deutsche Fassung EN 15058:2006, September 2006

- [8] DIN EN 14792 Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von Stickstoffoxiden (NOx) - Referenzverfahren: Chemilumineszenz; Deutsche Fassung EN 14792:2005, April 2006

8.) Anlagen

- Anlage 1: Leistungs- und Abgastemperaturkurven des BHKW-Motors, bereitgestellt durch die Fa. van Meegen, Vechta

- Anlage 2: Fotodokumentation Pflanzenölgemischherstellung

- Anlage 3: Grafiken der gemessenen Schadstoffkonzentrationen im BHKW-Abgas

Anlage 1: Leistungs- und Abgastemperaturkurven des BHKW-Motors, bereitgestellt durch die Fa. van Meegen, Vechta

RAPS

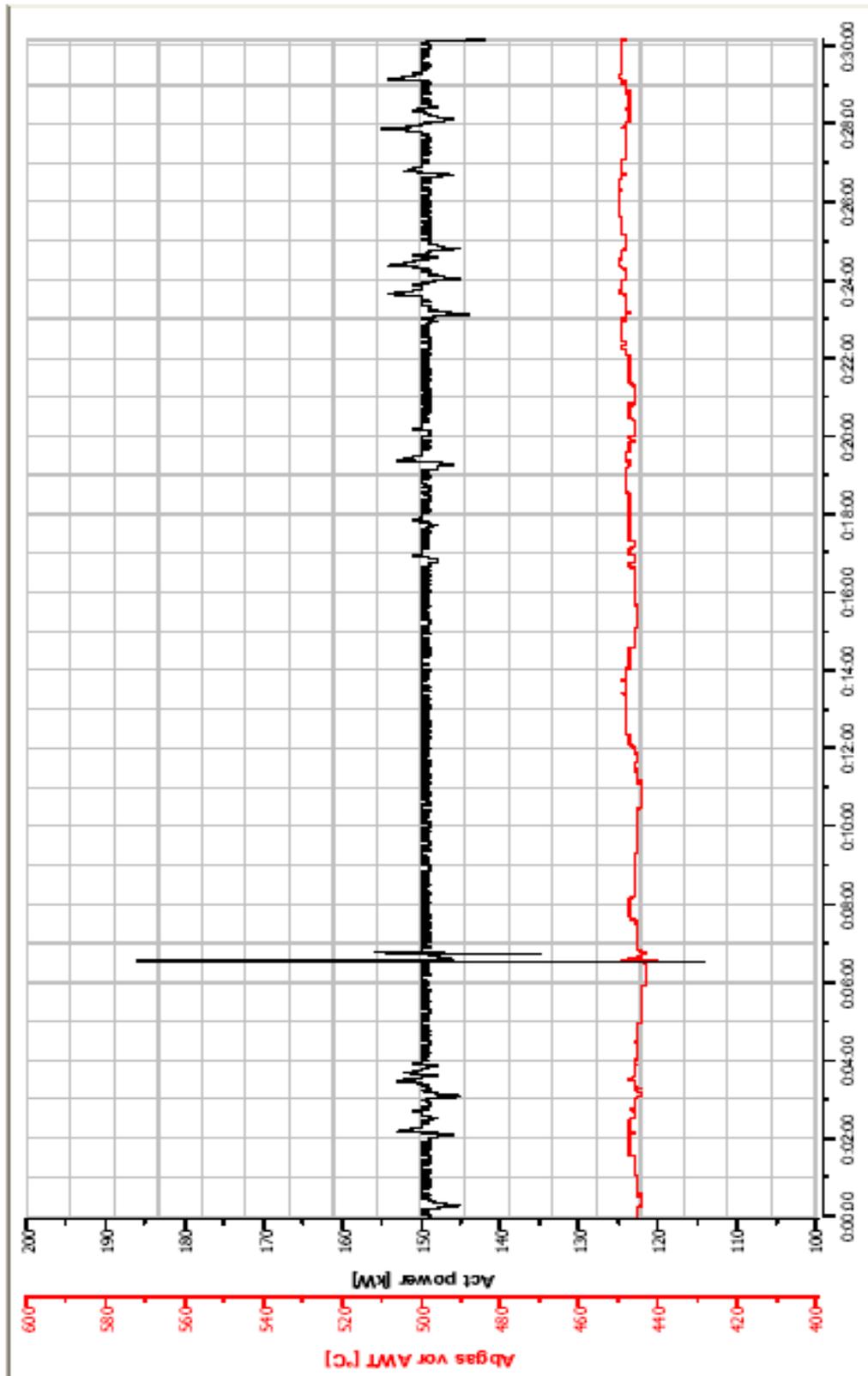


Abb. 1: Leistungs- und Abgastemperatur-Kurve des BHKW-Motors (bereitgestellt durch Fa. van Meegen, Vechta) während des Versuchs 1

Mischung RAPS:Wasser 1:1

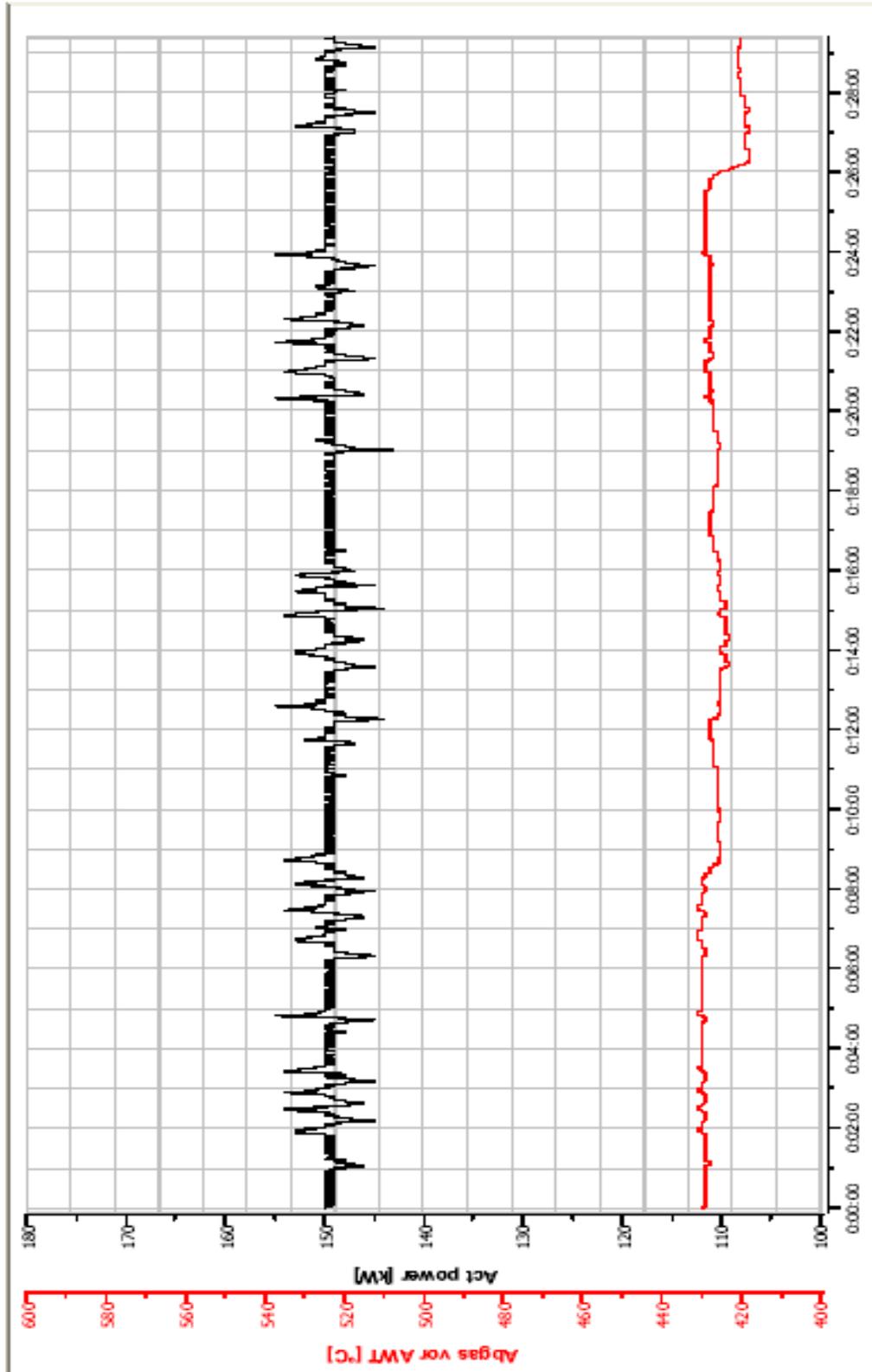


Abb. 2: Leistungs- und Abgastemperatur-Kurve des BHKW-Motors (bereitgestellt durch Fa. van Meegen, Vechta) während des Versuchs 2

Mischung RAPS:Wasser 1:3

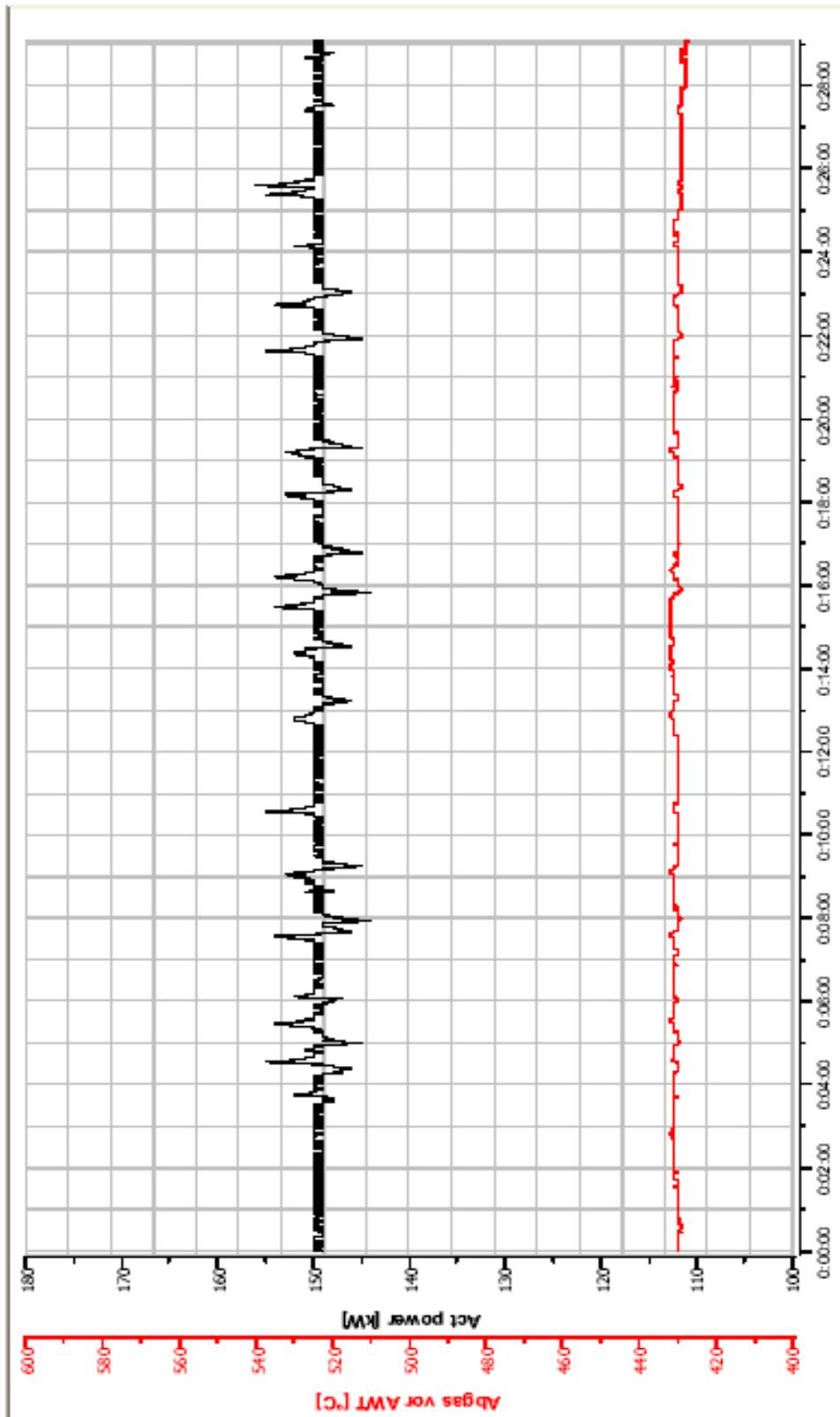


Abb. 3: Leistungs- und Abgastemperatur-Kurve des BHKW-Motors (bereitgestellt durch Fa. van Meegen, Vechta) während des Versuchs 3

Anlage 2: Fotodokumentation Pflanzenölgemischherstellung



Bild 1: Entnahme Rapsöl



Bild 2: Vorlagebehälter mit Wirbelwandler zur Herstellung des egm-Kraftstoffes



Bild 3: Vorlagebehälter mit Pumpsystem zur Herstellung des egm-Kraftstoffes

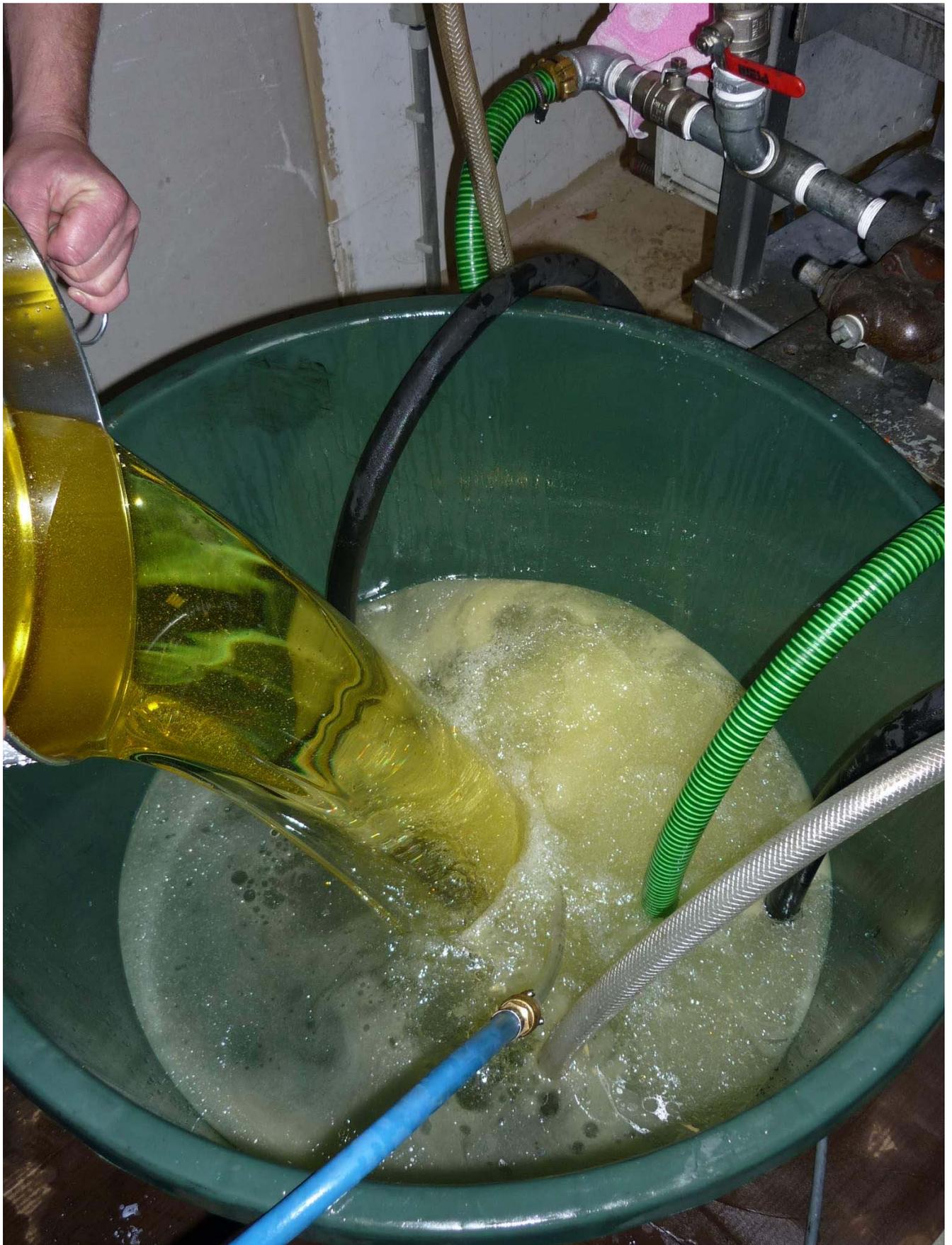


Bild 4: Rapsölaufgabe in den Vorlagebehälter



Bild 5: Beginn des Mischvorgangs bei der Herstellung des egm-Brennstoffes

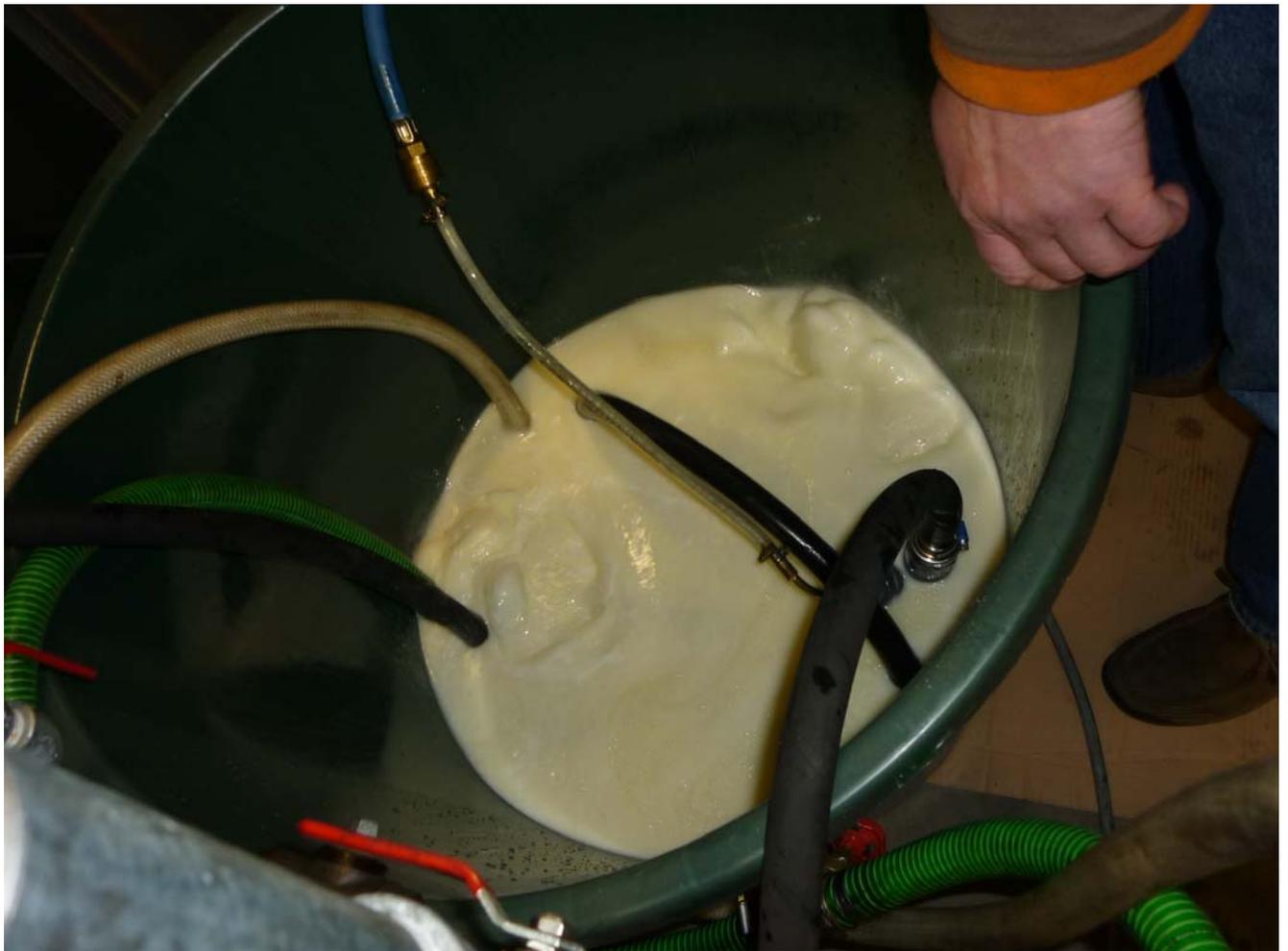


Bild 6: zum Ende des Mischvorgangs bei der Herstellung des egm-Brennstoffes



Bild 7: Umfüllen des egm-Brennstoffes in Kleingebinde



Bild 8: Ansicht des Kraftstoff-Aufgabesystems in die Kraftstofffördereinheit (Der Verbrauch an egm-Kraftstoff wurde mit einer Waage bestimmt)



Bild 9: Kraftstofffördereinheit mit Kraftstoffpumpe, Vorwärmung (Kupferrohre zur Warmwasserversorgung) und Kraftstofffilter.



Bild 10: Detailansicht Kraftstofffördereinheit; hier Blick in den offenen Vorwämer mit dem Einfüllrohr (links) und den beiden Füllstandskontakten



Bild 11: Spülen der Kraftstoffleitung; das gesamte Leitungssystem wurde mit den jeweiligen Kraftstoffen gespült. Im Bild ist die Probenahmestelle an der Kraftstoffrücklaufleitung zu sehen.

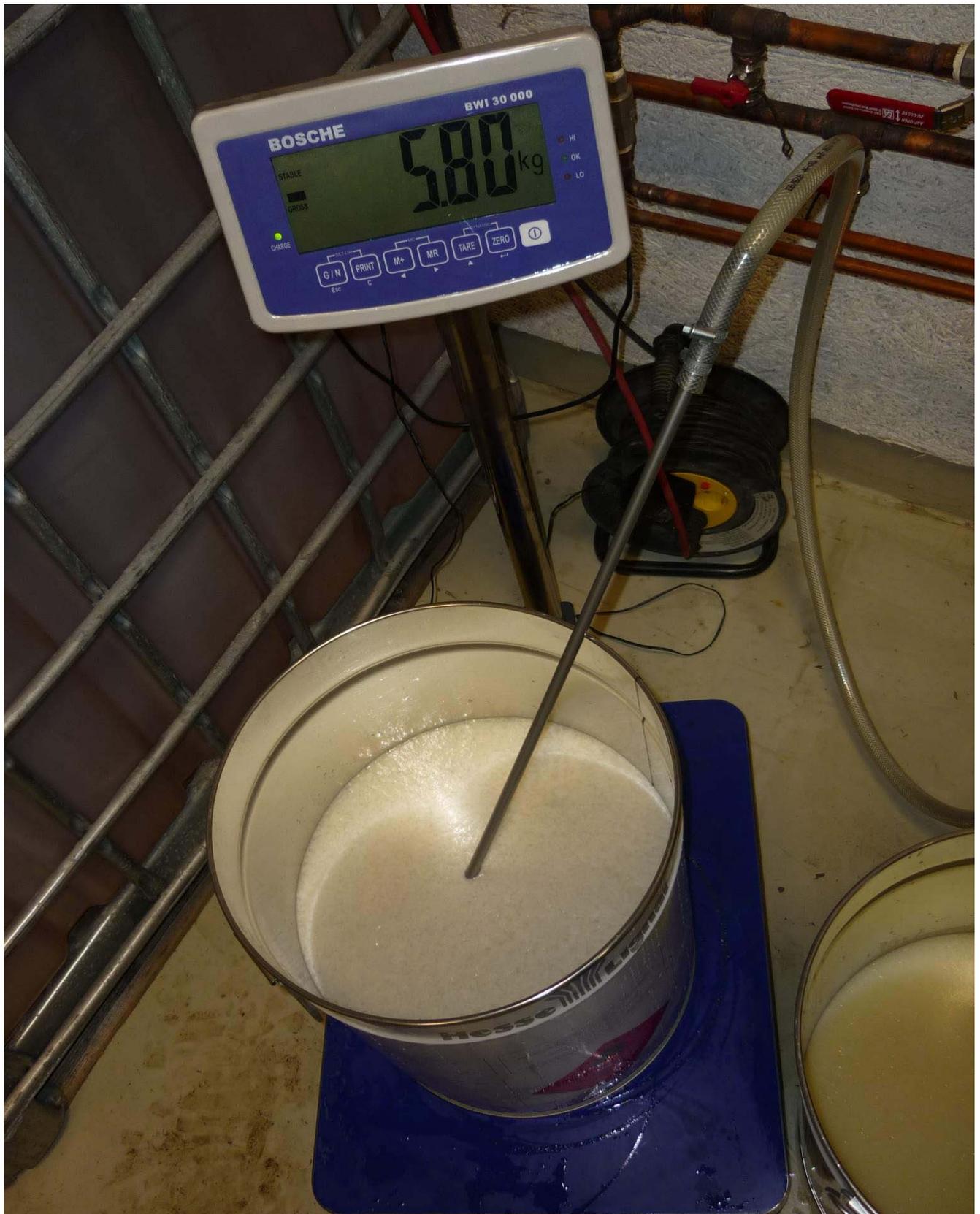


Bild 12: Entnahme des egm-Brennstoffes mittels Lanze aus dem Kleingebinde während des Versuches

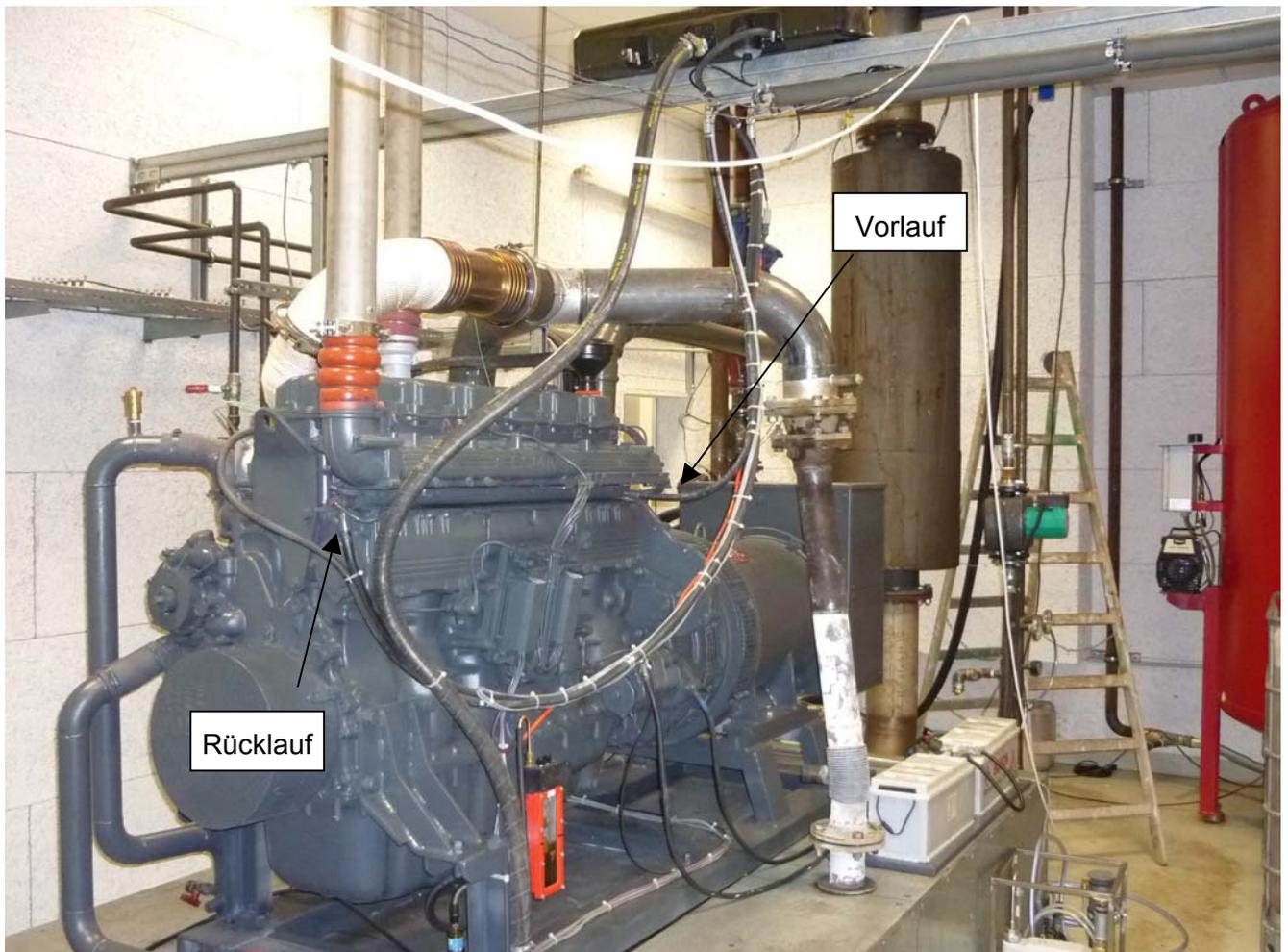


Bild 13: Ansicht Motor mit beheizter Zu- und Rücklaufleitung



Bild 14: Probenahmestelle zur kontinuierlichen Ermittlung der Luftschadstoff-Konzentrationen sowie Abgasvolumenstrom

Anlage 3: Grafiken der gemessenen Schadstoffkonzentrationen im BHKW-Abgas

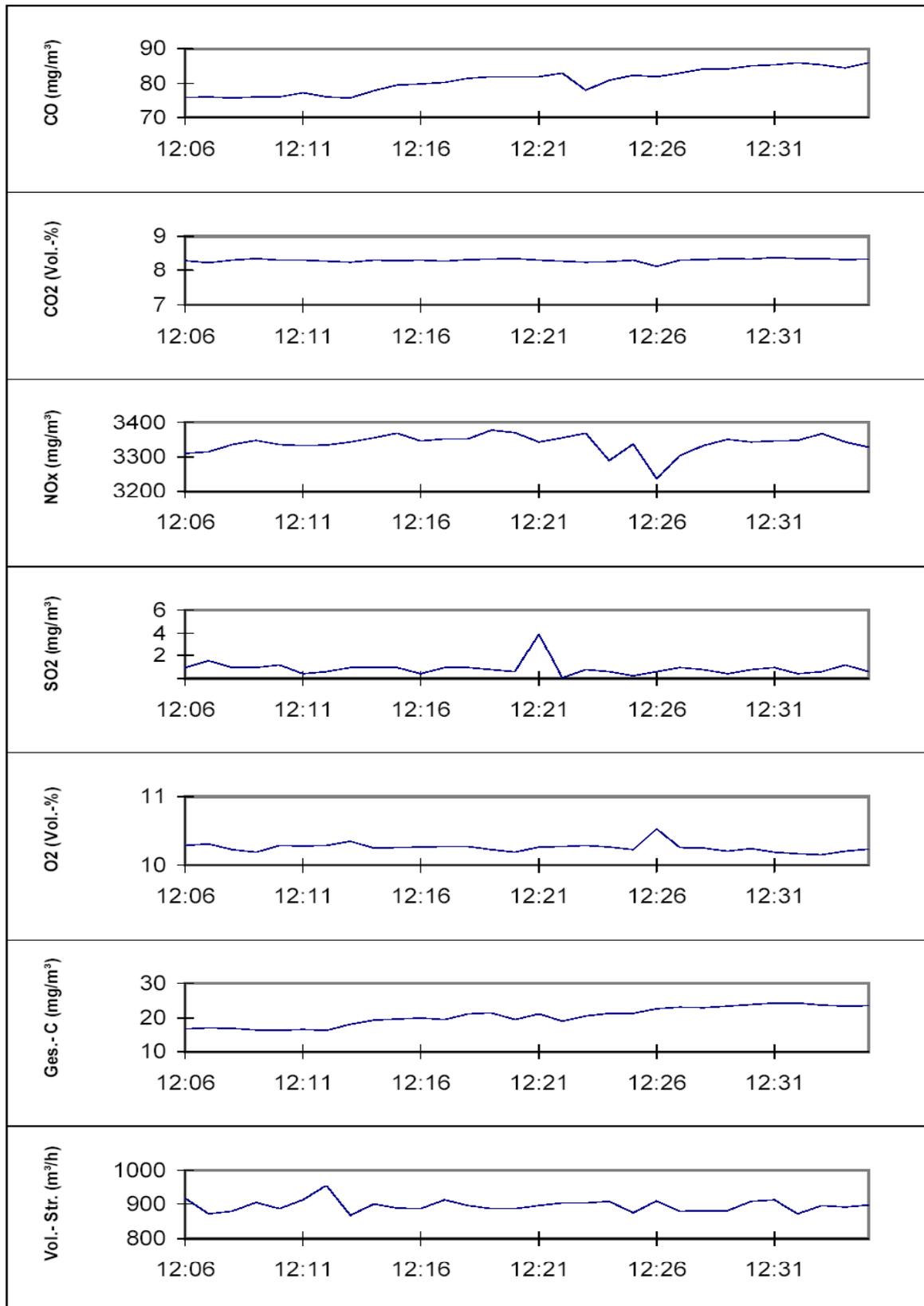


Abb. 1: Verlauf der gemessenen Schadstoffkonzentrationen im BHKW Abgas (Versuch 1)

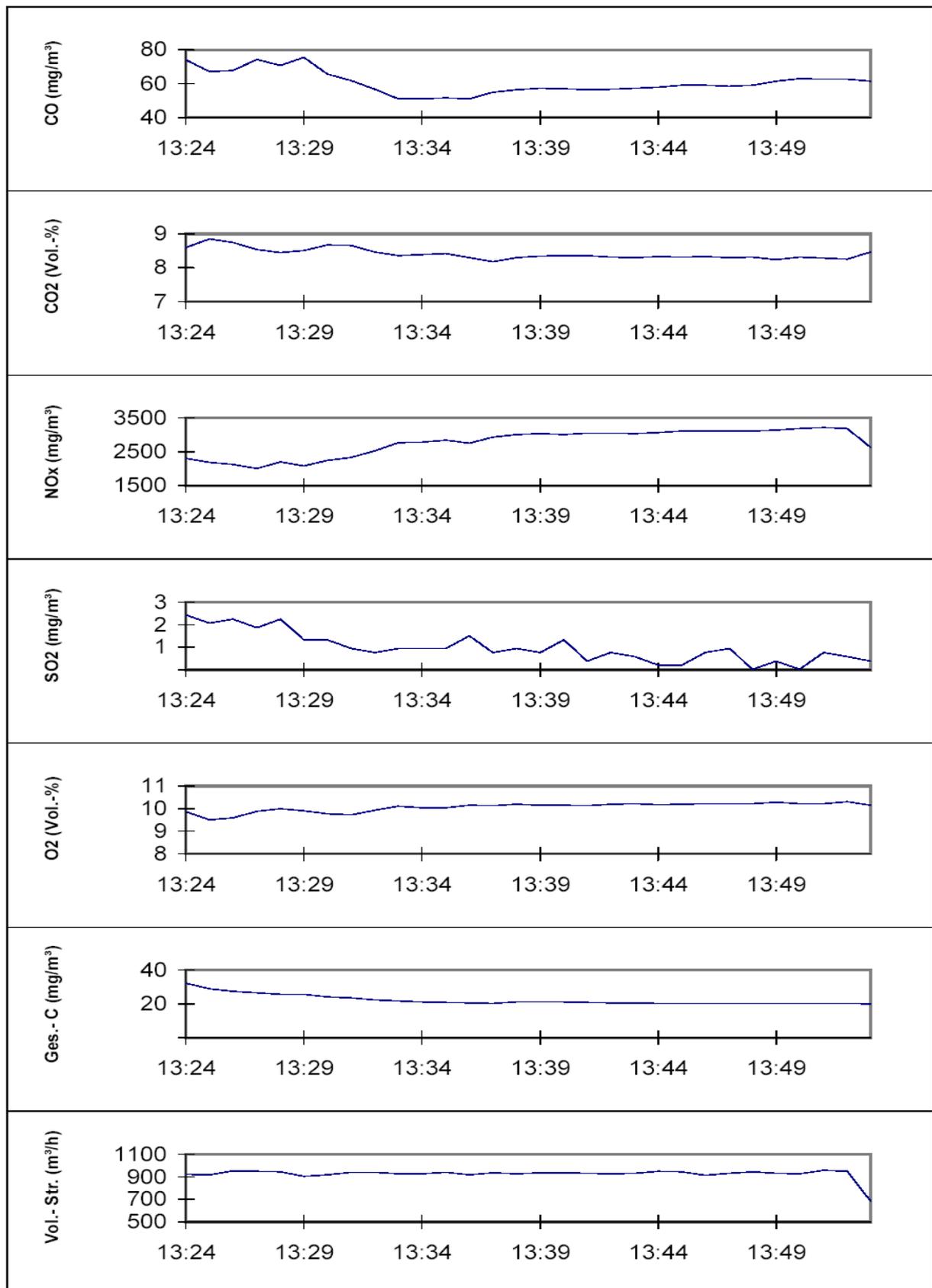
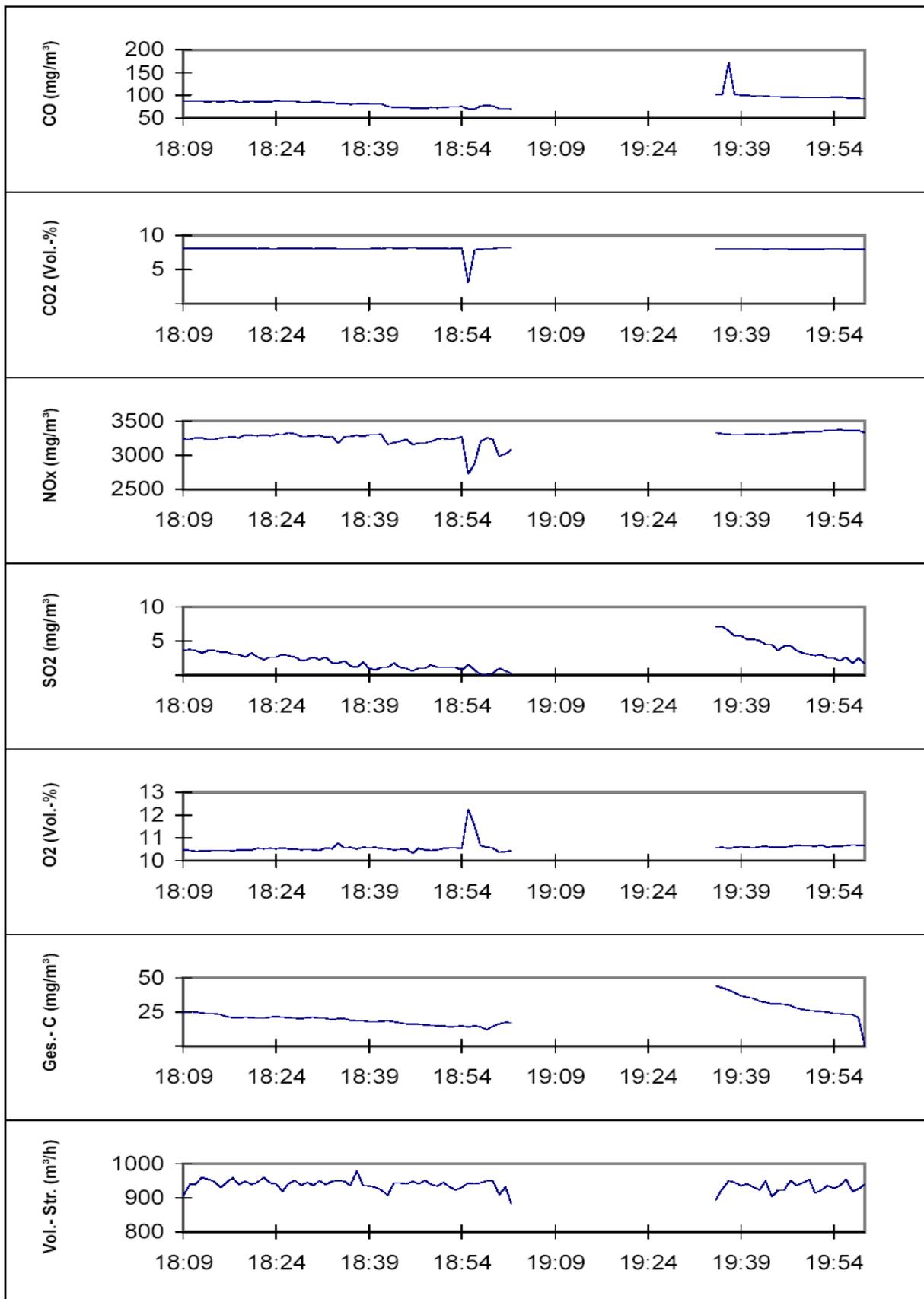


Abb. 2: Verlauf der gemessenen Schadstoffkonzentrationen im BHKW Abgas (Versuch 2)



Bemerkung: Unterbrechung von 19:02 Uhr bis 19:35 Uhr durch elektronische Motorabschaltung

Abb. 3: Verlauf der gemessenen Schadstoffkonzentrationen im BHKW Abgas (Versuch 3)