



**HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG
DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE E. V.**



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14520-01-00

Die Messstelle der HVG ist von der DAkkS
nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert

Bericht Nr. 3076 der HVG

über

Emissionsmessungen an Anlagen zur Herstellung keramischer Erzeugnisse

Name des akkreditierten Prüflabors:	Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e. V.
Befristung der Bekanntgabe nach §29b BImSchG:	27. Juni 2026
Betreiber:	Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG
Standort:	Rheinstraße 113-120 56235 Ransbach-Baumbach
Anlage:	Anlage zur Herstellung keramischer Erzeugnisse (Blumentöpfe)
Auftragsnummer:	Auftrag per E-Mail [REDACTED]
Auftragsdatum:	15.10.24
Art der Messung:	Emissionsmessungen nach §28 BImSchG
Zeitraum der Messungen:	08.05.2025
Berichtsumfang:	25 Seiten Anlagen (7 Seiten)
Berichtsdatum:	10. Juli 2025
Aufgabenstellung:	Im Auftrag der Firma Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG waren im Reingas der Filteranlage des Herdwagenofens Emissionsmessungen nach §28 BImSchG durchzuführen.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

Zusammenfassung

Anlage	Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse (einschließlich Anlagen zum Blähen von Ton) mit einer Produktionskapazität von 75 Tonnen oder mehr je Tag gemäß Ziffer 2.10.1 der 4. BImSchV.
Betriebszeiten	Maximal 12 Stunden / Tag an 21 Tagen im Monat
Emissionsquelle(n)	Kamin des Herdwagenofens
Quellennummer	Nicht bekannt
Messkomponenten	Gesamtstaub, NO _x , SO ₂ , HF
Betriebszustand	Der Herdwagenofen wurde im Normalzustand betrieben. Die Brennleistung betrug 94 % der maximal möglichen Brennleistung.

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Herdwagenofen

Komponente	Einheit	Maximaler Messwert		Grenzwert
		Abzgl. erw.	Zzgl. erw.	
		doppelter Messunsicherheit *)		
Gesamtstaub	[mg/m ³]	7	9	40
NO _x	[mg/m ³]	29	49	350
SO ₂	[mg/m ³]	0	42	500
HF	[mg/m ³]	0	2	5

(Volumenstromangaben sind bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand und 17% Bezugssauerstoff)

*) Der Wert für die Messunsicherheit wurde jeweils verdoppelt, um der nicht idealen Messstelle Rechnung zu tragen.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Messaufgabe	4
2 Beschreibung der Anlage und der gehandhabten Stoffe	6
2.1 Bezeichnung der Anlage	6
3 Beschreibung der Probenahmestellen	8
4 Messverfahren für die Vergleichsmessungen	10
4.1 Abgasrandbedingungen	10
4.2 Automatische Messverfahren	12
4.3 Manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen	13
4.4 Messverfahren für partikelförmige Emissionen	15
4.5 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u.Ä.)	16
4.6 Geruchsemissionen	16
5 Betriebszustand der Anlagen während der Messungen	17
5.1 Produktionsanlagen	17
5.2 Abgasreinigungsanlagen	17
6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion	18
6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen	18
6.2 Messergebnisse	18
6.2.1 Abgasdaten	18
6.2.2 Partikelförmige Emissionen	19
6.2.3 NO _x -Emissionen	20
6.2.4 SO ₂ -Emissionen	21
6.2.5 HF-Emissionen	22
6.2.6 Zusammenstellung der Messergebnisse	23
6.3 Messunsicherheiten	24
6.4 Diskussion der Ergebnisse	25
7 Anlagenübersicht	A1-A6

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

1 Messaufgabe

1.1 Auftraggeber

Name: Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG
Anschrift: Rheinstraße 113 – 120
56235 Ransbach-Baumbach

1.2 Betreiber

Name: Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG
Anschrift: Rheinstraße 113 – 120
Ansprechpartner / Telefon: 

1.3 Standort

Anschrift: Rheinstraße 113 – 120
56235 Ransbach-Baumbach

1.4 Anlage

Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse (einschließlich Anlagen zum Blähen von Ton) mit einer Produktionskapazität von 75 Tonnen oder mehr je Tag, gemäß Ziffer 2.10.1 der 4. BImSchV.

Betriebsstätten- oder Arbeitsstätten-Nr.: Nicht bekannt
Anlagennummer gemäß Genehmigung: 266719
Anlagennummer gemäß 4. BImSchV: 2.10.1

1.5 Datum der Messung

Datum der Messung: 08.05.2025
Datum der letzten Messung: 16.08.2022
Datum der nächsten Messung: Mai 2028

1.6 Anlass der Ermittlungen

Wiederkehrende Emissionsmessung nach §28 BImSchG.

1.7 Aufgabenstellung

Im Auftrag der Firma Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG waren im Reingas der Filteranlage des Herdwagenofen Emissionsmessungen nach §28 BImSchG durchzuführen.

Genehmigungsbehörde: Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord RLP
Bescheid Az.: 23/01/5.1/2016/0142 BI/DI vom 07.09.2016

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

Relevante Emissionsgrenzwerte gemäß Bescheid (Auszüge)

1. Gesamtstaub: 40 mg/m³
2. NO_x: 350 mg/m³
3. SO₂: 500 mg/m³
4. HF: 5 mg/m³

Die Messwerte sind auf Abgas mit 273 K und 101,3 kPa mit einem Volumengehalt an Sauerstoff von 17% zu beziehen.

Für die Zeiten, in denen der Sauerstoffgehalt unter dem Bezugswert liegt, ist für HF keine Umrechnung auf den Bezugssauerstoffgehalt durchzuführen

1.8 Messkomponenten

Abgasrandbedingungen

O₂, Temperatur, Druck, Geschwindigkeit, Feuchte

Emissionskomponenten

1. Gesamtstaub
2. Stickstoffoxide (NO_x, angegeben als NO₂)
3. Schwefeldioxid (SO₂)
4. gasförmige Fluor-Verbindungen (HF)

1.9 Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

- ☒ durchgeführt am: 07.11.2024
☐ nicht durchgeführt

1.10 Messplanabstimmung

Der Messplan wurde mit der Betriebsleitung der Fa. Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG abgestimmt. Die Durchführung der Probenahme erfolgte nach der von der HVG bei vergleichbaren Anlagen erprobten Vorgehensweise.

Der Messtermin wurde dem Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LFU) fristgerecht mitgeteilt.

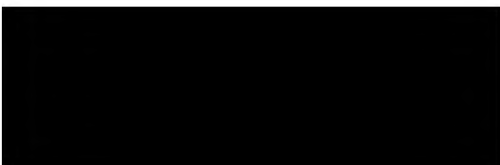
1.11 An der Messung beteiligte Personen

Name	Funktion
	Projektleiter
	Projektingenieur

1.12 Beteiligung weiterer Institute

Keine.

1.13 Fachlich verantwortlich



HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

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

Anlage zum Brennen keramischer Erzeugnisse (einschließlich Anlagen zum Blähen von Ton)

2.2 Beschreibung der Anlagen

Die Firma Spang GmbH & Co. KG betreibt auf ihrem Betriebsgelände einen gasbefeuerter Herdwagenofen zum Glasurbrand von bereits in den anderen Brennanlagen vorgebrannten Blumentöpfen und Schalen. Das zu brennende Gut wird in den Ofen gefahren und anschließend bis zur Haltetemperatur von 1050°C über mehrere Stunden aufgeheizt. Das Brenngut verbleibt für einige Stunden bei dieser Temperatur und wird anschließend zur Entnahme wieder abgekühlt. Die Abgase des Herdwagenofens werden vereinigt und mittels eines Saugzugventilators einem Schüttgutfilter zur Abscheidung saurer Bestandteile, insbesondere von Fluorverbindungen, zugeführt. Nach dem Passieren dieser Filteranlage gelangen die Abgase über einem Abgaskanal zu einem Stahlkamin ins Freie.

Der Schüttgutfilter ist mit Kreide des Typs Reasorb TAV 3-7 mm der Firma Vereinigte Kalkwerke Dammann gefüllt. Die Dosierung des Sorptionsmittels wird über den Durchsatz an Brenngut geregelt. Das reagierte Korn dieser Kreide wird nach Verlassen der Reaktionsstrecke ausgeschleust und deponiert.

Die Anlage wird diskontinuierlich betrieben.

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG / Ransbach-Baumbach

		Herdwagenofen
Hersteller		Forni Ficola, Italien
Baujahr		1991
Abmessungen des Ofenkanals (L x B x H)	[m]	9,00 x 3,00 x 1,50
Nutzbarer Rauminhalt	[m ³]	28
Gesamter Rauminhalt	[m ³]	40,5
Wagen im Ofen	[Stk]	8
Brenngut		Schalen glasiert
Spezifisches Besatzgewicht	[kg/m ³]	380
Totales Besatzgewicht	[t]	10,60
Temperatur Brennzone	[°C]	1100
Feuerungswärmeleistung	[GJ/h]	5,5
Spezifischer Wärmebedarf	[kJ/kg]	2100

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

2.3 Beschreibung der Emissionsquelle(n) nach Betreiberangaben

Bezeichnung der Emissionsquelle: Abgaskamin
 Höhe über Grund: 18 m
 Austrittsfläche: Nicht bekannt
 UTM-Koordinaten: 32U 409601 5590435
 Bauausführung: Stahlkamin, rund, offene Abströmung

2.4 Angabe der laut Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe

Glasurware, Erdgas

2.5 Betriebszeiten nach Betreiberangaben

maximal 12 Stunden / Tag an 21 Tagen im Monat / 2700 h/a

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

Eine besondere Anlage zur Erfassung der Emissionen existiert nicht.
Es handelt sich um ein geschlossenes Abgassystem.

2.6.1.2 Ventilatorckenndaten

Piller, Osterode	
Typ	7347 RK 40630
Baujahr	1984
Leistung	18,5 kW
Volumenstrom	25920 [m³/h]

2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen

Fluoradsorber	
Hersteller	Heitling, Meile
Bauart	Schütttschichtfilter, rund
Typ	2-40-8
Baujahr	1984
Absorbermaterial	Kreide, Typ Reasorb TAV 3-7 mm
Wartung	wartungsfrei

2.6.3 Einrichtung zur Verdünnung des Abgases

Eine gezielte Verdünnung findet nicht statt.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

3 Beschreibung der Probenahmestellen

3.1 Messstrecke und Messquerschnitt

3.1.1 Lage und Abmessungen

Die Messstelle befindet sich im Reingas in ca. 2 m Höhe, etwa 2 m nach Austritt aus der Filteranlage und direkt an der Hallenwand von Werk 2 in einem horizontal verlaufenden Teilstück des Abgaskanals.

Empfehlung $\geq 5 \cdot D_h$ Einlauf und $2 \cdot D_h$ Auslauf ($5 \cdot D_h$ vor Mündung):

☒ erfüllt ☐ nicht erfüllt

Die Einlaufstrecke ist kleiner als der fünffache hydraulische Durchmesser.

Die Auslaufstrecke ist größer als der zweifache hydraulische Durchmesser.

Abmessungen:

Innendurchmesser: 0,63 m Querschnittsfläche: 0,312 m²

3.1.2 Arbeitsfläche und Messbühne

Die Messstelle befindet sich in etwa 3 m über dem Hallenboden und ist über ein kleines Podest zu erreichen. Der Traversierraum ist ausreichend bemessen.

3.1.3 Messöffnungen

An der Reingasmessstelle stehen zwei um 90° versetzt angeordnete 1"-Stutzen sowie ein 4"-Stutzen zur Verfügung. Nur der 4"-Stutzen steht für eine Staubmessung zur Verfügung.

3.1.4 Strömungsbedingungen im Messquerschnitt

Winkel des Gasstroms zur Mittelachse des Abgaskanals $< 15^\circ$:

☒ erfüllt ☐ nicht erfüllt

Keine lokale negative Strömung:

☒ erfüllt ☐ nicht erfüllt

Höchste / niedrigste örtliche Geschwindigkeit im Messquerschnitt $< 3:1$:

☒ erfüllt ☐ nicht erfüllt

Mindestgeschwindigkeit (in Abhängigkeit vom verwendeten Messverfahren):

☒ erfüllt ☐ nicht erfüllt

3.1.5 Zusammenfassende Beurteilung der Messbedingungen

Messbedingungen nach DIN EN 15259:2008:

☒ erfüllt ☐ nicht erfüllt

Ergriffene Maßnahmen:

Verdoppelung der erw. Messunsicherheit.

Zu erwartende Auswirkungen auf das Ergebnis:

Keine.

Empfehlungen und Hinweise zur Verbesserung der Messbedingungen:

Anbringen von zwei 3" Messstutzen, um 90° versetzt.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

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

Punkt	Position der Messpunkte [cm]	
	Achse 1	Achse 2 / 90 °versetzt
1	9,2	9,2
2	53,8	53,8

3.2.2 Homogenitätsprüfung☐ durchgeführt☒ nicht durchgeführt☐ Fläche Messquerschnitt < 0,1 m²☒ Netzmessung☐ liegt vor

Datum der Homogenitätsprüfung:

Bericht-Nr. / Prüfinstitut:

Ergebnis der Homogenitätsprüfung:

☐ Messung an einem beliebigen Punkt☐ Messung an einem repräsentativen Punkt

Beschreibung der Lage des repräsentativen Punkts:

Entfällt.

3.2.3 Komponentenspezifische Darstellung

Komponente	Anzahl der Messachsen	Anzahl Messpunkte je Messebene	Homogenitätsprüfung durchgeführt	Beliebiger Messpunkt	Repräsentativer Messpunkt
Staub, SO ₂ , HF	1	2	☐	☐	☐
CO, NO _x , O ₂ , CO ₂	1	2	☐	☐	☐
Abgastemperatur	1	1	☐	☐	☒
Abgasvolumenstrom	2	2	☐	☐	☐

An der Messstelle steht nur ein 4“-Stutzen für Staubmessungen zur Verfügung. Entsprechend konnte kein Achswechsel durchgeführt werden.

Bei den kontinuierlich erfassten Komponenten wurde ebenfalls auf einen Achswechsel verzichtet, um ein ungestörtes Emissionsbild zu erhalten.

Um diesen Nachteilen Rechnung zu tragen, wurde die erweiterte Messunsicherheit der entsprechenden Komponenten verdoppelt.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

4 Messverfahren für die Vergleichsmessungen

4.1 Abgasrandbedingungen

Die eingesetzten Messgeräte unterliegen der turnusmäßigen Prüfmittelüberwachung.

4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

Ermittlungsmethode:	DIN EN ISO 16911-1:2013: „Manuelle und automatische Bestimmung der Geschwindigkeit und des Volumenstroms in Abgaskanälen - Teil 1: Manuelles Referenzverfahren.“
Messeinrichtung:	Prandtl'sches Staurohr in Verbindung mit einem elektronischen Mikromanometer vom Typ PVM620 der Firma Airflow Lufttechnik GmbH.
Berechnungsverfahren:	Entsprechend oben genannter Richtlinie
Kontinuierliche Ermittlung:	☐ ja ☒ nein
Messbereich:	0 bis 78,8 m/s

4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin

Messeinrichtung:	Elektronisches Mikromanometer nach 4.1.1
Messbereich:	± 3735 Pa

4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

Messeinrichtung:	Aneroid-Barometer
------------------	-------------------

4.1.4 Abgastemperatur

Messeinrichtung:	Ni-CrNi-Thermoelement (Typ K)
Kontinuierliche Ermittlung:	☒ ja ☐ nein
Messbereich:	0 bis 600 °C

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

4.1.5 Wasserdampfanteil im Abgas (Abgasfeuchte)

Messung des Wasserdampfanteils

Messverfahren:	DIN EN 14790:2017: „Bestimmung von Wasserdampf in Leitungen.“
Messeinrichtung:	Gravimetrische Bestimmung nach Absaugen eines Teilstroms und Absorption an H ₂ O-Molekularsieb 0,3 Å.
Messbereich:	0 bis 100 Gew.-%

Wägung

Klimatisierter Wägebraum:	Ja
Waage:	
Hersteller / Typ:	Shimadzu Typ AP225WD
Ablesbarkeit:	0,01 mg

Berechnung

Entfällt

4.1.6 Abgasdichte

Ermittlungsmethode: Berechnet unter Berücksichtigung der Abgasbestandteile an Sauerstoff, Kohlendioxid, Luftstickstoff und Abgasfeuchte sowie von Abgastemperatur und Druckverhältnissen.

4.1.7 Abgasverdünnung

Ermittlungsmethode:	Entfällt
---------------------	----------

4.1.8 Volumenstrom

Ermittlungsmethode:	Siehe 4.1.1
Querschnittsfläche:	
Ermittlungsverfahren:	Direkte Bestimmung.
Messeinrichtung:	Verwendung einer Metallstange / Markierung des Durchmessers / Feststellen des Durchmessers mittels Zollstocks.
Fläche der Volumenstrom- messeinrichtung zur Querschnittsfläche:	2,585 %

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

4.2 Automatische Messverfahren

4.2.1 Messkomponenten	O ₂	CO ₂	NO _x	CO	SO ₂
4.2.1.1 Messverfahren	Paramagnet. DIN EN 14789:2017	IR ISO 12039:2019	CLD DIN EN 14792:2017	IR DIN EN 15058:2017	IR ISO 7935:1992
4.2.1.2 Analysator	HORIBA PG 350 P				
4.2.1.3 Eing. Messbereiche	0 - 25 %	0 - 20 %	0 - 1000 ppm	0 - 1000 ppm	0 - 1000 ppm
4.2.1.4 Gerätetyp eignungsgeprüft					

HORIBA PG 350 P

- ☒Zertifizierung nach DIN EN 15267-4
- ☐Zertifizierung nach DIN EN 15267-3
 - ☐Einsatzfähigkeit des Geräts für den mobilen Einsatz wurde verifiziert
- ☐Eignungsprüfung auf Basis der BEP ohne Zertifizierung
 - ☐Einsatzfähigkeit des Geräts für den mobilen Einsatz wurde verifiziert

Die Verfahrenskenngrößen der kontinuierlichen Analysatoren erfüllen die Anforderungen der jeweiligen Regelwerke.

4.2.1.5 Probenahme und Probenaufbereitung

Entnahmesonde:

Beheizt: Auf Abgastemperatur
 Maximale Eintauchtiefe: 0,12 m

Staubfilter:

Beheizt: Auf Abgastemperatur

Probegasleitung vor Gasaufbereitung:

Beheizt: 160 °C
 Länge: ~ 5 m

Probegasleitung nach Gasaufbereitung:

Länge: ~ 27 m

Messgasaufbereitung:

Messgaskühler: M&C Products GmbH, Ratingen
 Typ: PSS 5
 Temperaturregelung auf: 3 °C

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

4.2.1.6 Überprüfung von Null- und Referenzpunkt mit Prüfgasen

	Komponente	Konzentration	Rel. Unsicherheit	Einheit	Hersteller	Gültig bis
Mischgas	NO	800,9	± 2%	ppm	Basi Schöberl GmbH & Co. KG	10.10.2027
	O ₂	15,05	± 2%	Vol-%		10.10.2027
	CO ₂	14,93	± 2%	Vol-%		
	CO	758,7	± 2%	ppm		
	SO ₂	748,4	± 2%	ppm		

Prüfgase für Emissionskomponenten werden vor der Freigabe zum Messeinsatz mit DKD-Prüfgasen kontrolliert. Der Sauerstoffgehalt des O₂-Prüfgases wird nach der Justierung mit Umgebungsluft kontrolliert. Arbeitstäglich wird justiert, verifiziert und auf Dichtigkeit geprüft.

Verifizierung

Datum	Komponente	Einheit	Sollwert	Nach Messung	Abweichung [%]*)
08.05.2025	NO	ppm	0	0	0
			801	800	- 0,12
	O ₂	Vol.-%	0,00	0,04	0,13
			15,05	15,03	- 0,13
	CO	ppm	0	0	0,00
			759	756	- 0,40

*) Bezogen auf die Prüfgaskonzentration

4.2.1.7 Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Die Null- und Prüfgase werden den Messgeräten jeweils über die Messgasaufbereitung zugeführt. Die Dichtheit des Systems wird überprüft, indem Stickstoff am Eingang des Sondenkopfes aufgegeben wird. Die Totzeit des Probengases beträgt bei den Analysatoren maximal 30 s, die 90 %-Einstellzeit beträgt maximal 115 s.

4.2.1.8 Messwerterfassungssystem

Kontinuierlich mit digitaler Messdatenerfassungsanlage

Hersteller / Typ: iba AG / ibaW-750

Erfassungsprogramm: ibaPDA v8.4.3

Auswerteprogramm: ibaAnalyzer Software v8.1.1

Ausgabe der Momentan- und Mittelwerte frei wählbar.

4.3 Manuelle Messverfahren für gas- und dampfförmige Emissionen

4.3.1 Messkomponenten

SO₂, HF

4.3.1.1 Messverfahren

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

SO ₂ :	DIN EN 14791:2017: „Bestimmung der Massenkonzentration von Schwefeldioxid, Referenzverfahren“
HF:	VDI Richtlinie 2470, Blatt 1:1975: „Messen gasförmiger Fluorverbindungen, Absorptionsverfahren“

4.3.1.2 Probenahme und Probenaufbereitung

Rückhaltesystem für partikelförmige Stoffe

Filtergerät:	Planfilterkopfgerät
Anordnung:	☒ innenliegend im Kanal ☐ außenliegend im Kanal
Filtrationstemperatur:	Abgastemperatur

Entnahmesonde und Absaugeinrichtung

Material Außenwerkstoff:	Titan
Material gasführende Teile:	Titan
Sondentemperatur:	20 °C über Abgastemperatur
Absorptionseinrichtungen:	2 Fritten-Waschflaschen (Fritte D2)
Sorptionsmittel:	2 * 100 ml 1 %-ige H ₂ O ₂ -Lösung *)
Abstand Sondenspitze und Sorptionsmittel:	~ 1,0 m
Absaugeinrichtung:	Gasprobenahmekoffer
Zeitraum zwischen Probenahme und Analyse:	~1 Wochen

*) Die Probenahme und Analyse von HCl und HF in H₂O₂-Lösung wurde im Rahmen der Reakkreditierung der HVG im Jahr 2016 verifiziert. Die Messergebnisse sind in die Bestimmung der Messunsicherheiten eingeflossen.

4.3.1.3 Analytische Bestimmung

Analyseverfahren

SO ₂ :	Titration mit 0,005 molarer Ba(ClO ₄) ₂ -Lösung mit Thorin als Indikator
HF:	Analyse mit ionenselektiver Elektrode

Aufbereitung des Probenmaterials

Gemäß entsprechenden Richtlinien.

Analysengeräte

SO ₂ :	Dosimat 655 der Firma Metrohm
HF:	pH/ISE-Messgerät, Typ: InoLab pH/ION 7320 der Firma WTW / Xylem Analytics Germany Sales GmbH & Co. KG, Weilheim

Fertig-Standardlösungen

Z.B. Fa Merck, Darmstadt / AnalytiChem GmbH, Oberhausen.

Beteiligung eines Fremdlabors

Nein.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

4.4 Messverfahren für partikelförmige Emissionen

4.4.1 Messkomponenten

Gesamtstaub

4.4.1.1 Messverfahren

Gravimetrische Ermittlung der Staubbeladung in strömenden Gasen gemäß DIN EN 13284-1:2018 bzw. nach VDI-Richtlinie 2066, Blatt 1:2021.

Grundlage des Verfahrens

Unter isokinetischen Bedingungen wird ein Teilgasvolumen aus dem Hauptvolumenstrom entnommen. Der im Teilgasvolumen enthaltene Staub wird durch ein Rückhaltesystem abgeschieden. Die Staubkonzentration wird zeit- und volumenbezogen gravimetrisch bestimmt.

4.4.1.2 Probenahme und Probenaufbereitung

Rückhaltesystem für partikelförmige Stoffe

Filtergerät:	Titan-Planfilterkopf
Anordnung:	☒ innenliegend im Kanal ☐ außenliegend im Kanal
Filtrationstemperatur:	Abgastemperatur
Krümmen zw. Entnahmesonde und Filtergehäuse:	☒ Ja ☐ Nein
Entnahmesonde / Absaugrohr:	
Wirkdurchmesser:	8 mm
Material:	Titan
Filter:	
Durchmesser:	50 mm
Material:	Quarzfaser

Absaugeinrichtung

Hersteller:	Firma Bronkhorst HighTech B. V.
Typ:	MASS-STREAM D-6361/002BI MFC
Fühler/Regler:	Thermischer Direktstrom-Massendurchflussregler
Pumpe:	Drehzahlgeregelte Drehschieberpumpe
Volumenstromkontrolle:	Messblende in Verbindung mit Schrägrohrmanometer / Gasmengenzähler (trockene Gasuhr) / Manometer für Absolutdruck / Temperaturmessgerät

Absorptionssystem für filtergängige Stoffe

Entfällt.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

4.4.1.3 Behandlung der Filter und der Ablagerungen

Trocknungstemperatur und Trocknungszeit der Filter:

Vor Beaufschlagung: 180 °C, 1 Stunde

Nach Beaufschlagung: 160 °C, 1 Stunde

Rückgewinnung von Ablagerung vor dem Filter:

☐ Ja

☒ Nein, weil: Es waren keine Ablagerungen erkennbar

Wägung: Im Labor (klimatisierter Wägeraum)

Waage: Shimadzu Typ AP225WD

Ablesbarkeit: 0,01 mg

4.4.1.4 Aufbereitung und Analyse der Filter und der Absorptionslösungen

Entfällt.

4.5 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe (PCDD/PCDF u.Ä.)

Entfällt.

4.6 Geruchsemissionen

Entfällt.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

5 Betriebszustand der Anlagen während der Messungen

Nach Angaben der Betriebsleitung der Firma Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG lagen die folgenden Betriebsdaten vor:

5.1 Produktionsanlagen

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Datum: 08.05.2025

	Herdwagenofen
Betriebsweise	Normalbetrieb (Programm „Schnell“) Aufheizgase: 9 Std
Besatzgewicht	Gesamtgewicht 8,742 t; (Herdwagen gefüllt)
Einsatzstoffe	Glasurware
Brennstoff	Erdgas H
Max. Ofentemperatur	1024 °C
Produkte	Glasurware
Gasverbrauch von 04.00-14.30	701,8 m ³

Abweichungen von genehmigter bzw. bestimmungsgemäßer Betriebsweise: keine
Besondere Vorkommnisse: keine

5.2 Abgasreinigungsanlagen

Adsorbens:	Kreide, Typ Reasorb 3-7 mm
Unterdruck:	k. A.
Betrieb:	Normal einschl. diskontinuierliche Umwälzung des Sorptionsmittels
Kreidedurchsatz RR:	10 - 15 kg/h (abhängig von der Schubleistung)
letzte Wartung:	Entfällt, da wartungsfrei

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6 Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

6.1 Bewertung der Betriebsbedingungen während der Messungen

Während der Messung wurde der Herdwagenofen nach Betreiberangaben unter Normalbedingungen und unter betriebsüblicher Vollast bei einer maximalen Brenntemperatur von 1024°C betrieben. Die Brennleistung betrug für den Herdwagenofen 94% der maximale möglichen Brennleistung (bezogen auf den Besatz).

Die Forderung der Ziffer 5.3.2.2 der TA-Luft, wonach die Messdurchführung zum Zeitpunkt der höchsten Emission erfolgen soll, war somit erfüllt.

6.2 Messergebnisse

6.2.1 Abgasdaten

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Datum: 08.05.2025

Herdwagenofen		
Mittlerer O ₂ -Gehalt	[Vol.-%]	18,3
Mittlerer CO ₂ -Gehalt	[Vol.-%]	1,5
Mittlere Abgasfeuchte, bez. auf trockenes Abgas	[kg/m ³]	0,0258
Mittlere Dichte der feuchten Abgase	[kg/m ³]	1,284
Mittlere Abgastemperatur	[°C]	140
Mittlere Abgasgeschwindigkeit	[m/s]	13,16
Mittlerer Abgasvolumenstrom		
- trocken, gemessen	[m ³ /h]	9152
- feucht, gemessen	[m ³ /h]	9446
Überdruck im Abgaskanal	[mbar]	2,1
Barometerstand	[mbar]	978

(Volumenstromangaben sind bezogen auf Normzustand)

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6.2.2 Partikelförmige Emissionen

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Reingas Herdwagenofen

Datum: 08.05.2025

Uhrzeit	O ₂ -Gehalt [Vol.-%]	Gesamtstaub		
		Gemessen [mg/m ³]	normiert [mg/m ³]	Emissionen [kg/h]
12.00-12.30	18,3	5,5	8,1	0,0503
12.40-13.10	18,3	0,1	0,1	0,0008
13.30-14.00	18,6	4,2	7,0	0,0386
Mittelwert	18,4	3,4	5,1	0,0299
Maximalwert	18,6	5,5	8,1	0,0503

Mittlerer Abgasvolumenstrom: 9152 m³/h

(Volumenangaben sind bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand)

Anmerkung: Die Anlage wurde um 14.30 Uhr heruntergefahren. Entsprechend konnten die geplanten 6 diskontinuierlichen Messungen nicht durchgeführt werden. Eine gestartete 4. Messung musste entsprechend abgebrochen werden.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6.2.3 NO_x-Emissionen

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Reingas Herdwagenofen

Datum: 08.05.2025

Uhrzeit	O ₂ -	NO _x		
	Gehalt [Vol.-%]	Gemessen [mg/m ³]	normiert [mg/m ³]	Emission [kg/h]
10.30-11.00	18,7	22	38	0,20
11.00-11.30	18,5	24	38	0,22
11.30-12.00	18,3	26	39	0,24
12.00-12.30	18,3	26	39	0,24
12.30-13.00	18,3	26	39	0,24
13.00-13.30	18,2	26	37	0,24
13.30-14.00	18,6	22	37	0,20
Mittelwert	18,5	24	38	0,22
Maximalwert	19,2	26	39	0,24

*) Berechnet als NO₂

Mittlerer Abgasvolumenstrom: 9152 m³/h

(Volumenangaben sind bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand)

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6.2.4 SO₂-Emissionen

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Reingas Herdwagenofen

Datum: 08.05.2025

Uhrzeit	O ₂ -Gehalt [Vol.-%]	SO ₂		
		Gemessen [mg/m ³]	normiert [mg/m ³]	Emissionen [kg/h]
12.00-12.30	18,3	10,7	15,8	0,098
12.40-13.10	18,3	11,3	16,8	0,104
13.30-14.00	18,6	11,3	18,9	0,104
Mittelwert	18,4	11,1	17,1	0,102
Maximalwert	18,6	11,3	18,9	0,104

Mittlerer Abgasvolumenstrom: 9152 m³/h

(Volumenangaben sind bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand)

Anmerkung: Die Anlage wurde um 14.30 Uhr heruntergefahren. Entsprechend konnten die geplanten 6 diskontinuierlichen Messungen nicht durchgeführt werden. Eine gestartete 4. Messung musste entsprechend abgebrochen werden.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6.2.5 HF-Emissionen

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG
Reingas Herdwagenofen
Datum: 08.05.2025

Uhrzeit	O ₂ -Gehalt [Vol.-%]	HF		
		Gemessen [mg/m ³]	normiert [mg/m ³]	Emissionen [kg/h]
12.00-12.30	18,3	0,5	0,8	0,005
12.40-13.10	18,3	0,5	0,8	0,005
13.30-14.00	18,6	0,5	0,9	0,005
Mittelwert	18,6	0,5	0,8	0,005
Maximalwert	18,3	0,5	0,9	0,005

Mittlerer Abgasvolumenstrom: 9152 m³/h

(Volumenangaben sind bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand)

Anmerkung: Die Anlage wurde um 14.30 Uhr heruntergefahren. Entsprechend konnten die geplanten 6 diskontinuierlichen Messungen nicht durchgeführt werden. Eine gestartete 4. Messung musste entsprechend abgebrochen werden.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6.2.6 Zusammenstellung der Messergebnisse

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Reingas Herdwagenofen

Datum: 08.05.2025

	Mittelwerte		
	Gemessen [mg/m ³]	normiert [mg/m ³]	Emission [kg/h]
Staubförmige Emissionen			
Gesamtstaub	3,3	5,1	0,030
Gasförmige Emissionen			
NO _x *)	25	38	0,22
SO ₂	11	17	0,102
HF	0,5	0,8	0,005

*) Berechnet als NO₂

Mittlerer Abgasvolumenstrom: 9152 m³/h

(Volumenangaben sind bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand)

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6.3 Messunsicherheiten

- 1) Doppelbestimmung / Direkter Ansatz nach den Vorgaben der VDI 4219:2009.
- 2) VDI 4219:2009 / Indirekter Ansatz bei Probenahme, direkter Ansatz bei der Analytik.
Beide Teilschritte wurden für das Gesamtverfahren zusammengefügt. Die Berechnung der Messunsicherheiten bei der Probenahme erfolgte unter Berücksichtigung der Varianzermittlung sämtlicher Einflussgrößen.

Komponente	Einheit	Maximaler Messwert $Y_{\max}$	Doppelte erweiterte Messunsicherheit U_p (mit $p=0,95$) *)	$Y_{\max}$ - U_p	$Y_{\max}$ + U_p	Bestimmungs- methode
Staub	[mg/m ³]	8,1	1,0	7,1	9,1	1)
NO _x	[mg/m ³]	39	10	29	49	1)
SO ₂	[mg/m ³]	19	22	0	41	1)
HF	[mg/m ³]	0,9	0,6	0,3	1,5	1)

*) Der Wert für die Messunsicherheit wurde jeweils verdoppelt, um der nicht idealen Messstelle Rechnung zu tragen.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

6.4 Diskussion der Ergebnisse

Im Auftrag der Firma Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG waren im Reingas der Filteranlage des Herdwagenofens Emissionsmessungen nach §28 BImSchG durchzuführen.

Während der Messung wurde der Herdwagenofen nach Betreiberangaben unter Normalbedingungen und unter betriebsüblicher Volllast bei einer maximalen Brenntemperatur von 1024°C betrieben. Die Brennleistung betrug für den Herdwagenofen 94% der maximale möglichen Brennleistung (bezogen auf den Besatz).

Die Forderung der Ziffer 5.3.2.2 der TA-Luft, wonach die Messdurchführung zum Zeitpunkt der höchsten Emission erfolgen soll, war somit erfüllt.

Die Ergebnisse sind vergleichbar mit vorherigen Messungen an der gleichen Anlage (vgl. Berichts-Nr. CBO-00923-22-1, Wessling GmbH) und können entsprechend als plausibel bewertet werden.

Die Anlage wurde um 14.30 Uhr heruntergefahren. Entsprechend konnten die geplanten 6 diskontinuierlichen Messungen nicht durchgeführt werden. Eine gestartete 4. Messung musste entsprechend abgebrochen werden.

Weitere besondere Vorkommnisse während der Messungen wurden nicht beobachtet.

Offenbach am Main, den 10. Juli 2025

Fachlich verantwortlich

Der Projektleiter



HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

7	Anlagenübersicht	
7.1	Anlage: Abgesaugte Volumen bei der Probenahme	A2
7.2	Anlage: Zusammenfassung der Laborprotokolle	A3
7.3	Anlage: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen	A3
7.4	Anlage: Maßnahmen zur Qualitätssicherung	A4
7.5	Anlage: Schreiberausdruck der kontinuierlichen Messgeräte	A5
7.6	Anlage: Gemessener Abgasvolumenstrom	A6

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

7.1 Anlage: Abgesaugte Volumen bei der Probenahme

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Reingas Herdwagenofen

Datum: 08.05.2025

Abgesaugte Volumen partikelförmige Stoffe

Gasuhr Nr.	Uhrzeit	Filter Nr.	Gasuhr [m³]		pBlende [mbar]	T _{Gasuhr} [°C]	V ₀ *) [m³]	O ₂ - Gehalt [Vol.-%]	Zunahme Filtergewicht [mg]
			Beginn	Ende					
9	12.00-12.30	5	66,6742	67,5054	910	20,4	0,79211	18,3	4,35
9	12.40-13.10	6	67,5054	68,3390	907	21,9	0,78930	18,3	0,07
9	13.30-14.00	7	68,3390	69,1822	896	23,8	0,78444	18,6	3,31
9	14.20-14.50	8	69,1822	70,0120	895	24,9	0,77526	20,5	2,89

*) Inkl. der Absaugemengen zur Bestimmung der nasschemisch gemessenen Emissionskomponenten

Düse: 8 mm

Blendenkonstante: 0,356

Luftdruck: 978 mbar

Abgesaugte Volumen gasförmiger Stoffe

Gasuhr Nr.	Uhrzeit	Gasuhr [m³]		Luftdruck [mbar]	T _{Gasuhr} [°C]	O ₂ -Gehalt [Vol.-%]	V ₀ [m³]
		Beginn	Ende				
6	12.00-12.30	8,7810	8,9060	978	23,0	18,3	0,11268
6	12.40-13.10	8,9060	9,0330	978	26,3	18,3	0,11324
6	13.30-14.00	9,0330	9,1605	978	27,5	18,6	0,11322
6	14.20-14.50	9,1605	9,2940	978	28,3	20,5	0,11825

(Volumenangaben sind bezogen auf Normzustand)

Die Anlage wurde um 14.30 Uhr heruntergefahren. Entsprechend konnten die geplanten 6 diskontinuierlichen Messungen nicht durchgeführt werden. Eine gestartete 4. Messung (14.20-14.50) musste entsprechend abgebrochen werden. Die Analyseergebnisse sind der Vollständigkeit halber hier aufgeführt.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

7.2 Anlage: Zusammenfassung der Laborprotokolle

Analyse gasförmiger Komponenten

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Reingas Herdwagenofen

Datum: 08.05.2025

Komponente / Probenbez.	Aliquot [ml]	Molarität / Reagens	Verbrauch Reagens [ml]	Gehalt [mg/Probe]	Absorptions- Rate erste Flasche	Analysen- Gerätebezeichnung
Feldblind - 1	20		0,025			
SO ₂ / Rein - 1	20	0,005	0,150		*)	Dosimat 655 der Firma METROHM
2	20	molare	0,160			
3	20	Ba(ClO ₄) ₂	0,160			
4	20		0,165			
Feldblind - 2	20		0,030			
Feldblind - 1	20	-	-	0,039		
HF / Rein - 1	20	-	-	0,059	*)	pH/ISE-Messgerät Typ: InoLab pH/ION 7320 Firma WTW
2	20	-	-	0,059		
3	20	-	-	0,058		
4	20	-	-	0,062		
Feldblind - 2	20	-	-	0,039		

*) im zweiten Absorber wurde nur der Blindwert gefunden.

Die Anlage wurde um 14.30 Uhr heruntergefahren. Entsprechend konnten die geplanten 6 diskontinuierlichen Messungen nicht durchgeführt werden. Eine gestartete 4. Messung (14.20-14.50) musste entsprechend abgebrochen werden. Die Analyseergebnisse sind der Vollständigkeit halber hier aufgeführt.

7.3 Anlage: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

Partikelförmige Komponenten

Beim Gesamtstaub beträgt die Nachweisgrenze 0,3 mg/m³ (BG: 0,6 mg/m³).

Gasförmige Komponenten (Diskontinuierliche Ermittlung)

Entfällt.

Gasförmige Komponenten

Komponente	NWG [mg/Probe]	NWG [mg/m ³]	BG [mg/Probe]	BG [mg/m ³]
SO ₂	0,109	1,3	0,352	4,0
HF	0,006	0,1	0,019	0,3

Die relativen Nachweis- und Bestimmungsgrenzen richten sich nach der Absaugmenge.
In der Regel werden 90 l je Probe abgesaugt.

HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

7.4 Anlage: Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Automatische Messverfahren

Justierung / Verifizierung der Messgeräte mit Prüfgasen	Arbeitstäglich
Dichtheitsprüfung des Messaufbaus:	Jeweils an der Messstelle
Funktionsprüfung der Messgeräte:	Jährlich
Umfang der Funktionsprüfung:	Dichtigkeitsprüfung des Systems, Ermittlung der Tot- und Einstellzeit, Messwertübertragung, Überprüfung der Durchflussabhängigkeit, der Linearität, der Querempfindlichkeit sowie von Null- und Empfindlichkeitsdriften.

Gas- und dampfförmige Emissionen

Dichtigkeitsprüfung:	Bei jeder einzelnen Probenahme erfolgt eine Überprüfung des Sauerstoffgehalts am Ausgang der Absaugpumpe mit einem Handmessgerät und ein Vergleich des Messwertes mit der kontinuierlichen Sauerstoffmessung. Alle Verbindungsteile der Absorptionsstrecke werden während der Probenahmestelle mit Wasser bespritzt. Undichtigkeit werden aufgrund des Unterdruckes im System sofort erkannt.
Isokinetische Bedingung:	Siehe partikelförmige Emissionen.
Unsicherheiten:	Gasvolumen: < 2 % / Druck und Temperatur: < 1 %

Partikelförmige Emissionen (Gesamtstaub und Staubinhaltsstoffe)

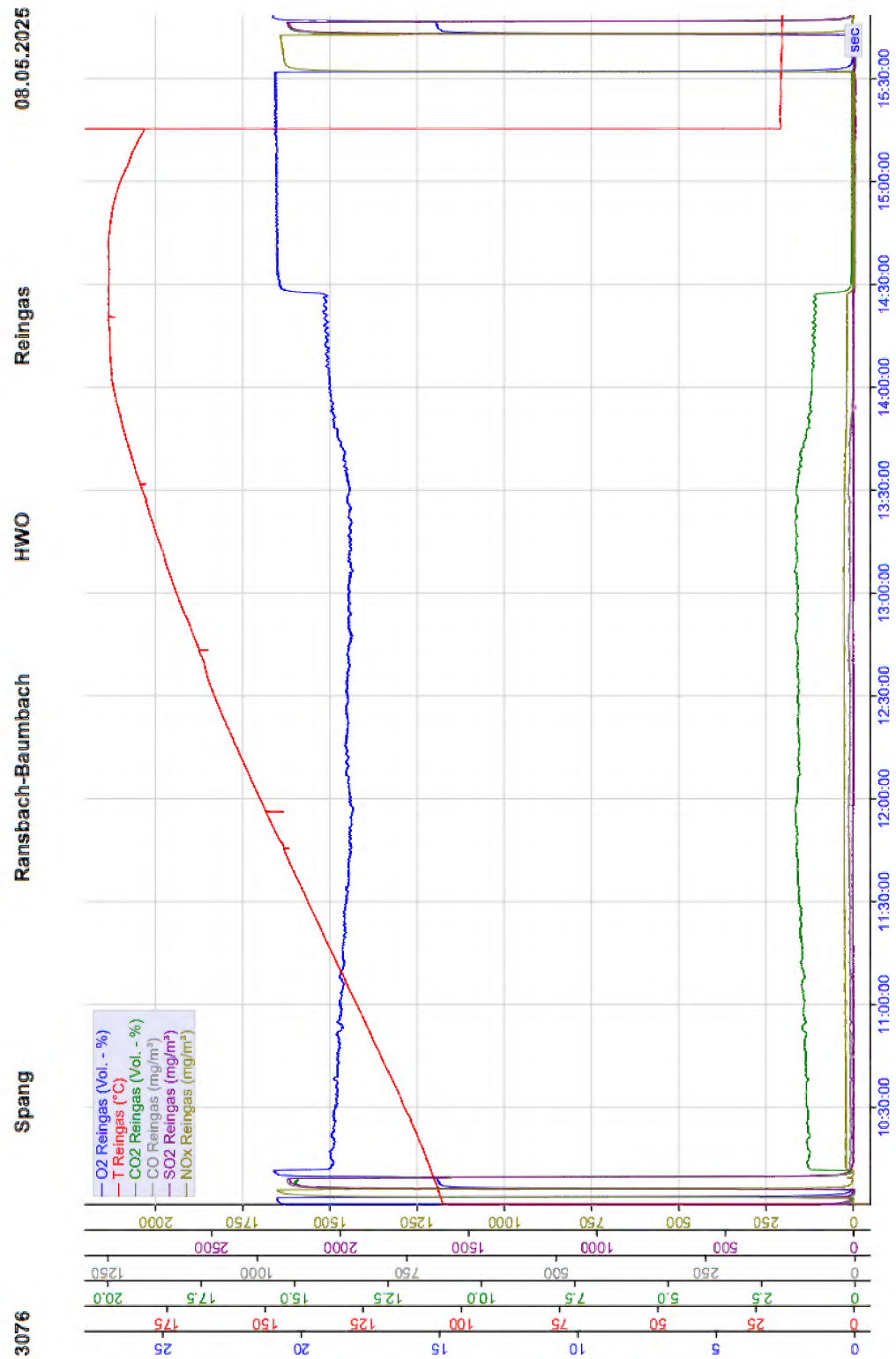
Dichtigkeitsprüfung:	Vor Messbeginn: Ansaugdüse wird gasdicht verschlossen und nach dem Start der Pumpe ein Unterdruck (ca. 200 mbar) eingestellt. Die Gasuhr darf keinen Durchfluss anzeigen. Während der Probenahme: Bei jeder einzelnen Probenahme erfolgt eine Überprüfung des Sauerstoffgehalts am Ausgang der Absaugpumpe mit einem Handmessgerät und ein Vergleich des Messwertes mit der kontinuierlichen Sauerstoffmessung. Alle Verbindungsteile der Absorptionsstrecke werden während der Probenahmestelle mit Wasser bespritzt. Undichtigkeit werden aufgrund des Unterdruckes im System sofort erkannt.
Isokinetische Bedingung:	Im Fall des Nachschaltens von Waschflaschen hinter der Staubsonde werden für jeden Messpunkt im Messquerschnitt die isokinetischen Bedingungen errechnet und durch einen programmgesteuerten Absaugmengenregler gewährleistet.
Unsicherheiten:	Gasvolumen: < 2% / Druck und Temperatur: < 1 %

7.5

Anlage: Schreiberausdruck der kontinuierlichen Messgeräte

Westerwälder Blumentopf-Fabrik Spang GmbH & Co. KG

Reingas Herdwagenofen, Datum: 08.05.2025



HÜTTENTECHNISCHE VEREINIGUNG DER DEUTSCHEN GLASINDUSTRIE

7.6 Anlage: Gemessener Abgasvolumenstrom

Gemessener Abgasvolumenstrom

HVG-Bericht Nr.	Firma	Ort	Anlage	Messort	Datum
3076	Spang	Ransbach-Baumbach	Herdwagenofen	Reingas	08.05.2025
Gegeben:					
Messpunkt	dyn. Druck am Messpunkt (p _{dyn})	Anzahl der Messpunkte:		4	
1 / Achse 1	73,57 Pa	Abmessungen des Abgaskanals:		ø 0,63 [m]	
2 / Achse 1	71,40 Pa				
3 / Achse 2	68,63 Pa				
4 / Achse 2	73,77 Pa				
		Querschnittsfläche (A):		0,312 [m²]	
		O ₂ -Gehalt:		18,3 [%]	
		CO ₂ -Gehalt:		1,5 [%]	
		Abgasfeuchte (w _v):		0,0258 [kg/m³]	
		Abgastemperatur (t):		140 [°C]	
		Statische Druckdifferenz (p _{stat}):		2,1 [mbar]	
		Barometerstand (b ₀):		978 [mbar]	
Berechnungsformeln:					
$N_2 = 1 - \frac{O_2 + CO_2}{100}$					
$\rho_{tr} = \frac{(1,429 \cdot O_2 + 1,977 \cdot CO_2)}{100} + 1,257 \cdot N_2$					
Ergebnisse:		$\rho_f = \frac{\rho_{tr} + w_0}{1 + \frac{w_0}{0,804}}$		$\rho = \rho_f \cdot \frac{273 \cdot (b_0 + p_{stat})}{1013 \cdot (273 + t)}$	
		$V'_{R,f} = V \cdot A \cdot 3600$		$V'_{N,f} = V'_{R,f} \cdot \frac{273 \cdot (b_0 + p_{stat})}{1013 \cdot (273 + t)}$	
		$V'_{N,tr} = \frac{V'_{N,f}}{1 + \frac{w_0}{0,804}}$			
		Dichte, Norm, tr (ρ _{tr}):		1,299 [kg/m³]	
		Dichte, Norm, f (ρ _f):		1,284 [kg/m³]	
		Dichte, Betr, f (ρ):		0,821 [kg/m³]	
		Erw. MU			
Mittl. Abgasgeschw. (v):		13,16	± 0,31	[m/s]	
Abgasvol., Betr, f (V _{B,f}):		14769	± 768	[m³/h]	
Abgasvol., N., f (V _{N,f}):		9446	± 490	[m³/h]	
Abgasvol., N., tr (V _{N,tr}):		9152	± 475	[m³/h]	