

## Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen

Betreiber: K+S KALI GmbH  
Tienberg 25  
31515 Wunstorf

Standort: K+S KALI GmbH  
Tienberg 25  
31515 Wunstorf  
(Niedersachsen)

Datum der Messung: 04.12.2015

Art der Anlage: Abwetterschacht für Grubengebäude  
Anlass der Messung: Messung im Eigeninteresse

Durchgeführt von: DEKRA Automobil GmbH  
Industrie, Bau und Immobilien  
Außenstelle Karlsruhe  
Im Mittelfeld 1  
76135 Karlsruhe  
Telefon: +49.721.98664-0  
Telefax: +49.721.98664-99

Dieser Bericht ersetzt den Bericht 12686/421600/30417/555198122/01 vom 29.01.2016

Im Bericht wurden folgende Seiten geändert: 3, 23, 24

Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen

Name des akkreditierten Prüflaboratoriums:	DEKRA Automobil GmbH
Befristung der Bekanntgabe nach § 29b BImSchG:	18.12.2019
Bericht-Nr.: 12686/421600/30417/555198122/01	Datum: 30.05.2016
Betreiber:	K+S KALI GmbH
Standort:	K+S KALI GmbH Tienberg 25 31515 Wunstorf
Art der Messung:	Emissionsmessung im Eigeninteresse
Auftragsnummer:	6701400783/0061/62M
Auftragsdatum:	05.11.2015
Messtermin:	04.12.2015
Berichtsumfang:	26 Seiten 6 Seiten Anhang
Aufgabenstellung:	Ermittlung der Emissionen am Abwetter- schacht Sigmundshall vor und nach den Sprengarbeiten

Zusammenfassung

Anlage:	Abwitterschacht, Schacht Weser
Betriebszeiten:	Mo. – So., 00:00 – 24:00 Uhr
Emissionsquelle:	Abwitterschacht
Messkomponente:	CO, NO <sub>x</sub> , Staub, NH <sub>3</sub> , SO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub>
Quellenummer:	K.A.

## Messergebnisse:

Messkomponente	Max. Messwert abzüglich Messunsicherheit		Max. Messwert zuzüglich Messunsicherheit		Grenzwert		Betriebszustand der Anlage
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	%
NH <sub>3</sub> <sup>5)</sup>	0,12	0,169	0,14	0,194	30	0,15	Nicht relevant
Gesamtstaub <sup>1)6)</sup>	7,1	9,880	8,1	11,367	20	0,20	Nicht relevant
PM 2,5 <sup>6)</sup>	3,7	5,234	4,3	6,072	-	-	Nicht relevant
PM 10 <sup>6)</sup>	6,6	9,225	7,6	10,623	-	-	Nicht relevant
Messkomponente	Max. Messwert abzüglich Messunsicherheit		Max. Messwert zuzüglich Messunsicherheit		Grenzwert		Betriebszustand der Anlage
	[Vol.-%]	[kg/h]	[Vol.-%]	[kg/h]	[Vol.-%]	[kg/h]	%
CO <sub>2</sub> <sup>7)</sup>	0	-	0,2	-	-	-	Nicht relevant
Messkomponente	Max. Messwert abzüglich Messunsicherheit		Max. Messwert zuzüglich Messunsicherheit		Grenzwert		Betriebszustand der Anlage
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	[g/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	%
NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub> <sup>3)</sup>	1,6	2,210	1,8	2,543	0,35	1,8	Nicht relevant
SO <sub>x</sub> als SO <sub>2</sub> <sup>4)</sup>	1,6	2,210	1,8	2,543	0,35	1,8	Nicht relevant
CO <sup>2)</sup>	1,2	1,690	1,4	1,944	0,15	-	Nicht relevant

<sup>1)</sup> Summe aus den einzelnen Fraktionen. Die einzelnen Fraktionen sind im Anhang dargestellt.

<sup>2)</sup> Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.4.1.2.1 angegeben.

<sup>3)</sup> Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.2.4 angegeben.

<sup>4)</sup> Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.2.4 angegeben.

<sup>5)</sup> Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.2.4 angegeben.

<sup>6)</sup> Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr. 5.2.1 angegeben.

<sup>7)</sup> Für diesen Parameter existiert kein Grenzwert.

Die Ergebnisse entsprechen nicht der Rundungsregel der TA-Luft.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Formulierung der Messaufgabe	5
2. Beschreibung der Anlage, gehandhabte Stoffe	8
3. Beschreibung der Probenahmestelle	10
4. Mess- und Analyseverfahren, Geräte	12
5. Betriebszustand der Anlage während der Messungen	22
6. Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion	23
7. Anhang – Mess- und Rechenwerte	26

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

K+S KALI GmbH  
Tienberg 25  
31515 Wunstorf

**1.2 Betreiber**

K+S KALI GmbH  
Tienberg 25  
31515 Wunstorf

Ansprechpartner: Matthias Gimpel  
Telefonnummer: 05031 1042409

**1.3 Standort**

K+S KALI GmbH  
Werk Sigmundshall  
Tienberg 25  
31515 Wunstorf

**1.4 Anlage**

Abwetterschacht, Schacht Wese

**1.5 Datum der Messung**

04.12.2015

**1.5.1 Datum der letzten Messung**

Entfällt, da Messung im Eigeninteresse

**1.5.2 Datum der nächsten Messung**

Entfällt, da Messung im Eigeninteresse

**1.6 Anlass der Messung**

Messung im Eigeninteresse

## 1.7 Aufgabenstellung

Die K+S KALI GmbH, Tienberg 25 in 31515 Wunstorf beauftragte die DEKRA Automobil GmbH mit Emissionsmessungen an einem Abwetterschacht im Werk Sigmundshall, Schacht Weser. Die Messungen sollten vor und nach einer Sprengung durchgeführt werden.

## 1.8 Messobjekte

Siehe 1.7

Weiterhin wurden die Abgasrandparameter  $O_2/CO_2$ , Volumenstrom, Abgasfeuchte, Abgastemperatur und Abgasdruck ermittelt.

## 1.9 Ortsbesichtigung vor Messdurchführung

Ortsbesichtigung durchgeführt am 03.12.2015

Messbedingungen entsprechend DIN EN 15259 Kapitel 6.2

vorgefunden

nicht vorgefunden

festgelegt und realisiert

nicht festgelegt und realisiert

**1.10 Messplanabstimmung**

- Mit dem Betreiber
- Mit der zuständigen Aufsichtsbehörde bzw. Fachbehörde
- Keine Messplanabstimmung durchgeführt

**1.11 Namensangaben aller an der Probenahme beteiligten Personen**

Dipl.-Ing. (FH) C. Ernst

Dipl.-Ing. (FH) V. Schwarzkopf

**1.12 Beteiligung weiterer Institute**

Entfällt

**1.13 Fachlich Verantwortlicher**

Herr J. Bachmann, Dipl.-Ing.  
DEKRA Automobil GmbH  
Industrie, Bau und Immobilien  
Handwerkstr. 15  
70565 Stuttgart  
Telefon: +49.711.7861-2583  
juergen.bachmann@dekra.com

## 2. Beschreibung der Anlage, gehandhabte Stoffe

### 2.1 Art der Anlage

Abwetterschacht, Schacht Weser.

### 2.2 Beschreibung der Anlage

Die Messstelle befindet sich ca. 5 m unterhalb der Ackersohle auf der Vorbausäule der Schachtröhre und ist über eine fest installierte Leiter erreichbar. Der Durchmesser der Schachtröhre beträgt 4,85 m. Auf Höhe Ackersohle ist kein definierter Messquerschnitt gegeben und es sind Einbauten vorhanden.

### 2.3 Beschreibung der Emissionsquellen

#### 2.3.1 Emissionsquelle

Höhe über Grund:	[m]	0
Austrittsfläche:	[m <sup>2</sup> ]	18,475
Rechtswert:		K.A.
Hochwert:		K.A.
Bauausführung:		Entfällt, es ist kein Kamin vorhanden

### 2.4 Angabe der lt. Genehmigungsbescheid möglichen Einsatzstoffe

Entfällt, Abluft aus dem Schacht

### 2.5 Betriebszeiten

#### 2.5.1 Gesamtbetriebszeit

Montag–Sonntag, 00:00 – 24:00 Uhr

#### 2.5.2 Emissionszeit laut Betreiberangaben

Entsprechend 2.5.1 – Die Emissionszeit entspricht der Gesamtbetriebszeit abzüglich Umbau-, Reparatur- und Havariezeiten.

Von 2.5.1 abweichende Emissionszeiten:

## **2.6 Einrichtung zur Erfassung und Minderung der Emissionen**

### **2.6.1 Einrichtung zur Erfassung der Emissionen**

#### **2.6.1.1 Anlagen zur Emissionserfassung**

Die Abgase werden aus dem Schacht abgesaugt und auf Bodenniveau an die Umgebung abgegeben.

#### **2.6.1.2 Erfassungselement**

- Ventilator
- Schacht

#### **2.6.1.3 Ventilator kenndaten**

Keine Angaben.

#### **2.6.1.4 Ansaugfläche**

Die Ansaugfläche wurde nicht ermittelt

### **2.6.2 Einrichtung zur Verminderung der Emissionen**

Entfällt

### **2.6.3 Einrichtung zur Kühlung des Abgases**

Entfällt

### 3. Beschreibung der Probenahmestelle

#### 3.1 Lage des Messquerschnitts

Anlage:	Abwetterschacht
Einlaufstrecke: [m]	Ca. 500 m (mit sich verengendem Durchmesser laut Betreiber)
Auslaufstrecke: [m]	0 <sup>2)</sup> 3) m
Verlauf des Abgaskanals an der Messstelle:	Vertikal
Messstelle entspricht DIN EN 15259 Kapitel 6.2.1:	Ja, da die folgenden Anforderungen an die Messstelle erfüllt sind
Winkel Gasstrom zur Mittelachse Abgaskanal < 15°:	Ja
Keine lokale negative Strömung:	Ja
Verhältnis höchste / niedrigste örtliche Geschwindigkeit im Messquerschnitt < 3:1:	Ja
Mindestgeschwindigkeit vorhanden:	Ja

<sup>2)</sup> Auslaufstrecke entspricht nicht den Hinweisen der DIN EN 15259

<sup>3)</sup> Einbauten, Verjüngungen

#### 3.2 Abmessungen des Messquerschnitts

Durchmesser des Abgaskanals: [m]	4,85
----------------------------------	------

### 3.3 Anzahl der Messachsen und Lage der Messpunkte im Messquerschnitt

Anzahl der Messachsen:	2
Anzahl der Messpunkte pro Messachse:	10
Lage der Messachse:	Horizontal
Lage der Messpunkte (Abstand in cm):	15 / 40 / 71 / 110 / 166 / 319 / 375 / 414 / 445 / 470
Druckverhältnisse an der Messstelle:	Überdruck
Sonstiges:	Messung auf -5 m am Schachtaustritt

Ermittlung der Emissionen	
Volumenstrom:	Netzmessung
Staub:	Netzmessung
Übrige Komponenten:	Punktmessung

#### Gültige Homogenitätsprüfung

- liegt vor
- liegt nicht vor

Die Festlegung der Messpunkte im Kanalquerschnitt zur Durchführung einer Netzmessung erfolgt nach den Vorgaben der DIN EN 15259 Kapitel 8.2. Das ermittelte Strömungsprofil ist im Anhang Hauptvolumenstrom aufgeführt.

### 3.4 Anzahl und Größe der Messöffnungen

Entfällt

## 4. Mess- und Analyseverfahren, Geräte

### 4.1 Abgasrandbedingungen

#### 4.1.1 Strömungsgeschwindigkeit

Prandtl'sches Staurohr in Verbindung mit einem:

Mikromanometer

Hersteller: Airflow Lufttechnik GmbH / 53359 Rheinbach

Typ: TA 465

Messbereich: -3.735 bis + 3.735

Bestimmungsgrenze: 01, Pa

Letzte Überprüfung: 01/2015

Erfassung: Kontinuierlich

#### 4.1.2 Statischer Druck im Abgaskamin

Mikromanometer nach 4.1.1 unter Berücksichtigung der entsprechenden Anschlüsse.

#### 4.1.3 Luftdruck in Höhe der Probenahmestelle

Mikromanometer nach 4.1.1 unter Berücksichtigung der entsprechenden Anschlüsse.

#### 4.1.4 Abgastemperatur

NiCr-Ni-Thermoelement in Verbindung mit Temperaturmessgerät:

Hersteller: Airflow Lufttechnik GmbH / 53359 Rheinbach

Typ: TA 465

Messbereich: -200–1.200 °C

Letzte Überprüfung: 01/2015

Temperaturermittlung:  Kontinuierlich  
 In regelmäßigen Abständen  
während der gesamten Beprobung.

#### 4.1.5 Abgasfeuchte

##### Psychrometer

Hersteller: Ströhlein GmbH & Co., Kaarst  
Messprinzip: Psychrometrische Differenz

#### 4.1.6 Abgasdichte

Berechnet unter Berücksichtigung der Abgasanteile an:

- Sauerstoff (O<sub>2</sub>)
- Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)
- Luftstickstoff (N<sub>2</sub>)

und Abgasfeuchte, Abgastemperatur und der Druckverhältnisse im Kanal.

#### 4.1.7 Abgasverdünnung

Entfällt

### 4.2 Kontinuierliche Messverfahren

#### 4.2.1 Messobjekte

- Sauerstoff (O<sub>2</sub>)
- Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)
- Stickstoffoxide, angegeben als Stickstoffdioxid (NO<sub>x</sub>)
- Kohlenmonoxid (CO)

##### 4.2.1.1 Messverfahren / VDI-Richtlinien

##### Sauerstoff (O<sub>2</sub>):

DIN EN 14789

„Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Volumenkonzentration von Sauerstoff (O<sub>2</sub>) – Referenzverfahren – Paramagnetismus.“

Bei diesem Messverfahren wird die paramagnetische Eigenschaft des Sauerstoffs genutzt. In der Messzelle ist das Prinzip einer magnetischen Drehwaage (Glaskörper) realisiert. Sauerstoffhaltiges Messgas (paramagnetisch) strömt in Gebiete mit größerer magnetischer Feldstärke und verdrängt so den Glaskörper. Die Drehung wird von einem optischen System erfasst und elektromagnetisch kompensiert. Der Kompensationsstrom ist proportional zur Sauerstoffkonzentration.

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>):

Messung mittels nichtdispersiver Infrarotabsorption (NDIR).

Stickstoffoxid (NO):

DIN EN 14792

„Emissionen aus stationären Quellen – Referenzverfahren zur Bestimmung von Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) – Referenzverfahren: Chemilumineszenz.“

Kohlenmonoxid (CO):

DIN EN 15058

„Emissionen aus stationären Quellen – Referenzverfahren zur Bestimmung von Kohlenmonoxid (NDIR-Verfahren).“

#### 4.2.1.2 Analysator, Hersteller

Sauerstoff (O<sub>2</sub>)

Hersteller:

HORIBA Europe GmbH, Oberursel

Typ:

PG250

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

Hersteller:

HORIBA Europe GmbH, Oberursel

Typ:

PG250

Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)

Hersteller:

HORIBA Europe GmbH, Oberursel

Typ:

PG250 mit integriertem Konverter

Kohlenstoffmonoxid (CO)

Hersteller:

HORIBA Europe GmbH, Oberursel

Typ:

PG250

Wiederholgenauigkeit:

± 0,5 % vom Vollausschlag

NO<sub>x</sub> > 100 ppm Messbereich ± 1 %

CO > 1.000 ppm Messbereich ± 1 %

Linearität:

± 2 %

Drift:

± 1 % vom Vollausschlag/Tag

Messgasdurchfluss:

Ca. 0,5 l/min

Messwert-Ausgang:

4–20 mA

#### 4.2.1.3 Eingestellte Messbereiche

Sauerstoff:	0–25 Vol.-%
Kohlendioxid:	0–20 Vol.-%
Stickoxide:	0–250 ppm
Kohlenmonoxid:	0–200 ppm

#### 4.2.1.4 Gerätetyp (eignungsgeprüft)

Für die Emissionsmessung werden eignungsgeprüfte Geräte eingesetzt.

<u>Parameter</u>	<u>Messgerät</u>	<u>Prüfbericht-Nr. über Eignungsprüfung</u>
O <sub>2</sub> / NO / CO / CO <sub>2</sub>	HORIBA PG250	TÜV Rheinland 936/21206693 vom 06.05.2008 Bundesanzeiger vom 03.09.2008, Nr. 133, Seite 3245

#### 4.2.1.5 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	Unbeheizt
Staubfilter:	Beheizt auf 180 °C
Probegasleitung:	Beheizt und unbeheizt
Länge vor der Probegasaufbereitung:	10 m (beheizt auf 180 °C)
Länge nach der Probegasaufbereitung:	Ca. 1 m (unbeheizt)
Werkstoff der gasführenden Teile:	Edelstahl, Werkstoff 1.4571, Teflon, Viton B, Küvette aus Messing (vergoldet)

##### Messgasaufbereitung

Hersteller:	M & C Analysentechnik
Typ:	PSS 5
Temperatur:	Geregelt auf 3–5 °C

#### 4.2.1.6 Überprüfung der Gerätekenlinie mit folgenden Prüfgasen

##### **Kalibrierungsgemisch (CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>/CO/NO/NO<sub>x</sub>)**

Nullgas:	Stickstoff
Prüfgas:	16,1 % mol CO <sub>2</sub> (± 2 %)
	158,1 ppm SO <sub>2</sub> (± 2 %)
	160,2 ppm CO (± 2 %)
	196,0 ppm NO (± 2 %)
	198,0 ppm NO <sub>x</sub> (± 2 %)
Hersteller:	Westfalen AG / D-48477 Hörstel
Fülldatum:	01.2015
Ablaufdatum:	01.2018
Fabrikat/Serien-Nr.:	27600502828832

Die Kalibrierung erfolgt durch das gesamte Probenahmesystem.

#### 4.2.1.7 90 % Einstellzeit des gesamten Messaufbaus

Ermittlung der T90-Zeit durch drucklose Aufgabe von Prüfgas über die Sonden-  
spitze.

Ermittlung der Einstellzeit inklusive der Entnahmeleitung: Ca. 50 s

#### 4.2.1.8 Erfassung und Auswertung der Messwerte

Messwerterfassungsanlage:

Hersteller:

Elmar Kirsten GmbH

Typ:

Trendows-Software

#### 4.2.1.9 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung
- Überprüfung des Null- und Referenzpunktes vor und nach der Messung

### 4.3 Diskontinuierliche Messverfahren

#### 4.3.1 Gas- und dampfförmige Emissionen

##### 4.3.1.1 Messobjekt

- Ammoniak

##### 4.3.1.1.1 Messverfahren / VDI-Richtlinie

Zur Erfassung der Emissionen in Masse pro Zeiteinheit ist es erforderlich, die Kon-  
zentrationen solcher Schadstoffverbindungen im Abgas sowie den Volumenstrom  
zu bestimmen.

Zur Konzentrationsbestimmung wird Abgas durch Absaugen eines Teilvolumen-  
stromes mit Hilfe eines Gasprobennehmers entnommen und über eine beheizte  
Entnahmesonde durch zwei hintereinander geschaltete Gaswaschflaschen geleit-  
tet.

Die Probenahme erfolgt entsprechend VDI-Richtlinie 3496, Blatt 1  
die Analytik nach DIN 38406 E5.

#### 4.3.1.1.2 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	Paul Gothe GmbH, D-44789 Bochum
- Material:	Titan
- Beheizung:	Ca. 180 °C (elektrisch)
Absorptionseinrichtungen:	2 hintereinander geschaltete Waschflaschen 1 Waschflasche als Tropfenabscheider
Absorptionsmittel:	0,01 n Schwefelsäure
Absorptionsmittelmenge:	Ca. 30 ml je Waschflasche
Teilstromentnahme:	Gasprobennehmer DESAGA GmbH / D-69153 Wiesloch
Abstand zwischen Ansaugöffnung der Entnahmesonde und dem Absorptionsmittel:	Ca. 10 m (beheizt)
Zeitraum zwischen Probenahme und Analyse:	3 Wochen
Labor:	DEKRA Automobil GmbH / D-70565 Stuttgart

#### 4.3.1.1.3 Analytische Bestimmung

Bei der Probenahme wird die zu untersuchende Luft durch verdünnte Schwefelsäure geleitet, wobei Ammoniak als Ammoniumsulfat gebunden wird.

Analytik der Absorptionslösung: Nach Anpassung des pH-Wertes auf pH 12,6 erfolgt die Umsetzung entsprechend DIN 38406 E5 mit Hypochlorit und Salicylat sowie Natriumpentacyanonitrosylferrat als Katalysator zu einem blauen Farbstoff. Der Farbstoff wird photometrisch bei der Wellenlänge 655 nm gegen eine in der gleichen Analysenserie aufgenommenen Kalibrierfunktion bestimmt.

Bestimmungsgrenze:	2 µg / Probe (bezogen auf 100 ml Absorptionslösung)
UV/VIS-Spektrophotometer:	Perkin Elmer Lambda 2
Eingesetzte Standards:	Ammonium-Stammlösung (c = 0,1 g Stickstoff / l)

#### 4.3.1.1.4 Verfahrenskenngrößen

Relative Nachweisgrenze bei Verwendung von Waschflaschen: 75 µg/m<sup>3</sup>

#### 4.3.1.1.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung
- Gesamtleerwert (< 10 % des festgelegten TMW)
- Messunsicherheit des Gasvolumens (< 2 %)

#### 4.3.1.2 Messobjekt

- Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

#### 4.3.1.2.1 Messverfahren

Die Messung erfolgt nach der DIN EN 14791.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Methode (Probenahme)  
Ionenchromatographie (Analytik).

Das Messgas wird mittels eines Gasprobennehmers durch zwei hintereinander geschaltete, mit einer H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Lösung als Vorlage gefüllte Waschflaschen gesaugt. Die Schwefeloxide SO<sub>2</sub> und SO<sub>3</sub> werden in der H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Lösung absorbiert bzw. zu Schwefelsäure umgesetzt.

Die Absorptionslösung wird im Ionenchromatographen auf Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) analysiert.

#### 4.3.1.2.2 Messplatzaufbau

Entnahmesonde:	Paul Gothe GmbH / D-44789 Bochum
- Material:	Titan, Quarzfilter
- Beheizung:	Ca. 180 °C
Absorptionseinrichtungen:	Jeweils 2 hintereinander geschaltete Gaswaschflaschen
Absorptionsmittel:	0,3 %ige Wasserstoffperoxidlösung
Teilstromentnahme:	Gasprobennehmer DESAGA GmbH / D-69153 Wiesloch
Abstand zwischen Ansaugöffnung der Entnahmesonde und dem Absorptionsmittel:	Ca. 10 m (beheizt)
Labor:	DEKRA Automobil GmbH / D-70565 Stuttgart

#### 4.3.1.2.3 Analytische Bestimmung

Bestimmung nach DIN EN 14791:	Hausinterne QMA 2001.1217
Analysegerät:	ICS-90 Ionenchromatography System
Eingesetzte Standards:	20,0 mg/l–1 mg/l Sulfat in 5 Schritten

#### 4.3.1.2.4 Verfahrenskenngrößen

Bestimmung nach DIN EN 14791	
Analysegerät:	Dionex ICS-90 mit Leitfähigkeitsdetektor
Absolute Bestimmungsgrenze:	0,67 mg/l (Sulfat, angegeben als SO <sub>2</sub> ) bzw. 0,04 mg/Probe bei 60 ml Absorptionslösung

#### 4.3.1.2.5 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

- Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung
- Gesamtleerwert (< 10 % des festgelegten TMW)
- Messunsicherheit des Gasvolumens (< 2 %)

### 4.3.2 Partikelförmige Emissionen

#### 4.3.2.1 Messobjekt

- Gesamtstaub (Planfilter)

##### 4.3.2.1.1 Messverfahren

###### VDI-Richtlinie 2066-10

„Messen der Emissionen von PM 10 und PM 2,5 an geführten Quellen nach dem Impaktorverfahren“

Grundlage des Verfahrens ist die Entnahme eines staubbeladenen Teilgasvolumenstroms aus dem Hauptvolumenstrom und die Abscheidung des im Teilgasvolumen enthaltenen Staubes durch ein Rückhaltesystem, sowie die zeit- und volumenbezogene gravimetrische Bestimmung der Staubmasse.

##### 4.3.2.1.2

##### 4.3.2.1.3 Messplatzaufbau

Rückhaltesystem für partikelförmige Stoffe

Planfilter:

Filterkopfsonde (Hersteller Paul Gothe GmbH in D-44789 Bochum)  
Trockene Gasuhr nachgeschaltet

Anordnung:

- Innenliegend im Kanal  
 Schwanenhals als Sondenverlängerung vorgeschaltet  
 Außenliegend vom Kanal, beheizt

Beheizt / Unbeheizt:

Unbeheizt

Ausführung / Material:

- Titan       Edelstahl

Entnahmesonde / Absaugrohr

Entnahmesonde

Wirkdurchmesser:

8 mm

Beheizt / Unbeheizt:

Unbeheizt

Abscheidemedium

Fa. Munktel, Typ MK 360

Filterdurchmesser:

50 mm

Abscheidegrad: 99,998 %  
Absaugeinrichtung: Fa. Gothe  
Trockenturm, Pumpe, Gasuhr, Rotameter

#### 4.3.2.1.4 Behandlung des Abscheidemediums und der Ablagerungen

Transport und Lagerung: In speziellen Filterhaltern

Trocknungstemperatur und  
Trocknungszeit:

- vor Beaufschlagung: 180 °C, 2 h
- nach Beaufschlagung: 160 °C, 2 h

Danach werden die Filter über 8 h im Exsikkator auf Umgebungstemperatur abgekühlt.

Rückgewinnung von Ablagerungen vor dem Filter:  Ja  
 Nein, da Probenahme innenliegend und nach Punkt 13.5 der VDI 2066-1 bei dieser Anordnung Staubablagerungen vor dem Filter vernachlässigbar sind.

Behandlung der Spüllösungen:  Entfällt  
 Eindampfen

Klimatisierter Wägebraum: Ja

Waage: Mettler Toledo

Typ: XS 205

Bestimmungsgrenze: 0,1 mg für QF-Filter 50 mm

Ablesegenauigkeit der Waage: 0,01 mg

#### 4.3.2.1.5 Aufbereitung und Auswertung der Messfilter und Absorptionslösungen

Entfällt

#### 4.3.2.1.6 Verfahrenskenngrößen bei Abweichung von VDI 2066

Entfällt

#### **4.3.2.1.7 Maßnahmen zur Qualitätssicherung**

- Dichtheitsprüfung der Probenahmeeinrichtung
- Gesamtleerwert (< 10 % des festgelegten TMW)
- Einhaltung der isokinetischen Bedingungen
- Messunsicherheit des Gasvolumens (< 2 %)

#### **4.3.3 Besondere hochtoxische Abgasinhaltsstoffe**

Entfällt

#### **4.3.4 Geruchsemission**

Entfällt

### **5. Betriebszustand der Anlage während der Messungen**

#### **5.1 Produktionsanlage**

Der Abgasventilator war während der Messzeit ohne Schwankungen in Betrieb. Der Zeitpunkt der Sprengung war mit dem Ansprechpartner abgestimmt, so dass drei Messungen vor und drei Messungen nach der Sprengung erfolgten.

#### **5.2 Abgasreinigungsanlagen**

Entfällt

## 6. Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

### 6.1 Messergebnisse

Messkomponente	Mittlere Konzentration	Höchste Konzentration	Grenzwert	Mittlerer Massenstrom	Höchster Massenstrom	Grenzwert
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]
NH <sub>3</sub> <sup>5)</sup>	< 0,09	0,13	30	< 0,128	0,181	0,15
Gesamtstaub <sup>1)6)</sup>	5,5	7,6	20	7,625	10,596	0,20
PM 10 <sup>8)</sup>	5,2	7,1	-	7,137	9,983	-
PM 2,5 <sup>8)</sup>	2,4	4,0	-	3,405	5,653	-
Messkomponente	Mittlere Konzentration	Höchste Konzentration	Grenzwert	Mittlerer Massenstrom	Höchster Massenstrom	Grenzwert
	[Vol.-%]	[Vol.-%]	[Vol.-%]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]
CO <sub>2</sub> <sup>7)</sup>	0	0	-	-	-	-
Messkomponente	Mittlere Konzentration	Höchste Konzentration	Grenzwert	Mittlerer Massenstrom	Höchster Massenstrom	Grenzwert
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[g/m <sup>3</sup> ]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]
NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub> <sup>3)</sup>	1,6	1,7	0,35	2,211	2,321	1,8
SO <sub>x</sub> als SO <sub>2</sub> <sup>4)</sup>	< 0,97	1,7	0,35	< 1,333	2,395	1,8
CO <sup>2)</sup>	< 0,5	1,3	0,15	< 0,672	1,765	-

<sup>1)</sup>Summe aus den einzelnen Fraktionen. Die einzelnen Fraktionen sind im Anhang dargestellt.

<sup>2)</sup>Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.4.1.2.1 angegeben.

<sup>3)</sup>Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.2.4 angegeben.

<sup>4)</sup>Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.2.4 angegeben.

<sup>5)</sup>Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr.5.2.4 angegeben.

<sup>6)</sup>Dem Institut sind keine konkreten Grenzwerte bekannt. Informativ wird der Grenzwert gemäß TA-Luft Nr. 5.2.1 angegeben.

<sup>7)</sup>Für diesen Parameter existiert kein Grenzwert.

<sup>8)</sup>Für diesen Parameter existiert kein eigener Grenzwert. Der Parameter wurde auf Betreiberwunsch einzeln dargestellt.

Die Ergebnisse entsprechen nicht der Rundungsregel der TA-Luft.

Massenkonzentration bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand.

## 6.2 Messunsicherheit

Messkomponente	Maximaler Messwert $y_{\max}$	Erweiterte Messunsicherheit ( $U_p$ ) mit $p = 95\%$	$y_{\max} - U_p$	$y_{\max} + U_p$	Bestimmungsmethode
	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	
CO	1,3	0,1	1,2	1,4	Indirekter Ansatz
NO <sub>x</sub> als NO <sub>2</sub>	1,7	0,1	1,6	1,8	Indirekter Ansatz
SO <sub>x</sub> als SO <sub>2</sub>	1,7	0,1	1,6	1,8	Indirekter Ansatz
NH <sub>3</sub>	0,13	0,01	0,12	0,14	Indirekter Ansatz
Gesamtstaub <sup>1)</sup>	7,6	0,5	7,1	8,1	Indirekter Ansatz
PM <sub>2,5</sub>	4,0	0,3	3,7	4,3	Indirekter Ansatz
PM <sub>10</sub>	7,1	0,5	6,6	7,6	Indirekter Ansatz
	[Vol.-%]	[Vol.-%]	[Vol.-%]	[Vol.-%]	
CO <sub>2</sub>	0	0,2	0	0,2	Indirekter Ansatz

<sup>1)</sup>Summe aus den einzelnen Fraktionen. Die einzelnen Fraktionen sind im Anhang dargestellt.

Die Ergebnisse entsprechen nicht der Rundungsregel der TA-Luft.

Messkomponente	Messunsicherheit
O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	±0,2 Vol.-%
Abgastemperatur	±1% vom Messwert, aber mind. ±2 °C
Abgasfeuchte	±5 % vom Messwert
Abgasvolumenstrom	±10 % vom Messwert

### 6.3 Plausibilitätsprüfung

Die letzte Messung endete ca. 2 h nach erfolgter Sprengung. Es ist daher davon auszugehen, dass die Messungen in einem emissionsrelevanten Zeitraum erfolgten und die Emissionen nach Sprengarbeiten erfasst wurden. Da die Messergebnisse sich in dem vom Ansprechpartner erwarteten Rahmen befinden, kann von einer plausiblen Messung ausgegangen werden.

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannte Anlage. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichts darf nur nach schriftlicher Genehmigung des Prüfinstituts erfolgen.

Karlsruhe, 30.05.2016  
CER

**DEKRA Automobil GmbH**  
Industrie, Bau und Immobilien

Projektleitung



Dipl.-Ing. (FH) C. Ernst

Der stellv. fachlich Verantwortliche



Dipl.-Ing. (FH) V. Schwarzkopf

## 7. Anhang – Mess- und Rechenwerte

Anhang A 1	Hauptvolumenstrom
Anhang A 2	Kontinuierliche Probenahme O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO
Anhang A 3	Diskontinuierliche Probenahme NH <sub>3</sub> und SO <sub>x</sub>
Anhang A 4	Diskontinuierliche Probenahme Gesamtstaub
Anhang A 5	Graphische Darstellung kontinuierlich erfasster Stoffe
Anhang A 6	Übersicht der Einzel-Emittenten innerhalb des Grubengebäudes (Sprengstoff- und Technikeinsatz)

Bericht Nr.: 12686/421600/30417/555198122/01

Hauptvolumenstrom an der Messstelle	
Auftraggeber :	K+S KALI GmbH
Projektnummer :	555198122
Standort :	Werk Sigmundshall
Anlage :	Abwetterschacht, Schacht Weser
Messstelle :	Abwetterschacht
Messtermin :	04.12.2015

Emissionstechnische Daten		
Luftdruck	1018	hPa
Mittlerer Sauerstoff-Gehalt	21,0	Vol.-%
Mittlerer Kohlendioxid-Gehalt	0,0	Vol.-%
Mittlere Abgastemperatur	33	°C
Abgasfeuchte (trocken)	12,2	g/m <sup>3</sup>
Abgasfeuchte (feucht)	1,5	Vol.-%
Abgasdichte (Betriebszustand)	1,148	kg/m <sup>3</sup>
Abgasdichte (Normzustand, trocken)	1,288	kg/m <sup>3</sup>
Statischer Druck	25	Pa
Kanalquerschnitt	18,475	m <sup>2</sup>
Mittlere Strömungsgeschwindigkeit	23,8	m/s
Volumenstrom (Betriebszustand)	1582620	m <sup>3</sup> /h
Volumenstrom (Normzustand, feucht)	1418996	m <sup>3</sup> /h
Volumenstrom (Normzustand, trocken)	1397781	m <sup>3</sup> /h

Geschwindigkeitsprofil im Kanal [m/s]:											
Achse 1	21,7	22,5	23,6	25,0	25,4	25,4	25,0	24,3	22,9	22,5	
Achse 2	21,3	23,0	23,6	24,5	25,7	25,7	24,7	24,5	22,9	21,7	

Bericht Nr.: 12686/421600/30417/555198122/01

Kontinuierliche Probenahme - O <sub>2</sub> / CO <sub>2</sub> / NO <sub>x</sub> / CO	
Auftraggeber :	K+S KALI GmbH
Projektnummer :	555198122
Standort :	Werk Sigmundshall
Anlage :	Abwetterschacht, Schacht Weser
Messstelle :	Abwetterschacht
Messtermin :	04.12.2015

Messung - Nr.		1 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>2)</sup>	5 <sup>2)</sup>	6 <sup>2)</sup>
Start Messung	[hh:mm]	10:35	11:15	11:54	13:07	13:43	14:20
Ende Messung	[hh:mm]	11:05	11:45	12:24	13:37	14:13	14:50
Messdauer	[hh:mm]	00:30	00:30	00:30	00:30	00:30	00:30
Luftdruck	[hPa]	1018	1018	1018	1018	1018	1018
O <sub>2</sub>	[Vol.-%]	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
CO <sub>2</sub>	[Vol.-%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NO <sub>x</sub> ( NO + NO <sub>2</sub> , gerechnet als NO <sub>2</sub> ) - Massenkonzentrationen und Massenströme							
NO <sub>x</sub> - Gehalt	[ppm]	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
NO <sub>x</sub> - Gehalt	[mg/m <sup>3</sup> ]	1,4	1,6	1,7	1,5	1,6	1,6
NO <sub>x</sub> - Gehalt, *EB	[mg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	-
Massenstrom	[kg/h]	1,977	2,264	2,321	2,149	2,264	2,292
CO - Massenkonzentrationen und Massenströme							
CO - Gehalt	[ppm]	< 0,1	< 0,1	0,3	0,1	0,6	1,0
CO - Gehalt	[mg/m <sup>3</sup> ]	< 0,1	< 0,1	0,3	0,2	0,8	1,3
CO-Gehalt, *EB	[mg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	-
Massenstrom	[kg/h]	< 0,245	< 0,245	0,454	0,245	1,083	1,765

<sup>1)</sup>Messungen vor Sprengarbeiten <sup>2)</sup>Messung nach Sprengarbeiten

Bericht Nr.: 12686/421600/30417/555198122/01

Diskontinuierliche Probenahme - Stoffe	
Auftraggeber:	K+S KALI GmbH
Projektnummer:	555198122
Standort:	Werk Sigmundshall
Anlage	Abwetterschacht, Schacht Weser
Messstelle:	Abwetterschacht
Messtermin:	04.12.2015

Messung Nr.:		1 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>2)</sup>	5 <sup>2)</sup>	6 <sup>2)</sup>
Start Messung	[hh:mm]	10:35	11:15	11:54	13:07	13:43	14:20
Ende Messung	[hh:mm]	11:05	11:45	12:24	13:37	14:13	14:50
Messdauer	[hh:mm]	00:30	00:30	00:30	00:30	00:30	00:30
Luftdruck	[hPa]	1018	1018	1018	1018	1018	1018
Sauerstoffgehalt	[Vol.-%]	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0

**Ammoniak [NH<sub>3</sub>] - Massenkonzentrationen und Massenströme**

Temperatur Gasuhr	[°C]	32,7	32,8	32,8	32,9	32,9	32,9
Teilgas, Betrieb	[l]	65,8	64,7	68,8	63,0	59,4	60,2
Teilgas, norm	[l]	59,7	58,7	62,4	57,1	53,8	54,6
Analysen	[µg/Pr.]	4,70	7,60	4,00	6,10	5,20	< 4
Massenkonzentration	[µg/m <sup>3</sup> ]	78,7	129,5	64,1	106,8	96,6	< 73,3
Massenkonz., *EB	[µg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	-
Massenstrom	[g/h]	110,1	181,1	89,6	149,3	135,0	< 102,4

**Schwefeloxide [SO<sub>x</sub> als SO<sub>2</sub>] - Massenkonzentrationen und Massenströme**

Temperatur Gasuhr	[°C]	32,9	33,4	33,6	33,7	33,6	33,6
Teilgas, Betrieb	[l]	64,7	61,7	66,8	64,6	63,0	64,2
Teilgas, norm	[l]	58,4	55,6	60,1	58,1	56,7	57,8
Analysen	[mg/Pr.]	0,10	0,07	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Massenkonzentration	[mg/m <sup>3</sup> ]	1,7	1,3	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Massenkonz., *EB	[mg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	-
Massenstrom	[g/h]	2395,0	1760,9	< 929,99	< 961,97	< 986,08	< 967,65

<sup>1)</sup>Messungen vor Sprengarbeiten <sup>2)</sup>Messung nach Sprengarbeiten

Bericht Nr.: 12686/421600/30417/555198122/01

Diskontinuierliche Probenahme - Stoffe	
Auftraggeber:	K+S KALI GmbH
Projektnummer:	555198122
Standort:	Werk Sigmundshall
Anlage	Abwetterschacht, Schacht Weser
Messstelle:	Abwetterschacht
Messtermin:	04.12.2015

Messung Nr.:		1 <sup>1)</sup>	2 <sup>1)</sup>	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>2)</sup>	5 <sup>2)</sup>	6 <sup>2)</sup>
Start Messung	[hh:mm]	10:35	11:15	11:54	13:07	13:43	14:20
Ende Messung	[hh:mm]	11:05	11:45	12:24	13:37	14:13	14:50
Messdauer	[hh:mm]	00:30	00:30	00:30	00:30	00:30	00:30
Luftdruck	[hPa]	1018	1018	1018	1018	1018	1018
Sauerstoffgehalt	[Vol.-%]	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0

#### **Staubanteil > 10 µm - Massenkonzentration und Massenströme**

Temperatur Gasuhr	[°C]	29,0	29,0	29,5	29,5	29,5	29,5
Teilgas, Betrieb	[l]	1298,0	1299,0	1294,0	1297,0	1290,0	1283,0
Teilgas, norm	[l]	1161,2	1162,1	1155,7	1158,4	1152,2	1145,9
Analysen	[mg/Pr.]	0,3	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5
Massenkonzentration	[mg/m <sup>3</sup> ]	0,3	0,4	0,4	0,1	0,4	0,4
Massenkonz., *EB	[mg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	-
Massenstrom	[g/h]	361,1	613,4	616,8	120,7	606,6	609,9

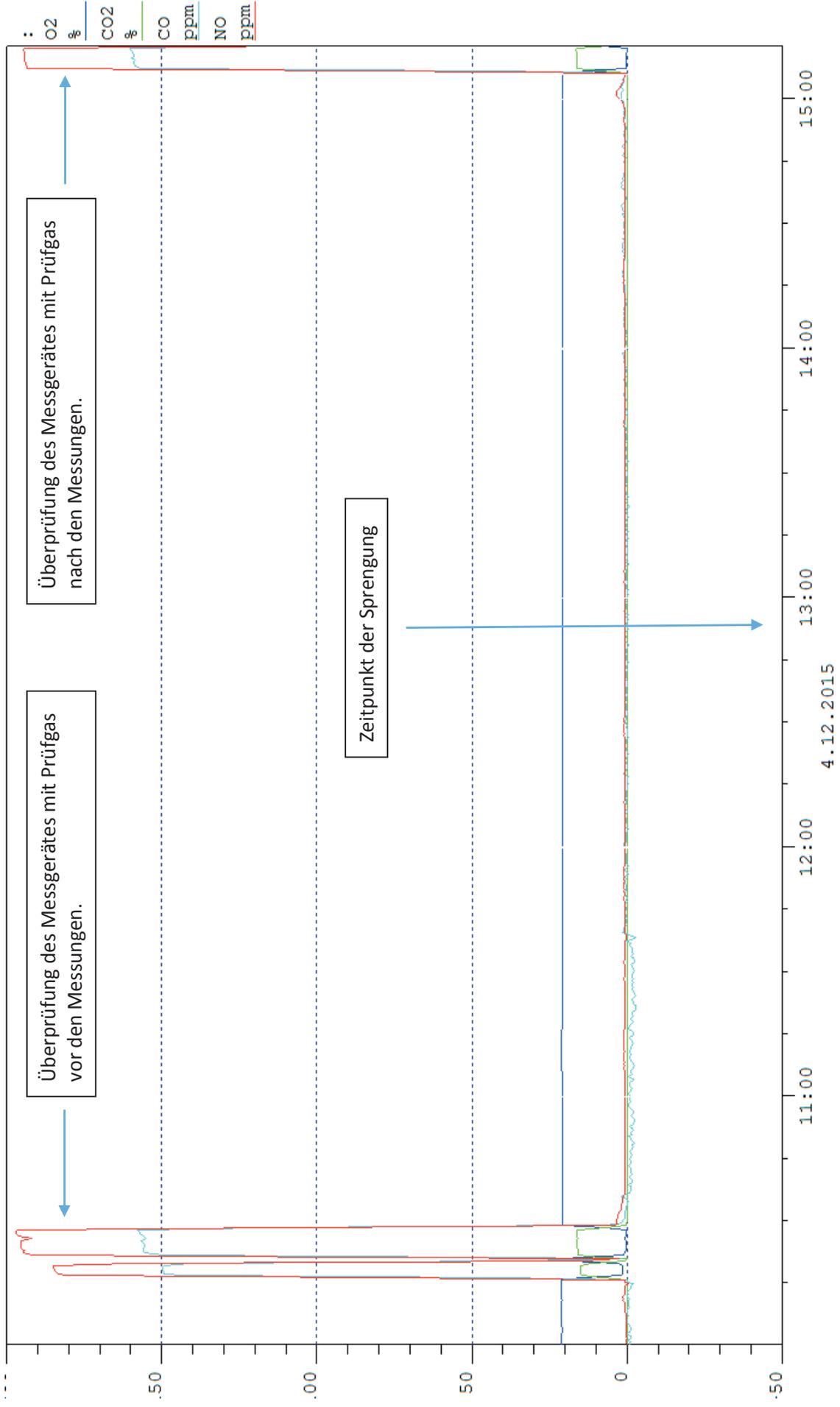
#### **Feinstaub > 2,5 bis < 10 µm - Massenkonzentration und Massenströme**

Temperatur Gasuhr	[°C]	29,0	29,0	29,5	29,5	29,5	29,5
Teilgas, Betrieb	[l]	1298,0	1299,0	1294,0	1297,0	1290,0	1282,0
Teilgas, norm	[l]	1161,2	1162,1	1155,7	1158,4	1152,2	1145,0
Analysen	[mg/Pr.]	1,2	3,6	3,7	2,3	3,8	3,9
Massenkonzentration	[mg/m <sup>3</sup> ]	1,0	3,1	3,2	2,0	3,3	3,4
Massenkonz., *EB	[mg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	-
Massenstrom	[g/h]	1444,4	4330,0	4474,9	2775,2	4610,0	4760,9

#### **Staubanteil < 2,5 µm - Massenkonzentration und Massenströme**

Temperatur Gasuhr	[°C]	29,0	29,0	29,5	29,5	29,5	29,5
Teilgas, Betrieb	[l]	1298,0	1299,0	1294,0	1297,0	1290,0	1282,0
Teilgas, norm	[l]	1161,2	1162,1	1155,7	1158,4	1152,2	1145,0
Analysen	[mg/Pr.]	1,2	4,7	4,0	2,4	2,3	2,3
Massenkonzentration	[mg/m <sup>3</sup> ]	1,0	4,0	3,5	2,1	2,0	2,0
Massenkonz., *EB	[mg/m <sup>3</sup> ]	-	-	-	-	-	-
Massenstrom	[g/h]	1444,4	5653,0	4837,7	2895,9	2790,3	2807,7

Anhang A 5



Emissionsmessungen Weser / DEKRA 04.12.2015

Sprengarbeiten:

Ladedichte An dex: 770 kg/m<sup>3</sup>  
 Bohrloch Vorrichtung: 38 mm 0,0011 m<sup>2</sup>  
 Bohrloch Abbau: 42 mm 0,0014 m<sup>2</sup>

Revier	Uhrzeit	Betriebsort	Vorrichtung	Abbau	Lochzahl	Länge [m]	Sprengmittelverbrauch		
							An dex [kg]	Riomax-Patronen [kg]	Riocord-Sprengschnur [kg]
								0,121	
3	12:45	1030/10	x		47	6,5	267	5	
3	12:45	1330/3		x	8	15,5	132		
3	12:45	733/6		x	12	19	243		
2	12:55	932/4	x		97	6,5	550	12	
2	12:55	932/3	x		66	6,5	374	8	
2	12:55	1511/4		x (Deckel)	32	4	136	2	
2	12:55	15913/7		x	8	17	145		
							<b>1848</b>	<b>26</b>	

Lade- und Beraubetätigkeiten

Revier	LF/BR/DU/RL	Betriebsort	Vorrichtung	Abbau
3	LF19	733		x
3	LF23	730/10	x	
3	LF23	710/1	x	
3	DU3	1830/3	x	
3	RL12	1830/3	x	
3	LF31	830.10	x	
3	LF25	WAVII SO		
3	RL10	WAVIII /930		
2	LF30	1512/2	x	
2	SL2	1511/5		x
2	SL2	916/5		x
2	SL2	1732/6		x
2	SL2	931/3		x
2	LF15	1590/6		x
2	LF32	1690/9		x
2	LF27	931/4+6		x
3	SL22	860/5		
3	SL22	730		
3	SL22	2010		
3	SL22	1830		
3	LF17	1330		
3	BR11	2010		
3	BR11	1830		
4	BR3/4	Bd.07.8		
3	BR7	14.5.1		