

DMT GmbH & Co. KG

Fachstelle für Sicherheit-  
Prüfstelle für  
Grubenbewetterung

DIN EN ISO  
**9001**  
zertifiziert

Am Technologiepark 1  
45307 Essen  
Telefon 0201 172-1270  
Telefax 0201 172-1735

[www.dmt-group.com](http://www.dmt-group.com)

Unternehmensgruppe  
TÜV NORD

**Gutachtliche Stellungnahme**  
**zum Ausgasungsverhalten des Schachtes Zollverein 2**  
**des Wasserhaltung Zollverein der RAG Aktiengesellschaft**  
**im Hinblick auf seine Verfüllung**

**PFG-Nr. 351 035 21**

Essen, 12.04.2021

DMT GmbH & Co. KG  
Fachstelle für Sicherheit -  
Prüfstelle für Grubenbewetterung



(Beckmann)

## **INHALTSVERZEICHNIS**

**Blatt:**

1	Einleitung.....	4
2	Verwendete Unterlagen .....	4
3	Berg- und wettertechnische Angaben .....	6
4	Verfüllung des Schachtes Zollverein 2 .....	7
5	Ausgasungsverhalten des Schachtes Zollverein 2 .....	9
5.1	Befahrung des Schachtes Zollverein 2.....	9
5.2	Auswertung der Dammkartei .....	10
5.3	Langzeituntersuchung des Ausgasungsverhaltens .....	12
5.4	Einfluss der Grubengasgewinnung .....	14
6	Auftreten von CH <sub>4</sub> und Gefährdungen während der Verfüllung .....	15
6.1	Situation vor dem wettertechnischen Abschluss .....	15
6.2	Situation während und nach dem wettertechnischen Abschluss .....	17
6.3	Gefährdungspotentiale im Zuge der Verfüllung ohne Schutzmaßnahmen .....	17
6.3.1	Zulegen der Schalungsbühne und Ausfahrt der Mannschaft .....	17
6.3.2	Zeitraum vom Zulegen der Schalungsbühne bis zum explosionsfesten Abschluss.....	17
6.3.3	Gesamte Schachtverfüllung .....	18
7	Maßnahmen zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre .....	18
7.1	Vermeidung zündfähiger oder stickender Gasgemische im Arbeitsbereich .....	18
7.2	Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre unterhalb der Schalungsbühne.....	18
7.3	Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre oberhalb der Schalungsbühne.....	18
8	Wettertechnischer Abschluss.....	19

9	Sonderbewetterung .....	20
9.1	Wetterstrom und Anordnung .....	20
9.2	Überwachung des Wetterstromes .....	20
9.3	Überwachung des CH <sub>4</sub> -Gehaltes .....	21
10	Schutz der Tagesoberfläche vor Gefahren durch schädliche Gase aus dem stillgelegten Grubengebäude .....	22
10.1	Entgasungsleitung .....	22
10.2	Behandlung nicht mehr benötigter Rohrleitungen .....	25
11	Behandlung der Tagesoberfläche .....	25
12	Nutzung der Oberfläche im Schachtschutzbereich .....	26

## **1 Einleitung**

Die RAG Aktiengesellschaft (RAG) beabsichtigt, den Schacht Zollverein 2 der Wasserhaltung Zollverein abzuwerfen und dauerstandsicher zu verfüllen. Im Hinblick auf Fragestellungen der Ausgasung und der Wettertechnik wurde die Fachstelle für Sicherheit - Prüfstelle für Grubenbewetterung (PFG) der DMT GmbH & Co. KG durch die RAG beauftragt, zum Abwerfen des Schachtes Zollverein 2 gutachtlich Stellung zu nehmen.

Für die Erarbeitung der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme wurden das barometrische Ausgasungsverhalten des Schachtes und der an den Schacht angeschlossenen Grubenbaue anhand langfristig aufgezeichneter Messwerte des CH<sub>4</sub>-Gehalts mittels ortsfester CH<sub>4</sub>-Messeinrichtungen und die örtliche Verteilung der CH<sub>4</sub>-Zuströme innerhalb des Schachtes sowie der an den Schacht angeschlossenen Grubenbaue mittels tragbarer CH<sub>4</sub>-Messgeräte und entnommener Wetterproben untersucht und bewertet.

Die vorliegende gutachtliche Stellungnahme behandelt Fragen der Ausgasung. Fragen, die die Standsicherheit der Füllsäule des Schachtes betreffen, sind nicht Gegenstand dieser Stellungnahme. Diese Fragen werden in einem gesonderten DMT-Gutachten behandelt.

## **2 Verwendete Unterlagen**

- [1] Leitfaden der Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie in NRW, für das Verwahren von Tagesschächten vom 05.12.2007 (AZ -86.18.13.1-8-35-)
- [2] Richtlinien der Bezirksregierung Arnsberg über das explosionsfeste Abdämmen von aufgegebenen Grubenbauen vom 13.01.2006 (AZ 83.18.8-2000-12)
- [3] Rundverfügung „Stilllegung von Grubenfeldern im Steinkohlenbergbau und Entgasungsmöglichkeiten abgeworfener Tagesöffnungen“, Landesoberbergamt NRW vom 02.08.2000 (AZ 18.8-2000-7)
- [4] Anforderungen an Entgasungseinrichtungen für abgeworfene Tagesöffnungen der DIN EN 14983 „Explosionsschutz in untertägigen Bergwerken - Geräte und Schutzsysteme zur Absaugung von Grubengas“, Juni 2007
- [5] Bericht über die Untersuchungen zu möglichen Änderungen der CH<sub>4</sub>-Zuströme aus alten Grubenbauen nach Stilllegung des Bergwerks Ewald/Hugo in die Zentralwasserhaltungsanlage Zollverein, DMT Fachstelle für Sicherheit - Prüfstelle für Grubenbewetterung, 08.11.1999, PFG-Nr. 341 087 99

- [6] Gutachtliche Stellungnahme zum Ausgasungsverhalten der Wasserhaltung Zollverein der RAG Deutsche Steinkohle, DMT Fachstelle für Sicherheit - Prüfstelle für Grubenbewetterung, 20.11.2014, PFG-Nr. 341 284 14
- [7] Auszüge aus dem Risswerk des Bergwerks Zollverein, RAG
- [8] Wasserhaltung Zollverein, Wetternetz, RAG, 05.09.2016
- [9] Wasserhaltung Zollverein, Dammpla, RAG, 05.09.2016
- [10] Wasserhaltung Zollverein, Messgeräteinsatzplan, RAG Aktiengesellschaft, 05.09.2016
- [11] Messwerte der ortfesten CH<sub>4</sub>-Messeinrichtungen, RAG Aktiengesellschaft, Zeitraum 01.10.2020 - 15.03.2021
- [12] Protokolle der Dammmessungen, RAG Aktiengesellschaft, 2017 - 2021
- [13] Schachtscheibe und Schachtschnitt des Schachtes Zollverein 2, RAG Aktiengesellschaft, Dezember 1989
- [14] Protokolle über die Befahrungen der Wasserhaltung Zollverein am 10.02.2017 und am 01.04.2021, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [15] Wettertechnische Planung zum Rückzug aus der Wasserhaltung Zollverein (2021-01-30\_ZO\_WettertechnischeAnlagenZumABP.ppts), RAG Aktiengesellschaft, 30.01.2021
- [16] Messungen der Gaszusammensetzung und der Druckdifferenzen an verfüllten Tagesschächten in der Emschermulde und im Umfeld des Bergwerkes Zollverein, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung, 2021

### 3 Berg- und wettertechnische Angaben

Der Schacht Zollverein 2 befindet sich auf einem Grundstück der RAG in Essen-Katernberg. Er wurde ab dem Jahre 1850 abgeteuft. Der Schacht dient der Wasserhaltung Zollverein als ausziehender Wetterschacht. Der Ausziehstrom beträgt derzeit rund 43 m<sup>3</sup>/s.

Der Schacht hat bei kreisförmigem Querschnitt einen lichten Durchmesser von 5,5 m. Seine Gesamtteufe beträgt 1.027,3 m (-980,1 m NHN). An den Schacht ist als durchgehend bewetterter Grubenbau nur die 14. Sohle angeschlossen. Darüber hinaus waren weitere Sohlen bzw. Schachtzugänge vorhanden, die mittlerweile abgeworfen und abgedämmt sind. Tabelle 1 zeigt die offenen und abgedämmtten Anschläge. Tabelle 2 zeigt die Schachtleitungen.

Tabelle 1: Schacht Zollverein 2, Übersicht der Schachtzugänge

Teufe [m]	Tiefe [m NHN]	Bezeichnung	Bemerkung
112,9	-65,7	Wettersohle	Anschlag im Nordwesten, bündig abgemauert, kein Anschlag erkennbar, Wasserzutritte
ca. 125	ca. -78	Flöz Zollverein 1	Abbau durchteuft, bündig abgemauert
146,0	-98,8	neue 1. Sohle	Anschläge im Nordwesten und Südosten, bündig abgemauert, Verpressrohre vorhanden
167,3	-120,1	1. Sohle	Anschlag im Nordwesten, bündig abgemauert, kein Anschlag erkennbar
199,5	-152,3	2. Sohle	Anschlag im Nordwesten, bündig abgemauert
236,0	-188,8	Flöze Zollverein 7 und 8	bündig abgemauert, kein Anschlag erkennbar
262,8	-215,6	3. Sohle	Anschläge im Nordwesten und Südosten, bündig abgemauert, im Nordwesten Verpressrohre
ca. 271	ca. 224	unbekannt	offenes Rohr im nördl. Schachtstoß
327,5	-280,3	4. Sohle	Anschlag im Südosten, bündig abgemauert, aber Mauerwerk etwas vorstehend
392,4	-345,2	5. Sohle	im Nordwesten ausgesetzt, Damm 294, 1 Schnüffelrohr DN 100 im Südosten bündig abgemauert rundum mit Harz verpresst
ca. 417	ca. -370	Flöz Katharina	Abbau durchteuft, bündig abgemauert

Teufe [m]	Tiefe [m NN]	Bezeichnung	Bemerkung
473,2	-426,0	6. Sohle	im Nordwesten ca. 1 m ausgesetzt, Damm, 1 Rohr DN 200 im Südosten ca. 4 m ausgesetzt, Damm 102, 1 Dammrohr DN 700 mit Anschluss an Entgasungsleitung, 1 Rohr DN 200, 3 Rohre DN 100
557,9	-510,7	7. Sohle	Anschläge im Nordwesten, Südosten und Südwesten, bündig abgemauert, Verpressrohre
602,5	-555,3	12. Sohle	im Nordwesten ca. 4 m ausgesetzt, Damm, 1 Schnüffelrohr DN 50 im Südosten ca. 5 m ausgesetzt, Damm, 1 Dammrohr DN 700, 2 Rohre DN 100
755,2	-708,0	13. Sohle	im Nordwesten ca. 5 m ausgesetzt, Damm, 3 Dammrohre DN 700, 3 Rohre DN 100 im Südosten ca. 5 m ausgesetzt, Damm, 1 Dammrohr DN 700, 3 Rohre DN 100
997,6	-950,4	14. Sohle	im Nordwesten ausgesetzt, Damm im Südosten offen

**Tabelle 2:** Schacht Zollverein 2, Übersicht der Rohrleitungen

Rohrleitung	Durchmesser	Verlauf von bis
Entgasungsleitung	DN 350	Rasenhängebank - 14. Sohle, außer Betrieb, wird geraubt
2 Fallwasserleitungen	DN 350	Rasenhängebank - 14. Sohle, außer Betrieb, eine Leitung wird geraubt
Fallwasserleitung	DN 150	Rasenhängebank - 14. Sohle
2 Steigeleitungen (ZSM)	DN 500	Rasenhängebank - 14. Sohle
Luftleitung	DN 100	Rasenhängebank - 14. Sohle
Frischwasserleitung	DN 50	Rasenhängebank - 14. Sohle

#### 4 Verfüllung des Schachtes Zollverein 2

Der Schacht Zollverein 2 soll unter Berücksichtigung einer einzurichtenden Wasserhaltung verwahrt werden. Für einen sogenannten Brunnenbetrieb soll der Schacht Zollverein 2 teilverfüllt und mit zwei Hüllrohrturen DN 1400 innerhalb der Füllsäule versehen werden, in die Tauchpumpen eingehängt werden können.

Im Schacht Zollverein 2 soll dazu in einem Niveau von etwa -600 m NHN zunächst eine Schalungsbühne errichtet werden. Als Widerlager für die kohäsive Füllsäule wird ein insgesamt etwa 20 m hoher Betonpfropfen in mehreren Schichten mit entsprechenden Aushärtephasen auf der Schalungsbühne aufgebracht. Der erste Abschnitt bildet dabei den explosionsdruckfesten Abschluss des Grubengebäudes.

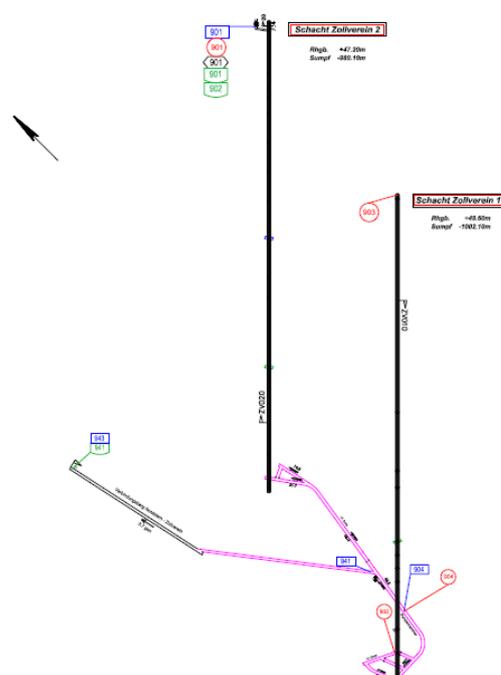
Die Hüllrohre sollen unter Sonderbewetterung sukzessive mit der Verfüllung eingebaut werden. Der Baustoff soll über eine Rohrleitung eingebracht werden.

Im Rahmen des Rückzuges wird auf der 14. Sohle nördlich der Pumpenkammer ein Damm zur Trennung verschiedener Grubenwässer errichtet, wobei die Wetter zunächst über offene Dammrohre (5 x DN 900 mit insgesamt 3,2 m<sup>2</sup> Querschnitt oder 3 x 1200 mit insgesamt 3,4 m<sup>2</sup> Querschnitt) geführt werden. Die Dammrohre werden nicht verschlossen.

Die Wasserannahme im Verbindungsberg Nordstern-Zollverein wird im Rahmen des Rückzuges beendet. Das Wasser wird somit unter sukzessiver Einkürzung der Sonderbewetterung im Berg ansteigen und dann im Niveau der 14. Sohle angenommen.

Mit dem Schacht Zollverein 2 sollen schließlich der Schacht Zollverein 12 und die noch offenen Grubenbaue auf der 14. Sohle abgeworfen werden (Abbildung 1).

Abbildung 1: Grubengebäude der Wasserhaltung Zollverein



Der wettertechnische und explosionsdruckfeste Abschluss muss im Schacht Zollverein 2 und im Schacht Zollverein 12 zeitgleich erfolgen.

Die Hüllrohre sind während der Verfüllung am unteren Ende explosionsfest und gasdicht verschlossen.

## **5 Ausgasungsverhalten des Schachtes Zollverein 2**

### **5.1 Befahrung des Schachtes Zollverein 2**

Am 10.02.2017 erfolgte eine Befahrung des Schachtes Zollverein 2 durch die PFG. Der Luftdruck betrug an diesem Tag ca. 1011 hPa bei fallender Tendenz.

Bei den Befahrungen erfolgten Messungen des CH<sub>4</sub>-Gehalts in den freien Querschnitten des Schachtes und der schachtnahen Grubenbaue mittels CH<sub>4</sub>-Handmessgeräten. Zusätzlich zu diesen Messungen wurden Wetterproben entnommen und im Labor der PFG auf ihre CH<sub>4</sub>-Gehalte untersucht. Neben den Messungen der CH<sub>4</sub>-Gehalte im freien Querschnitt des Schachtes und der durchgehend bewetterten Grubenbaue erfolgten Messungen des Differenzdruckes und des CH<sub>4</sub>-Gehalts in den zugänglichen Schnüffelrohren der Abschlussdämme abgeworfener Grubenbaue innerhalb des Schachtes.

Die Messungen an den Dämmen zeigten am Tag der Befahrung Unterdrücke von um die -2000 Pa. Auf der 5. und 7. Sohle sowie in den Flözniveaus Zollverein 7 und Zollverein 8 zog das Schachtmauerwerk ein.

Der CH<sub>4</sub>-Gehalt stieg von der 14. Sohle bis zur Rasenhängebank von 16 ppm auf 17 ppm. Dies korreliert mit den Messungen an den Dämmen und den Beobachtungen im Schacht. Bei dem Wetterstrom von rund 50 m<sup>3</sup>/s am Tag der Befahrung entspricht das einem CH<sub>4</sub>-Strom von 0,05 m<sup>3</sup>/min.

Am 01.04.2021 erfolgte eine weitere Befahrung der Wasserhaltung Zollverein durch die PFG. Der Luftdruck betrug an diesem Tag ca. 1007 hPa bei steigender Tendenz. Die Messungen an den Dämmen zeigten am Tag der Befahrung deutliche Unterdrücke (Tabelle 3). Im Flözniveau Zollverein 7/8 zog das Schachtmauerwerk ein.

**Tabelle 3:** Messungen an den Dämmen im Schacht Zollverein 2

Damm	Ort	Druck [Pa]
294	Scht. 2, 5. Sohle	-1695
102	Scht. 2, 6. Sohle, Süden	0
210	Scht. 2, 6. Sohle, Norden	-1712
-	Scht. 2, 12. Sohle, Norden	-1797
-	Scht. 2, 12. Sohle, Süden	-896
523	Scht. 2, 13. Sohle, Süden	-1806
505	Scht. 2, 13. Sohle, Norden	-1800
525	Scht. 2, 14. Sohle, Norden	-1393
524	14. Sohle, Umfahrung Scht. 2	-1363

## 5.2 Auswertung der Dammkartei

In der Wasserhaltung Zollverein befinden sich Abschlussdämme, die bis auf wenige Ausnahmen mit Beprobungsrohren ausgestattet sind, die eine regelmäßige Kontrolle ermöglichen. Zur Beurteilung der CH<sub>4</sub>-Gehalte und der Drücke in den abgedämmten Grubenbauen wurde die Dammkartei ausgewertet. Die Tabelle 4 zeigt die Messwerte der Dämme im Schacht Zollverein 2 und seinem unmittelbaren Umfeld.

**Tabelle 4:** Messungen an den Beprobungsrohren

Damm	Ort	Datum	CH <sub>4</sub> -Gehalt [Vol.-%]	Druck [Pa]	Luftdruck [hPa]
294	Scht. 2, 5. Sohle	08.06.2018	-	-1780	1010
		01.02.2021	0,00	-823	985
		13.03.2021	0,00	-206	987
102	Scht. 2, 6. Sohle, Süden	09.02.2017	-	-2000	1023
		08.06.2018	-	-1840	1010
		06.02.2020	-	-1400	1027
		01.02.2021	0,00	-840	985
		13.03.2021	0,0	-303	987
210	Scht. 2, 6. Sohle, Norden	06.02.2020	0,00	0	1027
		01.02.2021	0,00	0	985
		13.03.2021	0,00	2	987
-	Scht. 2, 12. Sohle, Norden	08.06.2018	-	0	1010
		03.02.2020	-	-1340	1027
		01.02.2021	0,00	-823	985
		13.03.2021	0,00	-337	987

Damm	Ort	Datum	CH <sub>4</sub> -Gehalt [Vol.-%]	Druck [Pa]	Luftdruck [hPa]
-	Scht. 2, 12. Sohle, Süden	08.06.2018	-	-1913	1010
		03.02.2020	-	-1380	1027
		01.02.2021	0,00	-455	985
		13.03.2021	0,00	-80	987
523	Scht. 2, 13. Sohle, Süden	08.06.2018	-	-1924	1010
		06.02.2020	-	-1402	1027
		01.02.2021	0,00	-939	985
		13.03.2021	0,00	-418	987
505	Scht. 2, 13. Sohle, Norden	09.02.2017	-	-2000	1023
		08.06.2018	-	-1924	1010
		08.06.2020	-	-1401	1027
		01.02.2021	0,00	-943	985
		13.03.2021	0,00	-410	987
525	Scht. 2, 14. Sohle, Norden	09.02.2017	-	-1600	1023
		21.02.2018	-	-2000	1010
		13.02.2019	-	-1590	1031
		06.02.2020	-	-1401	1027
		01.02.2021	0,00	-823	985
		13.03.2021	0,00	-150	987
		524	14. Sohle, Umfahrung Scht. 2	09.02.2017	-
21.02.2018	-			-1724	1010
13.02.2019	-			-1390	1031
06.02.2020	-			-1402	1027
01.02.2021	0,00			-450	985
13.03.2021	0,00			-100	987
1/2019	14. Sohle, Sumpfstrecke			03.02.2020	0,00
		01.02.2021	0,00	0	985
		13.03.2021	0,00	+48	987
2/2019	14. Sohle, Sumpfstrecke	03.02.2020	0,00	0	1027
		01.02.2021	0,00	-1	985
		13.03.2021	0,00	-2	987
3/2019	14. Sohle, Sumpfstrecke	03.02.2020	0,00	+28	1027
		01.02.2021	0,00	+31	985
		13.03.2021	0,00	+26	987

### 5.3 Langzeituntersuchung des Ausgasungsverhaltens

Zur Beurteilung des langfristigen Ausgasungsverhaltens des Schachtes Zollverein 2 und der an den Schacht angeschlossenen bewetterten Grubenbaue wurden die ortsfesten registrierenden CH<sub>4</sub>-Messeinrichtungen 901, 904 und 941 herangezogen (Abbildung 1). Die Messeinrichtung 901 befand sich im Wetterkanal des Schachtes Zollverein 2 und erfasste somit den Gesamtausziehstrom der Wasserhaltung Zollverein. Die CH<sub>4</sub>-Messeinrichtung 904 befand sich in der Pumpenkammer auf der 14. Sohle. Die CH<sub>4</sub>-Messeinrichtung 941 befand sich auf der 14. Sohle in der Anschlussstrecke zum Verbindungsberg Nordstern-Zollverein im Rückstrom der Sonderbewetterung.

Die aufgezeichneten Messwerte der o.g. CH<sub>4</sub>-Messeinrichtung wurden der PFG für den Zeitraum vom 01.10.2020 bis zum 15.03.2021 als Stundenmittelwerte zur Verfügung gestellt. Die aufgezeichneten Messwerte wurden durch die PFG auf Plausibilität geprüft und Abweichungen, wie z.B. durch Drift, weitgehend korrigiert. Durch Multiplikation der CH<sub>4</sub>-Gehalte mit dem Wetterstrom wurden die CH<sub>4</sub>-Ströme an den Messstellen errechnet. Durch Differenzbildung wurden die CH<sub>4</sub>-Zuströme zwischen den Messstellen ermittelt.

Im Untersuchungszeitraum betrug der CH<sub>4</sub>-Gehalt an der Messstelle 901 im Mittel 0,07 Vol.-% und maximal 0,16 Vol.-%. Bei einer Wettermenge von rund 43 m<sup>3</sup>/s. Damit wurden über den Hauptgrubenlüfter im Mittel 1,7 m<sup>3</sup>/min und maximal 4,2 m<sup>3</sup>/min CH<sub>4</sub> abgeführt (Abbildung 2).

Der CH<sub>4</sub>-Gehalt an den Messstelle 904 lag im Mittel 0,04 Vol.-% und maximal 0,09 Vol.-%. Der Mittelwert des CH<sub>4</sub>-Stroms betrug 1,1 m<sup>3</sup>/min und der Maximalwert 2,3 m<sup>3</sup>/min (Abbildung 3). Dabei handelt es sich um den Zustrom in den Schacht Zollverein 12 und untergeordnet über die Dämme im Bereich des Umtriebes des Schachtes Zollverein 12.

Der CH<sub>4</sub>-Gehalt an den Messstelle 941 lag im Mittel 0,05 Vol.-% und maximal 0,15 Vol.-%. Aus Differenzbildung der CH<sub>4</sub>-Gehalte an den Messstellen 941 und 904 ergibt sich ein rechnerischer Mittelwert des CH<sub>4</sub>-Zustroms betrug 0,2 m<sup>3</sup>/min und der Maximalwert 0,9 m<sup>3</sup>/min. Vor dem Hintergrund der Messungen an den Dämmen ist diese Differenz eher auf Messungenauigkeiten zurückzuführen.

Durch Differenzbildung der CH<sub>4</sub>-Ströme an den Messstellen 901, 904 und 941 ergibt sich kein eindeutiger CH<sub>4</sub>-Zustrom in den Schacht Zollverein 2 und den Schachtumtrieb des Schachtes Zollverein 2. Offensichtlich werden die tatsächlichen Differenzen von Messungenauigkeiten überlagert. Aus Differenzbildung der CH<sub>4</sub>-Ströme an den Messstellen 901 und 904 ergibt sich ein Mittelwert des CH<sub>4</sub>-Zustroms betrug 0,8 m<sup>3</sup>/min und der Maximalwert 3,2 m<sup>3</sup>/min (Abbildung 3).

Die Verläufe der CH<sub>4</sub>-Ströme zeigen ein deutlich barometrisch bedingtes Verhalten.

**Abbildung 2:** Gesamter CH<sub>4</sub>-Strom in die Wasserhaltung Zollverein

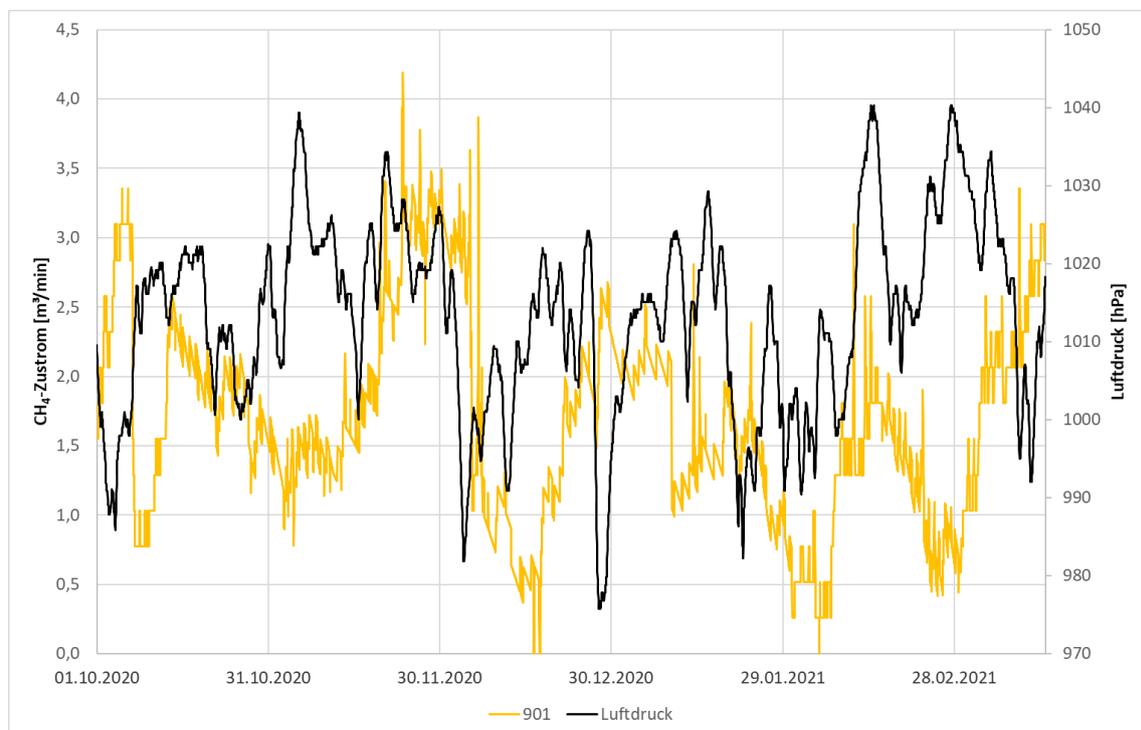
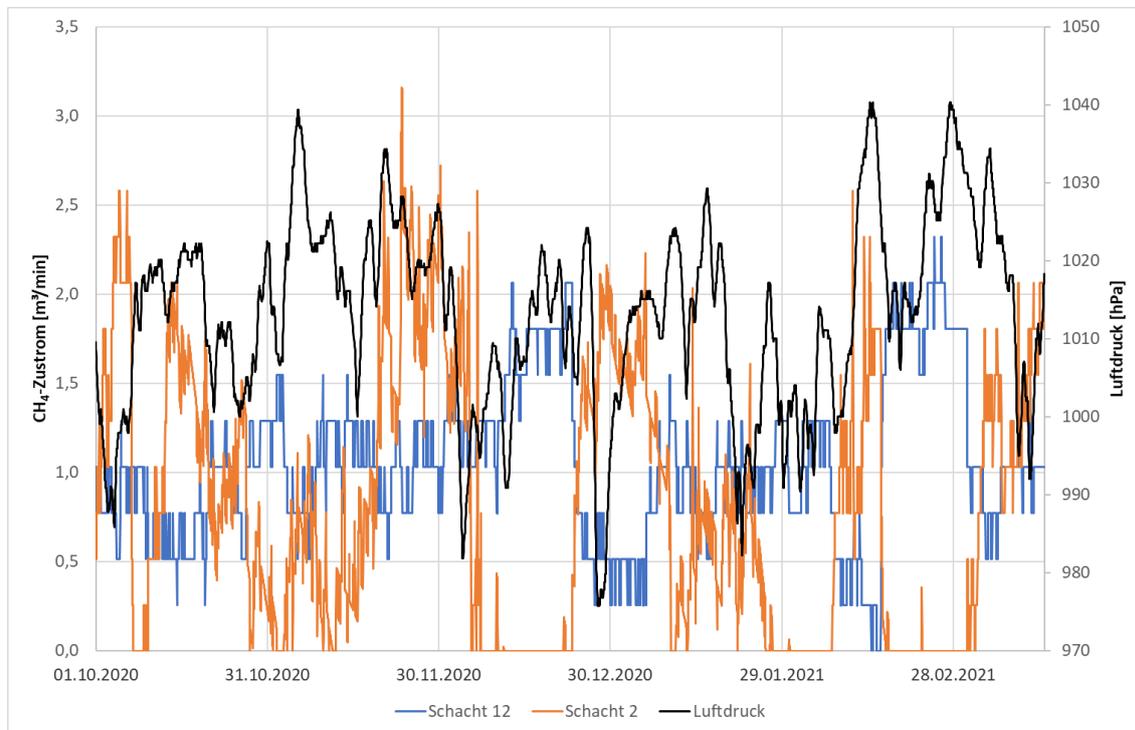


Abbildung 3: CH<sub>4</sub>-Zuströme in die Schächte inklusive der Umtriebe



#### 5.4 Einfluss der Grubengasgewinnung

Im Bereich der Emschermulde werden seit 2002 an verschiedenen Standorten Grubengasgewinnungsanlagen betrieben. Diese legen an das abgeworfene Grubengebäude des Bergwerkes Hugo heute einen Unterdruck von ca. -450 hPa an. Der durch die Grubengasgewinnung aufgeprägte Unterdruck wirkte sich in den letzten Jahren auch auf umliegende Grubenfelder aus. Am 18.03.2021 wurden durch die PFG Messungen an Entgasungsleitungen verfüllter Schächte im Umfeld der Wasserhaltung Zollverein durchgeführt, die dies bestätigen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Messungen an Entgasungsleitungen

Schacht	Druck [hPa]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [Vol.-%]	CO <sub>2</sub> -Gehalt [Vol.-%]	O <sub>2</sub> -Gehalt [Vol.-%]	Luftdruck [hPa]
Zollverein 11	-76,4	0,0	0,0	20,9	1016
Consolidation 6	-146,0	0,3	0,7	19,3	1018
Mathias Stinnes 5	-48,0	0,0	0,0	20,9	1018

## **6 Auftreten von CH<sub>4</sub> und Gefährdungen während der Verfüllung**

### **6.1 Situation vor dem wettertechnischen Abschluss**

Im Schacht Zollverein 2 sind die mit Beprobungsrohren ausgestatteten Dämme auf der 5., 6., 12., 13. und 14. Sohle derzeit einziehend. Weiterhin zieht das Schachtmauerwerk im Flöz-niveaus Zollverein 7 und Zollverein 8 ein. Somit wirkt sich der Unterdruck der Grubengasgewinnung auf die zwischen der 5. und 14. Sohle abgedämmten Grubenbaue aus. Die in der Langzeitmessung ermittelten CH<sub>4</sub>-Zuströme von bis zu 3,2 m<sup>3</sup>/min erfolgen somit wahrscheinlich primär oberhalb der 5. Sohle.

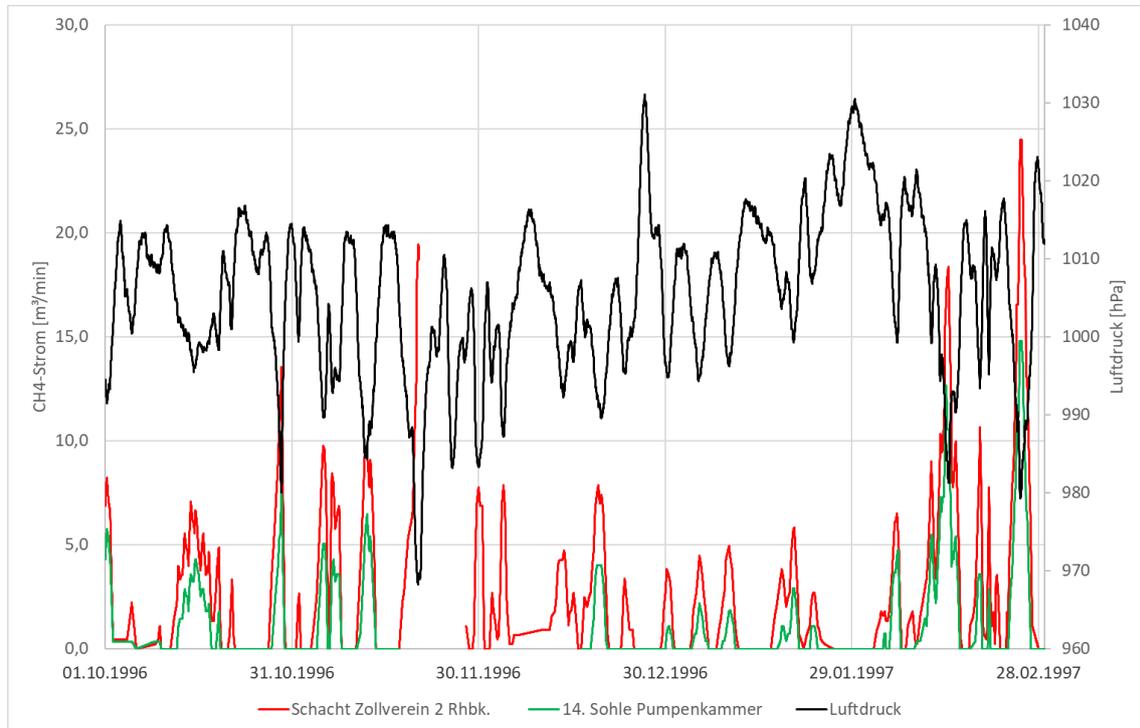
Die Unterdrücke an den Abschlussdämmen von -455 Pa bis -80 Pa bei einem Luftdruck von 987 hPa zeigen, dass das Druckgefälle der einziehenden Dämme bei sehr tiefen Luftdrücken kippen kann. Es ist zu erwarten, dass bei einem Kippen des Druckgefälles der bisher einziehenden Dämme aufgrund der lange vorherrschenden Druckverteilung zunächst nur geringe CH<sub>4</sub>-Gehalte hinter den Dämmen anstehen.

Es ist zu erwarten, dass die CH<sub>4</sub>-Zuströme in die Wasserhaltung Zollverein weiterhin maximal 4,2 m<sup>3</sup>/min betragen, wenn keine Veränderungen der Grubengasgewinnung im Bereich des Bergwerkes Hugo erfolgen.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich im Falle von Veränderungen der Grubengasgewinnung die CH<sub>4</sub>-Zuströme in die Wasserhaltung Zollverein mittelfristig erhöhen. Da die CH<sub>4</sub>-Gehalte der im weiteren Umfeld der Wasserhaltung anstehenden Gasgemische nicht bekannt ist, ist die dann zu erwartende Höhe der CH<sub>4</sub>-Zuströme auf Basis aktueller Daten schwer abzuschätzen.

Vor dem Rückzug aus dem Bergwerk Ewald/Hugo und vor der Inbetriebnahme der Grubengasgewinnung in der Emschermulde wurden im Rahmen von Untersuchungen zur Auslegung des Hauptgrubenlüfters CH<sub>4</sub>-Zuströme in die Wasserhaltung Zollverein ermittelt [5]. In diesem Rahmen wurden die Messwerte der ortsfesten CH<sub>4</sub>-Messeinrichtungen in der Pumpenkammer und unterhalb der Rasenhängebank im Schacht Zollverein 2 für den Zeitraum vom 01.10.1996 bis zum 28.02.1997 ausgewertet. In diesem Zeitraum betrug der CH<sub>4</sub>-Zustrom in die Wasserhaltung Zollverein im Mittel 2,5 m<sup>3</sup>/min und maximal rund 25 m<sup>3</sup>/min (Abbildung 4). Von dem maximalen Zustrom entfielen rund 15 m<sup>3</sup>/min auf den Schacht Zollverein 12 und rund 10 m<sup>3</sup>/min auf den Schacht Zollverein 2.

Abbildung 4: CH<sub>4</sub>-Zuströme in die Wasserhaltung Zollverein im Winterhalbjahr 1996/97



Innerhalb des hier untersuchten Zeitraumes erfolgte der Rückzug aus dem benachbarten Baufeld Consolidation und die Abschaltung des Hauptgrubenlüfters an den Schächten Consolidation 3/4, am 28.12.1996. Es ist zu erkennen, dass das Abschalten des Hauptgrubenlüfters an den Schächten Consolidation 3/4 und der damit einhergehende Druckanstieg im Grubenfeld Consolidation mit einem Anstieg des CH<sub>4</sub>-Zustromes in die Wasserhaltung Zollverein einherging. Der Hauptgrubenlüfter legte einen Unterdruck von 33 hPa an das Grubenfeld an. Vor dem 28.12.1996 betrug der CH<sub>4</sub>-Zustrom in die Wasserhaltung Zollverein maximal rund 20 m<sup>3</sup>/min bei einem Luftdruckabfall auf 968 hPa. Bezogen auf das Druckgefälle spiegelt dies im Grundsatz die derzeitige Situation wieder, in der ein durch die Grubengasgewinnung bedingtes Druckgefälle zum Grubenfeld Consolidation besteht.

Während sich der Wasserstand innerhalb des Grubenfeldes Zollverein seitdem nicht geändert hat, sind seit Einstellung der Gewinnung in 1996 rund 10 Jahre und 2021 rund 35 Jahre vergangen. Somit ist ein weiterer Rückgang der CH<sub>4</sub>-Zuströme aus dem Gebirge in das abgeworfene Grubengebäude zu unterstellen.

Vor diesem Hintergrund wird im Falle von Veränderungen der Grubengasgewinnung im Bereich des Bergwerkes Hugo als Worst Case ein CH<sub>4</sub>-Zustrom in die Wasserhaltung Zollverein von maximal rund 20 m<sup>3</sup>/min unterstellt. Zieht man die derzeitige Aufteilung der CH<sub>4</sub>-Zuströme auf die beiden Schächte bei jeweils tiefen Luftdrücken heran, würden davon rund 8 m<sup>3</sup>/min auf den Schacht Zollverein 12 und rund 12 m<sup>3</sup>/min auf den Schacht Zollverein 2 entfallen.

## **6.2 Situation während und nach dem wettertechnischen Abschluss**

Es ist anzunehmen, dass sich durch das Abschalten des Hauptgrubenlüfters am Schacht Zollverein 2 und dem wettertechnischen Abschluss keine zusätzliche signifikante Änderung des Ausgasungsverhaltens der Wasserhaltung Zollverein ergibt.

## **6.3 Gefährdungspotentiale im Zuge der Verfüllung ohne Schutzmaßnahmen**

### **6.3.1 Zulegen der Schalungsbühne und Ausfahrt der Mannschaft**

Nach Unterbrechung der durchgehenden Bewetterung ist bei Luftdruckabfällen mit CH<sub>4</sub>-Zuströmen in den Schacht Zollverein 2 zu rechnen.

Bei einer ausreichend bemessenen Sonderbewetterung besteht keine Gefahr durch zündfähige bzw. stickende Gasgemische innerhalb des zu verfüllenden Schachtabschnittes.

### **6.3.2 Zeitraum vom Zulegen der Schalungsbühne bis zum explosionsfesten Abschluss**

Sollte sich vor dem explosionsfesten Abschluss durch CH<sub>4</sub>-Zuströme auf der 13. oder 14. Sohle eine explosionsfähige Atmosphäre direkt unterhalb der Schalungsbühne bilden, ist zu unterstellen, dass diese auch in Undichtigkeiten im Bereich der Schalungsbühne selbst oder in Hohlräume innerhalb bzw. hinter dem Schachtausbau eindringt. Damit würde ein explosionsfähiges Gasgemisch zumindest mit geringem Volumen in dem Bereich anstehen, in dem planmäßig Verfüllgut aufschlägt oder anderes Material unplanmäßig aufschlagen kann. Eine Zündgefahr oberhalb der Schalungsbühne ist damit gegeben. Das Durchlaufen einer Zündung durch o.g. Strömungswege und damit die Zündung des unterhalb der Schalungsbühne anstehenden Gasgemisches ist grundsätzlich möglich. Dies würde sehr wahrscheinlich die Zerstörung der Schalungsbühne und des aufgebrachten Verfüllabschnittes zur Folge haben. Erst nachdem der explosionsfeste Abschluss realisiert ist, besteht keine Gefährdung durch dieses Szenario.

### 6.3.3 Gesamte Schachtverfüllung

Bei einer ausreichend bemessenen Sonderbewetterung besteht weiterhin keine Gefahr durch zündfähige bzw. stickende Gasgemische innerhalb des zu verfüllenden Schachtabschnittes.

## 7 Maßnahmen zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre

### 7.1 Vermeidung zündfähiger oder stickender Gasgemische im Arbeitsbereich

Mit dem Abschalten des Hauptgrubenlüfters soll die Sonderbewetterung im Schacht Zollverein 2 in Betrieb genommen werden.

### 7.2 Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre unterhalb der Schalungsbühne

Der wettertechnische Abschluss erfolgt nur, wenn die Dämme in den Füllrörtern des Schachtes Zollverein 2 auf der 13. und 14. Sohle während des wettertechnischen Abschlusses und innerhalb der nachfolgenden 36 Stunden einziehen.

Der wettertechnische Abschluss erfolgt daher abhängig von der Luftdruckprognose des Deutschen Wetterdienstes. Dazu ist im Vorfeld der Verfüllung zu bestimmen, bis zu welchem Luftdruck die Dämme einziehen und dieser Wert als Grenzwert festzulegen.

Der Zeitraum vom wettertechnischen Abschluss bis zum Erreichen der Explosionsfestigkeit soll nicht mehr als 36 Stunden betragen.

### 7.3 Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre oberhalb der Schalungsbühne

Während der Verfüllung und dem Einbau der Hüllrohre wird der Schacht sonderbewettert. Der CH<sub>4</sub>-Gehalt im Arbeitsbereich oberhalb der Füllsäulenoberfläche und im Rückstrom der Sonderbewetterung wird überwacht.

Die Sonderbewetterung ist zunächst so zu bemessen, dass ein CH<sub>4</sub>-Zustrom von 3,2 m<sup>3</sup>/min zu beherrschen ist.

Sollte der Einfluss der Grubengasgewinnung zurückgehen, wäre mit einem CH<sub>4</sub>-Zustrom in den Schacht Zollverein 2 von 12 m<sup>3</sup>/min zu rechnen. Ist dieser mit der Sonderbewetterung nicht zu beherrschen, ist ein vom Schacht Zollverein 2 in das Grubengebäude gerichtetes Druckgefälle durch Besaugung der Entgasungsleitung des Schachtes Zollverein 1 zu schaffen.

## **8 Wettertechnischer Abschluss**

Beim Abwerfen des Schachtes Zollverein 2 ist zu beachten, dass der bis zum wettertechnischen Abschluss notwendige Mindestwetterstrom ausreichend groß gewählt werden muss, damit die maximalen CH<sub>4</sub>-Zuströme in den Schacht und die mit dem Schacht abzuwerfenden Grubenbaue bei zulässigen CH<sub>4</sub>-Gehalten (< 1,0 Vol. %) und Einhaltung der Mindestwettergeschwindigkeit gem. BVOSt beherrschbar sind. Es muss ein CH<sub>4</sub>-Strom von maximal 20 m<sup>3</sup>/min über den Schacht Zollverein 2 abgeführt werden können.

Der wettertechnische Abschluss soll nach dem folgenden Arbeitsablauf durchgeführt werden:

1. Der Schacht wird zunächst über eine entsprechende Öffnung in der Schalungsbühne durchgehend bewettert. Die Schalungsbühne wird durch Aufbringen einer mehrerer Dezimeter dicken Baustoffschicht abgedichtet.
2. Wenn nach Prognose des Deutschen Wetterdienstes der Luftdruck zum Zeitpunkt des vorgesehenen wettertechnischen Abschlusses oberhalb des zuvor festgelegten Grenzwertes liegt und für die nachfolgenden 36 Stunden stabil ist oder ansteigt, kann mit Schritt 3 fortgefahren werden. Werden diese Bedingungen nicht erfüllt, ist das Abwerfen der Schächte Zollverein 2 und 12 zu verschieben.
3. Unmittelbar vor dem Schließen der Schalungsbühne wird der Hauptgrubenlüfter abgeschaltet. Zeitgleich wird die Sonderbewetterung im oberen Schachtabschnitt in Betrieb genommen.
4. Mit dem Abschalten des Hauptgrubenlüfters am Schacht Zollverein 2 werden die Schalungsbühnen in den Schächten Zollverein 2 und Zollverein 12 zeitgleich zugelegt.
5. Nach Ausfahren der Mannschaften beginnt unverzüglich die Verfüllung der Schachtes Zollverein 2. Der erste Verfüllabschnitt des Widerlagers wird als explosionsfester Abschluss erstellt.

## **9 Sonderbewetterung**

### **9.1 Wetterstrom und Anordnung**

Der Wetterstrom ist abhängig von dem bei der Verfüllung zu erwartenden CH<sub>4</sub>-Zustrom festzulegen.

Der Lüfter ist so anzuordnen, dass die aus dem Schacht austretenden Wetter nicht angesaugt werden können.

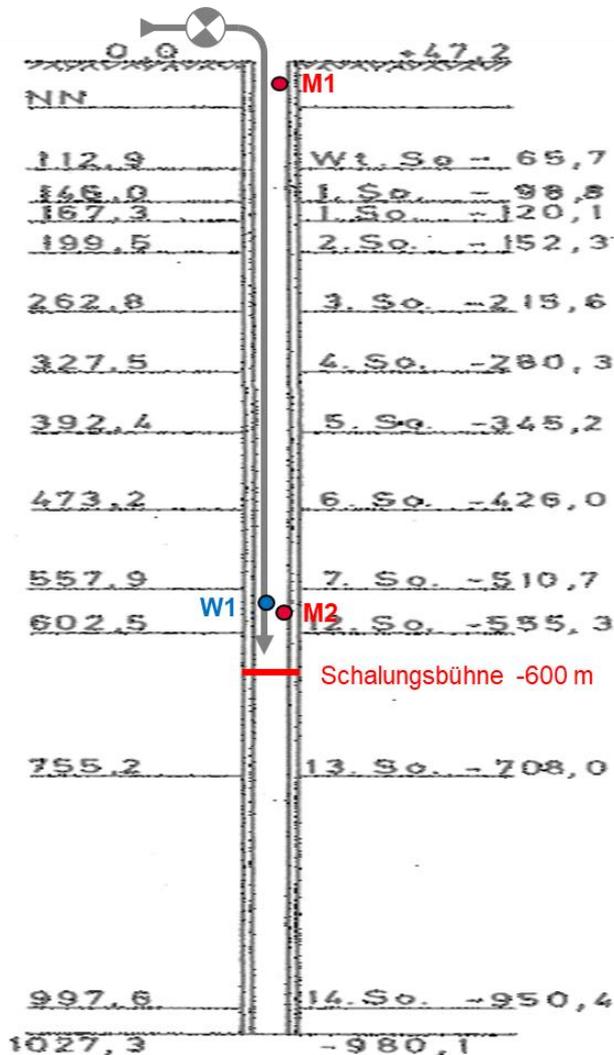
Der lichte Querschnitt des Schachtes beträgt rd. 24 m<sup>2</sup>. Die Ausblasöffnung der Lutte soll von der Füllsäulenoberfläche einen Abstand von 25 m nicht überschreiten.

### **9.2 Überwachung des Wetterstromes**

Der Wetterstrom in der Luttenleitung ist gemäß Ziffer 4.1 der Sonderbewetterungs-Richtlinie zu überwachen. Der entsprechende Messwertaufnehmer soll in der Luttenleitung maximal 20 m vom Ausblasende entfernt eingebaut werden (Abbildung 5).

Die Messwerte der Wetterstrom-Messeinrichtung sind zu registrieren. Bei Erreichen eines Grenzwertes, der nicht unter dem Mindestwetterstrom liegen soll, ist an einer ständig besetzten Stelle Alarm auszulösen. Bei Unterschreiten des Mindestwetterstromes müssen die elektrischen Anlagen gemäß Ziffer 4.1.5 der Sonderbewetterungs-Richtlinien und unter Berücksichtigung des § 29 der Elektro-Bergverordnung im sonderbewetterten Bereich selbsttätig abschalten.

Abbildung 5: Sonderbewetterung des Schachtes Zollverein 2



### 9.3 Überwachung des CH<sub>4</sub>-Gehaltes

Der CH<sub>4</sub>-Gehalt des Wetterstromes innerhalb des sonderbewetterten Schachtes ist in Anlehnung an Ziffer 4.1.2 der Sonderbewetterungs-Richtlinie zu überwachen. Es sind zwei CH<sub>4</sub>-Messeinrichtungen M1 und M2 zu betreiben. Der Messwertaufnehmer M1 sollte etwa 15 m unterhalb der Rasenhängebank angeordnet werden. Der Messwertaufnehmer M2 sollte derart angeordnet werden, dass der Rückstrom der Sonderbewetterung dort überwacht wird, wo eine Vermischung von Gaszutritten im Bereich der Füllsäulenoberfläche mit den Wetterern weitgehend abgeschlossen ist.

Der Messwertaufnehmer sollte daher etwa 10 m oberhalb des Ausblasendes der Luttenleitung angeordnet werden (Abbildung 5).

Die Messwerte der CH<sub>4</sub>-Messeinrichtungen sind zu registrieren. Bei Erreichen eines Grenzwertes von 1,0 Vol.-% ist an einer ständig besetzten Stelle Alarm auszulösen. Bei Erreichen eines Grenzwertes von 1,0 Vol.-% sind die elektrischen Anlagen gemäß Ziffer 4.1.5 der Sonderbewetterungs-Richtlinien und unter Berücksichtigung des § 29 der Elektro-Bergverordnung im sonderbewetterten Bereich selbsttätig abzuschalten.

## **10 Schutz der Tagesoberfläche vor Gefahren durch schädliche Gase aus dem stillgelegten Grubengebäude**

### **10.1 Entgasungsleitung**

Nach dem Abwerfen des Schachtes Zollverein 2 und der angeschlossenen Grubenbaue ist davon auszugehen, dass in den an den Schacht angeschlossenen Grubenbauen ein Gasgemisch mit mehr oder weniger großen CH<sub>4</sub>- und CO<sub>2</sub>-Gehalten und geringen O<sub>2</sub>-Gehalten ansteht.

Im Schacht Zollverein 1 ist eine Entgasungsleitung vorhanden, die das Grubengebäude unterhalb von 238 m Teufe entgast. Oberhalb gelegene Anschläge wurden nicht an die Entgasungsleitung angeschlossen.

Im Schacht Zollverein 11 ist eine weitere Entgasungsleitung vorhanden, die das Grubengebäude unterhalb von 253 m Teufe entgast. Oberhalb gelegene Anschläge wurden auch an diesem Standort nicht an die Entgasungsleitung angeschlossen.

Daher wird die Einrichtung einer weiteren Entgasungsleitung für die langfristige Entgasung des Grubengebäudes oberhalb der 3. Sohle empfohlen, um das Risiko von Gefahren durch schädliche Gase an der Tagesoberfläche insbesondere im Bereich der verfüllten und zu verfüllenden Schächten des ehemaligen Bergwerkes Zollverein zu reduzieren.

Der Schacht Zollverein 2 wird aufgrund seiner Anschlüsse an das Grubengebäude und der geeigneten vorhandenen Schachtleitungen als Standort für die langfristige Entgasung empfohlen. Zur kontrollierten Abführung dieses Gasgemisches sollte daher eine Entgasungsleitung mit einem Querschnitt von mindestens DN 350 im Schacht Zollverein 2 vorbereitet werden.

Die Leitung ist unterhalb des Widerlagers mit vollem Querschnitt zu öffnen. Zusätzlich sind die in Tabelle 6 genannten Anschlüsse bzw. Dämme an die Entgasungsleitung anzuschließen (siehe auch Abbildung 6). Die Anschlussrohre sollen dabei zur Ableitung von Kondensat zum Schacht/ zur Entgasungsleitung hin einfallen.

**Tabelle 6:** Anschlüsse der Entgasungsleitung im Schacht Zollverein 2

<b>Tiefe [m NHN]</b>	<b>Sohle</b>	<b>Art des Anschlusses</b>	<b>Durchmesser des Anschlusses</b>
-65,7	Wettersohle	4 Bohrungen im Nordwesten	DN 150
-120,1	1. Sohle	4 Bohrungen im Nordwesten	DN 150
-152,3	2. Sohle	4 Bohrung im Nordwesten	DN 150
-188,8	Flöze Zollverein 7 und 8	4 Bohrungen im Nordwesten + Südosten	je DN 100
-426,0	6. Sohle	Dämme Nordwesten + Südosten	je DN 100
-555,3	12. Sohle	Dämme Nordwesten + Südosten	je DN 100
-650 m	Schalungsbühne	unter Schalungsbühne geöffnet	min. DN 350



Die Entgasungseinrichtung muss zwischen Schieber und Be- und Entlüftungshauben mit Rückschlagklappen ausgestattet werden, mit deren Hilfe das Austrittsende der Leitung in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen dem Inneren der Entgasungseinrichtung und der Atmosphäre geöffnet bzw. geschlossen wird. Hierdurch soll erreicht werden, dass das Gas bei erhöhtem Druck (niedriger Barometerstand) in die Atmosphäre abströmen kann und dass bei zu niedrigem Druck (hoher Barometerstand) ein Eindringen von Luft in die Leitung vermieden wird. Bei der Verwendung der Rückschlagklappen ist darauf zu achten, dass sie hängend (in horizontal verlaufende Rohrleitungsabschnitte) eingebaut werden.

Bezüglich des Betriebes der Entgasungseinrichtung und von einzuhaltenden Schutzabständen zu der Entgasungseinrichtung sind die gültigen Regelwerke [1] und [4] zu beachten.

Der Anschluss und die Inbetriebnahme der Entgasungseinrichtung soll vor Verfüllbeginn erfolgen.

## **10.2 Behandlung nicht mehr benötigter Rohrleitungen**

Alle nach der Verfüllung nicht mehr benötigten Rohrleitungen sind von der endgültigen Füllsäulenoberfläche bis zum Widerlager mit Baustoff zu verfüllen. Um dabei ein Auslaufen des Baustoffes in das Grubengebäude zu vermeiden, sind diese Rohrleitungen vor Beginn der Verfüllung im Bereich des Widerlagers entsprechend zu trennen. Die Verfüllung der Rohrleitungen soll im Anschluss der Schachtverfüllung erfolgen. Im Hinblick auf eventuelle Ansammlungen explosionsfähiger Gasgemische sollte dabei das Trennen oder Öffnen der Rohrleitungen nahe der Tagesoberfläche bereits vor der Verfüllung erfolgen.

## **11 Behandlung der Tagesoberfläche**

Es wird empfohlen, den Schachtkeller und alle anderen ggf. darüber hinaus vorhandenen Hohlräume wie Rohr- und Kabelkanäle bis zu einem Umkreis von 25 m um den Schacht herum vollständig zu entfernen und den Bereich anschließend mit geeignetem Material zu verfüllen. Diese Arbeiten können später, im Zuge der Arbeiten zur Entlassung aus der Bergaufsicht bzw. dem Rückbau durchgeführt werden.

## **12 Nutzung der Oberfläche im Schachtschutzbereich**

Gemäß Ziffer 4 des allgemeinen Teils des Leitfadens für das Verwahren von Tagesschächten [1] ist der Schacht Zollverein 2 nach Abschluss der Verfüllung auf das Austreten schädlicher Gase an der Tagesoberfläche (möglichst bei niedrigem Luftdruck) zu überprüfen.

Für die Tagesoberfläche im Umkreis des Schachtes ist eine Sicherheitszone (Schachtschutzbereich) hinsichtlich der Ausgasung auszuweisen, die bei Durchführung der unter Ziffer 12 beschriebenen Maßnahmen eine Fläche mit einem Radius von 25 m um den Schachtmittelpunkt umfasst. Solange die unter Ziffer 11 beschriebenen Maßnahmen nicht durchgeführt worden sind, sind die beschriebenen zu entfernenden Bauwerke und Hohlräume in den Schachtschutzbereich einzubeziehen.

Innerhalb des Schachtschutzbereiches sollte auf die Durchleitung von Ver- und Entsorgungsleitungen sowie auf das Errichten von Gebäuden verzichtet werden. Anderenfalls sind zur Festlegung eventuell erforderlicher Maßnahmen weitere ausgasungstechnische Untersuchungen erforderlich.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass gemäß Ziffer 4 des allgemeinen Teils des Leitfadens für das Verwahren von Tagesschächten [1] die Lage der Tagesöffnung des verfüllten Schachtes Zollverein 2 in geeigneter Weise dauerhaft zu kennzeichnen ist. Die Kennzeichnung soll den Namen, die Lage des Mittelpunktes, die lichte Weite und die Tiefe des Schachtes angeben.

Essen 12.04.2021  
Der Sachverständige



(Imgrund)