

DMT GmbH & Co. KG**Civil & Mining Engineering**Die Fachstelle für Sicherheit -
Prüfstelle für GrubenbewetterungAm TÜV 1
45307 Essen / Deutschland

Tel.: +49 201 172-1270

Fax: +49 201 172-1462

Gutachtliche Stellungnahme
zur Freisetzung von Grubengas an der Tagesoberfläche im Zuge
des Wasseranstieges in der Wasserprovinz Haus Aden
auf -380 mNHN

Auftraggeber: RAG Aktiengesellschaft
Im Welterbe 10
45141 Essen

PFG-Nummer: 341 154 23
Berichtsdatum: 29.12.2023

Anzahl Seiten: 88

Sachverständiger: Dipl.-Ing. Ralf Orzol
Dipl.-Ing. Thomas Imgrund

Sitz der Gesellschaft
DMT GmbH & Co. KG
Standort Essen

Am TÜV 1
45307 Essen / Deutschland

Tel.: +49 201 172-01
Fax: +49 201 172-1462

Geschäftsführung:
DMT Verwaltungsgesellschaft mbH, Essen
Amtsgericht Essen HRB 20420
Vertreten durch die Geschäftsführer:
Dr. Maik Tiedemann (Vorsitzender)
Jens-Peter Lux

Vorsitzender des Aufsichtsrates:
Jürgen Himmelsbach

Amtsgericht Essen
HRA 9091



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Verwendete Unterlagen	6
3. Ausgangslage	9
3.1 Lage und Beschreibung der Wasserprovinz Haus Aden	9
3.2 Wasserstände und Wasseranstieg	9
4. Gasführung und Gasfreisetzung	10
4.1 Unterscheidung der Gasführung	10
4.2 Flözgas	10
4.3 Grubengas	12
4.4 Deckgebirgs gas	13
4.5 Beeinflussung der Gasfreisetzung durch die Grubengasgewinnung.....	16
4.6 Beeinflussung der Ausgasung durch den Wasseranstieg.....	18
5. Methodik der Bewertung	20
6. Kategorien bezüglich der Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an der Tagesoberfläche	23
6.1 Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem Deckgebirge sowie gasfreiem oberem Deckgebirge.....	23
6.2 Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge	23
6.3 Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau	24
6.4 Bereiche mit gasführendem oberem Deckgebirge.....	24
6.5 Bereiche mit kontrollierter Gasabführung	25
6.6 Bereiche mit eingeschränkter Gasabführung	26
6.7 Bereiche mit fehlender Gasabführung.....	26
6.8 Bereiche direkter Beeinflussung.....	27
6.9 Bereiche indirekter Beeinflussung	29
6.10 Keine Beeinflussung	30
6.11 Bewertungsmatrix	30
7. Abgrenzung des vom Wasseranstieg beeinflussten Bereiches	34
7.1 Beeinflussung innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden	34
7.2 Beeinflussung außerhalb der Wasserprovinz Haus Aden.....	34
8. Strömungstechnischen Eigenschaften und Gasführung des Deckgebirges.....	38

8.1 Grundlage der Bewertung	38
8.2 Bereich 3.....	38
8.3 Bereich 4 und 4a.....	39
8.4 Bereich 5 und 5a.....	40
8.5 Bereich 6.....	42
8.6 Bereich 7.....	43
8.7 Einstufung der Grubenfelder	43
9. Gasabführung	44
9.1 Gasaustritte an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen.....	48
9.2 Grubenfeld Hansa	49
9.3 Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia.....	50
9.4 Grubenfelder mit gasführendem oberem Deckgebirge.....	52
9.5 Grubenfeld Preußen I.....	53
9.6 Grubenfeld Monopol.....	54
9.7 Grubenfeld Werne.....	55
9.8 Grubenfeld Heinrich Robert.....	55
9.9 Tagesoberfläche im Bereich bekannter Tagesöffnungen	56
10. Schutzmaßnahmen	57
10.1 Schächte mit Lockermassenfüllsäulen	57
10.2 Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem gasfreiem oberem Deckgebirge.....	57
10.3 Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge bei direkter Beeinflussung	57
10.4 Überwachung der Unterdrücke sowie Beurteilung der Unterdruckerzeugung.....	59
10.5 Umsetzung von Schutzmaßnahmen für das Grubenfeld Preußen I.....	60
10.6 Anforderungen an Gasabsauganlagen.....	60
10.7 Machbarkeit und Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen.....	61
10.8 Bewertung der Gefährdung nach Umsetzung von Schutzmaßnahmen	61
11. Monitoring	63
11.1 Aufbau des Monitorings	63
11.2 Referenzwerte.....	67
11.3 Messungen an Schächten.....	67
11.3.1 Messstellen und Messpunkte	67
11.3.2 Messintervalle	68
11.3.3 Messungen der Stufe 1	69

11.3.4 Messungen der Stufe 2	74
11.4 Tagesoberfläche außerhalb von Schächten	79
11.4.1 Messstellen und Messpunkte	79
11.4.2 Messungen der Stufe 1	81
11.4.3 Messungen der Stufe 2	83
11.5 Warnwerte	83
11.6 Anpassung des Monitoringsprogrammes	85
11.7 Koordination und Dokumentation der Monitoringprogramme.....	85
12. Zusammenfassung.....	86

Anlagen

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Bewertung des Deckgebirges
Anlage 3	Überstauung der Deckgebirgsbasis
Anlage 4	Bereiche mit Messung des CH ₄ -Gehaltes an der Tagesoberfläche

1. Einleitung

Die RAG Aktiengesellschaft (RAG) beabsichtigt, den Grubenwasserspiegel in der Wasserprovinz Haus Aden bis auf ein Niveau von ca. -380 mNHN ansteigen zu lassen. Die Fachstelle für Sicherheit - Prüfstelle für Grubenbewetterung (PFG) der DMT GmbH & Co. KG (DMT) wurde durch die RAG beauftragt, zur möglichen Freisetzung von Grubengas an der Tagesoberfläche infolge des Grubenwasseranstieges gutachtlich Stellung zu nehmen.

Der Abschlussbetriebsplan für einen Grubenwasseranstieg bis in ein Niveau von -600 mNHN wurde durch die Bezirksregierung Arnsberg bereits zugelassen (Aktenzeichen 63.07-1.5-2017-1). Im Zuge des Betriebsplanverfahrens wurden dazu im März und Juli 2017 zwei gutachtliche Stellungnahmen zur Gasfreisetzung an der Tagesoberfläche durch die DMT erarbeitet. Darin wurde ein Monitoringkonzept vorgeschlagen, welches derzeit umgesetzt wird.

Grundlage für die vorliegende gutachtliche Stellungnahme sind neben dem Gutachten zur Vorhersage der Grubengasfreisetzung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wasseranstiegsszenarien nach Stilllegung von Bergbaustandorten (DMT GmbH & Co. KG vom 15.12.2008) insbesondere die Risswerke der Bergwerke, Informationen zur Geologie, Hydrologie und Gasführung des Karbons und des Deckgebirges, Aufzeichnungen der Messungen von Gaszusammensetzungen und Drücken an verwahrten Tagesöffnungen sowie bestehende Gutachten und Archivunterlagen zur Entgasung der stillgelegten Grubenfelder und Schächte in der Wasserprovinz Haus Aden.

Die Aufgabenstellung für die vorliegende gutachtliche Stellungnahme sind eine Beurteilung der wasseranstiegsbedingten Änderungen der Ausgasungssituation an der Tagesoberfläche, die Erarbeitung von Empfehlungen für zu ergreifende Maßnahmen zum Schutz der Tagesoberfläche vor Gefahren durch schädliche Gase und die Aufstellung eines Planes zum Monitoring der Ausgasungssituation.

2. Verwendete Unterlagen

- [1] Gutachten zur Vorhersage der Grubengasfreisetzung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wasseranstiegsszenarien nach Stilllegung von Bergbaustandorten – Teil B: Abgrenzung von Bereichen unterschiedlicher Gefährdung der Tagesoberfläche durch Gasaustritte in Abhängigkeit von Gasführung und Eigenschaften des Steinkohlen- und seines Deckgebirges, Nr. 03415 0000 vom 15.12.2008, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [2] Begutachtung und sicherheitstechnische Begleitung des Grubenwasseranstiegs auf dem Bergwerk Ost im Hinblick auf Fragen der Ausgasung, PFG-Nr. 351 251 12 vom 28.03.2013, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [3] Erstellung eines Monitoringplans für die ausgasungstechnische Überwachung der Tagesoberfläche im Zuge des Wasseranstiegs im Bereich des Bergwerks Ost östlich des Unnaer Sprungs, Bearb.-Nr. 351 117 17 vom 05.07.2017, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [4] Begutachtung des geplanten Grubenwasseranstiegs im Bereich des Bergwerks Ost westlich des Unnaer Sprungs im Hinblick auf Fragen der Ausgasung, PFG-Nr. 351 091 17 vom 26.09.2017, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [5] Gutachtliche Stellungnahme zur Vermeidung von Gefahren durch Methan- und Kohlendioxidausgasungen auf der Bergehalde Großes Holz, PFG-Nr. 352 172 04 vom 13.12.2004, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [6] Nachtrag zur gutachtlichen Stellungnahme zur Vermeidung von Gefahren durch Methan- und Kohlendioxidausgasungen auf der Bergehalde Großes Holz, PFG-Nr. 352 172 04 N vom 29.04.2005, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [7] Gutachtliche Stellungnahme zur Vermeidung von Gefahren durch schädliche Gase und zur Instandsetzung der Gasdrainage im Bereich des Gutes Haus Reck in Hamm-Lerche, PFG-Nr. 352 110 05 vom 18.07.2005, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [8] Gutachtliche Stellungnahme zum Ausgasungsverhalten im Bereich des Hauses Reck in Hamm, 27.01.2015, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung

- [9] Gutachterliche Stellungnahme zur Genese des Methangases im Bereich der Häuser Kampstr.3 und Haberkampstr. 30 in Hamm-Bockum-Hövel und Abschätzung grubenwasseranstiegsbedingter Ausgasung, PFG-Nr. 372 143 21 vom 06.12.2021, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [10] Nachtrag zur gutachtlichen Stellungnahme zur Einstellung der Grubengasgewinnung aus dem ehemaligen Bergwerk Hugo im Zusammenhang mit dem Ausgasungsmonitorings für die Wasserprovinz Carolinenglück, PFG-Nr. 351 096 23 N1 vom 12.07.2023, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [11] Gutachtliche Stellungnahme zur Bewertung von Warnwertüberschreitungen für die Grubenfelder Königsgrube, Hannover, Hannibal und Constantin im Zuge des Ausgasungsmonitorings für die Wasserprovinz Carolinenglück, PFG-Nr. 351 135 23 vom 13.10.2023, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [12] Ausgasungstechnische Bewertung des Schachtes Kaiserstuhl Ost 1 nach der Sanierung, Bearbeitungs-Nr. 352 123 16 vom 02.08.2016, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [13] Bericht über die Maßnahmen zur Gefahrenabwehr einer Methangasfreisetzung bei der Erstellung einer Geothermiebohrung im Wohngebiet Im Westfeld in Hamm Pelkum, PFG-Nr. 302 155 18 vom 26.07.2018, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [14] Gutachten zur Grubengasgewinnung in Nordrhein-Westfalen, PFG-Nr. 352 019 20 vom 03.04.2020, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [15] Sorptionsisothermen für Kohlen der Ruhrlagerstätte, 2002, DMT GmbH & Co.KG (unveröffentlicht)
- [16] THIELEMANN, T. (2000): Der Methanhaushalt über kohleführenden Sedimentbecken: Das Ruhrbecken und die Niederrheinische Bucht – Methanbildung, -migration und Austausch mit der Atmosphäre. – Bericht Forschungs-Zentrum Jülich, 3792: 350 S.; Jülich
- [17] MELCHERS, C. (2008): Methan im südlichen Münsterland – Genese, Migration, Gefahrenpotenzial. – Dissertation Westf. Wilhelms-Univ. Münster: 153 S.; Münster/Westf
- [18] Wasseranstieg Wasserprovinz Haus Aden -380 mNHN, DMT-Bearbeitungs-Nr.: CME2-2020-01155 vom 31.10.2023, DMT GmbH & Co.KG

- [19] Übersicht über die Wasserprovinz Haus Aden mit Darstellung der Wasserwege, Dezember 2014, RAG
- [20] Gutachten zu den Bodenbewegungen im Rahmen des stufenweisen Grubenwasseranstieges im Bereich der Wasserprovinz Haus Aden – Bewertung des Einwirkungspotenzials und Monitoringprogramm für ein optimiertes Anstiegsniveau bei -380 mNHN, 06.10.2023, Ingenieurbüro Heitfeld - Schetelig GmbH
- [21] Risswerke der Bergwerke in der Wasserprovinz Haus Aden und angrenzender Berechtsame
- [22] Geologische Karte des Ruhrkarbons 1:100.000, Geologisches Landesamt NRW, 1981
- [23] Archivunterlagen zu verwahrten Tagesöffnungen, DMT-Fachstelle für Sicherheit – Prüfstelle für Grubenbewetterung
- [24] Aufzeichnungen der Befahrungen der stillgelegten Tagesöffnungen in der Wasserprovinz Haus Aden 2010 - 2023, RAG
- [25] Aufzeichnungen der Befahrungen der stillgelegten Tagesöffnungen in der Wasserprovinz Haus Aden, thyssenkrupp Steel Europe AG
- [26] Grundwassermessstellen Ost 5 in Lünen - Messungen von Gaszusammensetzungen und -drücken an Grundwasserpegeln der RAG, RAG
- [27] Die Steinkohlenzechen im Ruhrrevier, J. Huske, 3. Auflage, 2006
- [28] 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-)
- [29] Rundverfügung „Stilllegung von Grubenfeldern im Steinkohlenbergbau und Entgasungsmöglichkeiten abgeworfener Tagesöffnungen“, Landesoberbergamt NRW vom 02.08.2000 (AZ 18.8-2000-7)

3. Ausgangslage

3.1 Lage und Beschreibung der Wasserprovinz Haus Aden

Die Wasserprovinz Haus Aden liegt im östlichen Bereich des Ruhrgebietes und erstreckt sich auf einer Länge von 35 km in nordost-südwestlicher Richtung und bis zu 15 km in nordwest-südöstlicher Richtung. Insgesamt wird eine Fläche von rund 230 km² eingenommen. Die Wasserprovinz Haus Aden umfasst die kreisfreien Städte bzw. Landkreise Dortmund, Unna und Hamm.

Die Steinkohlegewinnung innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden lief im Jahr 2010 mit der Stilllegung des Bergwerkes Ost aus. Der großräumige Rückzug aus den Grubenfeldern im Westen der Wasserprovinz erfolgte bereits ab Anfang der 1980er Jahre mit den Stilllegungen der Bergwerke Hansa, Minister Stein und Gneisenau. Die Kohlegewinnung erreichte ihre maximale Teufe von rund 1500 m im Baufeld Monopol des Bergwerkes Ost. Im Südwesten wurden geringere Teufen von in der Regel maximal 1000 m erreicht.

Innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden befinden sich zahlreiche stillgelegte Tagesöffnungen. Am südwestlichen Rand der Wasserprovinz stehen die Schächte direkt im Karbon und mit dem nördlichsten mit der Wasserprovinz verbundenen Schacht Radbod 6 wurde ein ca. 895 m mächtiges Deckgebirge durchteuft. Die Tiefbauschächte sind zum einen Teil mit kohäsiven Füllsäulen verwahrt und zum anderen Teil mit Lockermassen verfüllt und mit Abdeckplatten ausgestattet. Die mit Lockermassen verfüllten Schächte verfügen teilweise bereits über montierte Entgasungseinrichtungen bzw. können damit ausgestattet werden. Die mit kohäsiven Voll- oder Teilfüllsäulen verfüllten Schächte sind teilweise mit Entgasungsleitungen ausgestattet, die bis in das Grubengebäude führen und somit zur gezielten Entgasung zur Verfügung stehen.

3.2 Wasserstände und Wasseranstieg

Mit der Einstellung der untertägigen Wasserhaltung am Standort Haus Aden 2 wird derzeit in der Wasserprovinz Haus Aden keine Wasserhaltung betrieben. Der Grubenwasserspiegel steigt entsprechend an. Bisher ist der Anstieg bis auf ein Niveau von -600 mNHN genehmigt. Zunächst ist vorgesehen, die Brunnenwasserhaltung im Schacht Haus Aden 2 in Betrieb zu nehmen, sobald dieser Wasserstand erreicht ist. Nach der Prognose auf Basis des Boxmodells wird dies im Jahr 2026 der Fall sein.

Die derzeitigen Wasserstände in den einzelnen Teilprovinzen innerhalb der Wasserprovinz ergeben sich aus den regelmäßigen Lotungen bzw. dem Niveau der Übertrittstellen:

- Hansa: ca. -590 mNHN
- Tremonia: ca. -235 mNHN
- Gneisenau, Kurl: ca. -695 mNHN
- Kurl 1: ca. -114 mNHN
- Haus Aden, Werne, Monopol, Grillo, Heinrich Robert, Radbod: ca. -770 mNHN

Es wird damit gerechnet, dass der Wasseranstieg bis -380 mNHN über einen Zeitraum von rund 3 Jahren erfolgt [18].

4. Gasführung und Gasfreisetzung

4.1 Unterscheidung der Gasführung

In Bezug auf das Bearbeitungsgebiet und die Aufgabenstellung wird im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahmen zwischen

- den in der Kohlenlagerstätte gebundenen Gasgemischen (nachfolgend Flözgas genannt),
- den in durch den Bergbau geschaffenen Hohlräumen anstehenden Gasgemischen (nachfolgend Grubengas genannt) und
- den in Teilen des kretazischen Deckgebirges anstehenden Gasgemischen (nachfolgend Deckgebirgsgas genannt)

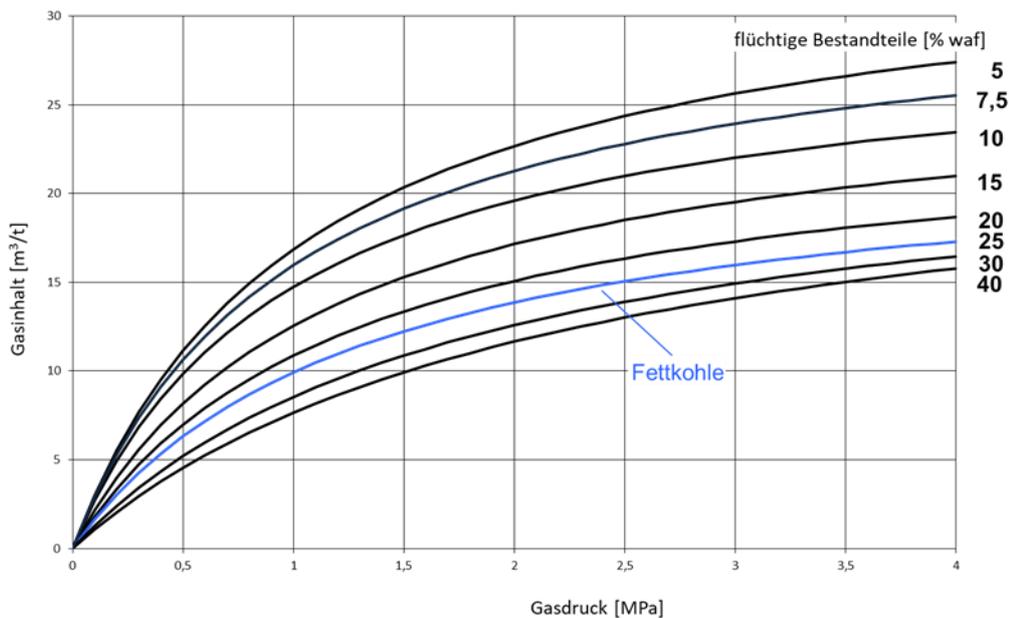
unterschieden. Diese Unterscheidung ist für das Verständnis möglicher Gasaustritte an der Tagesoberfläche und ihrer Ursachen entscheidend.

4.2 Flözgas

Die Bildung des Flözgases geht auf die Entstehung der Steinkohle im Karbon vor etwa 300 Millionen Jahren und seiner Inkohlung sowie eine jüngeren Nachinkohlung zurück. Im Zuge der Inkohlung sind neben Wasser verschiedene Gase - im Wesentlichen Methan (CH_4), Kohlendioxid (CO_2) und Stickstoff (N_2) - gebildet worden. In der Lagerstätte des Ruhrreviers besteht das Flözgas zu über 85 % aus CH_4 [16]. Dieses CH_4 wird aufgrund seiner Bildung aus organischem Material als biogen bezeichnet, wobei hier eine weitere Abgrenzung aufgrund der thermischen Abspaltung des Gases von der organischen Substanz als thermogenes CH_4 erfolgt.

Das Flözgas liegt zu einem geringen Anteil als freies Gas im Porenraum der Kohle und der die Kohle umgebenden Nebengesteine vor und ist zum weitaus größeren Teil adsorptiv an die innere Oberfläche der Kohle und der organischen Substanz innerhalb der Nebengesteine gebunden. Das Vermögen der Kohle, Gas adsorptiv zu speichern, wird durch sogenannte Sorptionsisothermen beschrieben. Eine Sorptionsisotherme beschreibt ein an eine feste Oberfläche adsorbiertes Gasvolumen als eine Funktion des Druckes für jeweils eine bestimmte Temperatur, ein bestimmtes Gas und ein bestimmtes festes Material. Durch die DMT wurden in der Vergangenheit im Rahmen von verschiedenen Forschungsvorhaben Sorptionsisothermen für die in der Ruhrlagerstätte vorhandenen Kohlenarten bestimmt, die hier nach ihrem Anteil an flüchtigen Bestandteilen unterschieden wurden (Abbildung 1) [15]. Der Gasinhalt, der das auf die Kohlenmasse bezogene Gasvolumen unter atmosphärischen Bedingungen darstellt, bezieht sich hier auf CH₄ als Hauptbestandteil des Flözgases. In der Ruhrlagerstätte erreichten die Gasinhalte selten Werte von mehr als 15 m³/t. Hohe Gasinhalte treten dabei überwiegend in Fettkohlen auf.

Abbildung 1: Sorptionsisothermen für verschiedene Kohlenarten



Im Zuge der Kohlegewinnung wurden die Gasinhalte der nicht abgebauten und in der Lagerstätte verbliebenen Kohlen durch Entspannung und Auflockerung mehr oder weniger stark reduziert. Diese weisen somit heute Gasinhalte zwischen 0 und 15 m³/t und – unter Berücksichtigung der vorherrschenden Kohlenarten - Gasdrücke von in der Regel zwischen 0 und 2,5 MPa auf [14]. Wenn ein Druckgefälle zwischen Gasdruck und Porendruck der Kohle besteht, desorbiert das Gas. Der Porendruck ergibt sich aus dem hydrostatischen Druck der aufstehenden Wassersäule bzw. dem Druck des in Poren und wasserfreien Hohlräumen anstehenden freien Gases.

Seit der Entstehung der Steinkohle ist ein großer Anteil der während der Inkohlung und der jüngeren Nachinkohlung gebildeten Gase auf natürlichem Wege aus der Lagerstätte freigesetzt und an die Atmosphäre abgegeben worden. Weitere Teile der Gase wurde in der Steinkohlenlagerstätte und in einigen Bereichen des die Steinkohlenlagerstätte überlagernden kretazischen Deckgebirges gespeichert.

4.3 Grubengas

Die Freisetzung des Flözgases in die durch den Bergbau geschaffenen Hohlräume erfolgte in großem Umfang während der Kohlegewinnung aufgrund der Entspannung und Auflockerung des Raumes oberhalb und unterhalb der gewonnenen Kohlschichten. Die Gasfreisetzung klingt mit Einstellung der Kohlegewinnung zwar stark ab, erfolgt aber auf niedrigerem Niveau weiterhin über Zeiträume von mehr als 60 Jahre. Die ursprünglich in den planmäßig geschaffenen Hohlräumen, den Grubenbauen, anstehende Luft wurde dabei verdrängt und der Anteil an O₂ durch Oxidationsprozesse weiter verringert. Die durch den Bergbau insgesamt geschaffenen Hohlräume – Grubenbaue und Bruchzonen – sind somit mit sauerstoffarmen Gasgemischen gefüllt, deren wesentlichen Bestandteile Methan (CH₄), Kohlendioxid (CO₂) und Stickstoff (N₂) sind. Diese Gasgemische werden als Grubengas bezeichnet. Die Anteile der einzelnen Gase am Grubengasgemisch sind von Bergwerk zu Bergwerk unterschiedlich und können auch innerhalb eines Bergwerkes Unterschiede in vertikaler und horizontaler Richtung aufweisen. Die tatsächliche Gaszusammensetzung zeigt sich bei Messungen an ausziehenden Entgasungsleitungen oder aber bei der Analyse abgesaugter Gasgemische. Messungen an mit Lockermassen verfüllten Schächten weisen dagegen oft eine Vermischung mit Luft auf. Die im Bearbeitungsgebiet im Zuge der Grubengasgewinnung abgesaugten Gasgemische weisen derzeit CH₄-Gehalte von 40 bis 75 Vol.-% sowie CO₂-Gehalte von um 8 bis 25 Vol.-% auf. Da weite Teile der Wasserprovinz Haus Aden von der Grubengasgewinnung erfasst sind, können diese Werte als repräsentativ zumindest für die tieferen Grubenbaue in der Wasserprovinz Haus Aden angesehen werden. Besonders im Bereich des tagesnahen Bergbaus sind geringere CH₄-Gehalte aufgrund von Luftzutritten zu erwarten.

In Abhängigkeit von barometrischen Luftdruckschwankungen findet ein Austausch von Gasen zwischen dem Grubengebäude, welches die Gesamtheit der einzelnen Grubenbaue eines Bergwerkes darstellt, und der freien Atmosphäre statt. Bei niedrigen bzw. fallenden Luftdrücken strömt Gas aus Grubenbauen in das offene Grubengebäude bzw. an die Tagesoberfläche und bei hohen bzw. steigenden Luftdrücken kehrt sich die Strömungsrichtung in der Regel um. Die Höhe dieser Strömungen ergibt sich aus der Qualität bzw. Durchlässigkeit der Strömungswege zwischen Grubengebäude und Atmosphäre sowie dem Druckgefälle. Erfahrungswerte aus der wallonischen Kohlenlagerstätte in Belgien zeigen, dass sich über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten bei

dichtem Deckgebirge ein Lagerstättendruck von ca. 0,2 MPa aufbauen kann. In der Ruhrlagerstätte wurden Überdrücke im Grubengebäude von mehr als 45 hPa aufgrund der vorhandenen Undichtigkeiten zwischen den Bergwerken bisher nicht beobachtet [13]. Die in weiten Bereichen des Ruhrreviers betriebene Grubengasgewinnung hat heute einen wesentlichen Einfluss auf die Druckverhältnisse in den Grubengebäuden und die Gasfreisetzung aus den Grubengebäuden. Im Zuge der Grubengasgewinnung werden dabei Unterdrücke von meistens mehreren 100 hPa an das Grubengebäude angelegt, so dass die barometrische Reaktion deutlich überlagert wird.

Neben dem Austausch von Gasen zwischen Grubengebäude und Atmosphäre erfolgen auch Strömungen zwischen einzelnen Grubengebäuden, die sich ebenfalls aus Druckgefällen ergeben, die im Wesentlichen durch natürliche Zu- und Abstromraten und die Grubengasgewinnung, jedoch auch durch den Grubenwasseranstieg bedingt sind.

Höhere Überdrücke im Grubengebäude erhöhen die Wahrscheinlichkeit unkontrollierter Gasaustritte an der Tagesoberfläche. Um solche unkontrollierten Austritte von Grubengas an der Tagesoberfläche zu vermeiden, werden seit den späten 1980er Jahren im Zuge der Verwahrung von Tagesschächten sogenannte Entgasungsleitungen vorgesehen, die einen planmäßigen Abstrom von Grubengas an die Tagesoberfläche ermöglichen. Ab dem Jahr 2000 wurden Entgasungskonzepte umgesetzt, bei denen die kontrollierte Gasabführung auf Basis von Prognosen der nach der Stilllegung langfristig zu erwartenden Gasabströme geplant wurde [29]. Dabei wurde zunächst ausschließlich eine passive Entgasung über Entgasungsleitungen vorgesehen, die den Aufbau kritischer Überdrücke im Grubengebäude verhindert. Die seit etwa dem Jahr 2000 vielerorts betriebene Grubengasgewinnung und -verwertung stellt eine aktive Entgasung dar, die das Ziel der kontrollierten Gasabführung zwar unterstützt, jedoch nicht Bestandteil der vom Bergwerksbetreiber umzusetzenden Entgasungskonzepte ist.

4.4 Deckgebirgsgas

In weiten Teilen des Bearbeitungsgebietes ist eine Gasführung des kretazischen Deckgebirges bekannt. Dabei handelt es sich um weitgehend reines CH₄ oder um Gemische, die im Wesentlichen aus CH₄, N₂ und CO₂ bestehen. Gaszutritte in Bohrungen und beim Abteufen von Schächten zeigen, dass im gesamten Bearbeitungsgebiet mit einer Gasführung in den Schichten unterhalb des Emscher-Mergels zu rechnen ist [1]. Gasbläser und Gaszutritte, die bei Bohrungen in unterschiedlichen Horizonten aufgetreten sind, und Gasaustritte an der Tagesoberfläche zeigen, dass Deckgebirgsgas zumindest östlich des Unnaer Sprunges in nahezu allen Schichten des Deckgebirges auftreten kann.

In dem Zusammenhang stellen zunächst die geklüfteten und teils verkarsteten Kalkmergelschichten des Cenomans und Turons einen Gasspeicher dar. Hierbei handelt es sich offensichtlich überwiegend um isolierte Gasfallen, was sich in einem inhomogenen Auftreten von Gasaustritten bei Bohrungen zeigt. Das Gas kann einerseits in Gasfallen unter hohem Druck über dem gespannten Wasser anstehen oder in gelöster Form vorliegen [17]. Im Bereich des Turons und Cenomans traten im Jahr 2022 beim Bohren der tiefen Grundwassermessstelle Ost 5.1 in Lünen Spülungsverluste auf und es wurde ein Gasgemisch mit 99,3 Vol.-% CH_4 und 0,4 Vol.-% CO_2 bei einem Druck von 1,5 MPa festgestellt [26]. Der Überdruck von im Turon anstehenden freien Gas liegt offensichtlich in der Größenordnung des hydrostatischen Druckes.

Die Verwitterungsschicht der diese Formationen überlagernden Oberkreide-Mergels sowie gering durchlässige quartäre Ablagerungen weisen eine abdichtende Wirkung auf, unter der Gas in freier und gelöster Form angereichert ist [17]. Zahlreiche Gasaustritte an der Tagesoberfläche belegen, dass eine abdichtende Wirkung in Bezug auf Gas nicht flächendeckend gegeben ist. Bei Geothermiebohrungen in den Mergel der oberen Kreide sind im Jahr 2018 in Hamm-Pelkum und in Lünen Gasbläser in Teufen von etwa 82 m bzw. 90 m aufgetreten. Die freigesetzten Gasgemische wiesen CH_4 -Gehalte von rund 90 Vol.-%, N_2 -Gehalte von um die 10 Vol.-% und geringe CO_2 -Gehalte auf [13]. Durch Isotopenanalyse wurde in beiden Fällen eine thermogene Gasbildung nachgewiesen. Das in Hamm-Pelkum freigesetzte Gasgemisch trat ohne Wasser aus und umfasste ein Volumen in der Größenordnung von 27.000 m^3 , bezogen auf Atmosphärendruck. Dagegen trat in Lünen ein Gas-Wasser-Gemisch aus. Diese Gasaustritte weisen darauf hin, dass entsprechende Kluftsysteme als Gasspeicher vorhanden sind. Gasaustritte an der Tagesoberfläche auf der Bergehalde Großes Holz in Bergkamen setzten Gasgemische mit einem CH_4 -Gehalt von 72 Vol.-% und einem im Vergleich zu anderen Gasaustritten sehr hohen CO_2 -Gehalt von 22 Vol.-% frei [5, 6].

Eine genaue Abgrenzung der horizontalen und vertikalen Verbreitung der einzelnen gasführenden Horizonte des Deckgebirges ist bisher nicht möglich.

Die Herkunft des im Deckgebirge auftretenden CH_4 ist zwar Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen, jedoch nicht abschließend geklärt. Bei dem unterhalb des Emscher-Mergel auftretenden Gas handelt es sich um thermogenes, durch die Inkohlung und Nachinkohlung gebildetes CH_4 , welches über lange Zeiträume in das Deckgebirge eingewandert ist. Im oberen Deckgebirge kommen dagegen sowohl thermogenes als auch bakteriell gebildetes CH_4 vor [9, 16, 17]. Sowohl das thermogenes als auch das bakteriell gebildete CH_4 wird in Abgrenzung zu aus anorganischem Material gebildeten CH_4 als biogenes CH_4 bezeichnet. Ob und inwieweit während oder nach der Kohlegewinnung verstärkt Flözgas aus der unterbauten, aufgelockerten Lagerstätte oder Grubengas aus dem bergmännisch geschaffenen Hohlraum in das Deckgebirge eingetreten ist, ist nicht bekannt.

Austritte von CH₄ und Gemischen aus CH₄ und CO₂ an der Tagesoberfläche sowie das Auftreten der Gase in Brunnen und Grundwassermessstellen sind im östlichen Ruhrgebiet bzw. im südlichen Münsterland seit längerem bekannt. Dies betrifft zum einen Schachtbereiche. Verfüllte Schächte stellen eine Störung im Deckgebirge, insbesondere im Bereich des dichtenden Oberkreide-Mergels, dar. Austritte von CH₄, die aufgrund eines im Grubengebäude anstehenden hohen Unterdruckes oder einer vollständigen Überstauung des Grubengebäudes nachweislich auf Deckgebirgsgas zurückzuführen sind, sind z.B. am Schacht Radbod 4 oder am Schacht Sachsen 1 zu beobachten.

Gasaustritte außerhalb von Schachtbereichen treten in Bereichen auf, die nicht vom Bergbau beeinflusst sind und in solchen, die unmittelbar unterbaut sind bzw. im Einwirkungsbereich des Bergbaus liegen. Zwar liegen die meisten bekannten Gasaustritte sowie Messpunkte, an denen erhöhte CH₄-Gehalte der Bodenluft nachgewiesen wurden, im vom Bergbau beeinflussten Bereich, dies hängt aber auch damit zusammen, dass dieser Bereich stärker bebaut ist und im Fokus verschiedener Messkampagnen war. Eindeutige zeitliche Zusammenhänge von Gasaustritten mit der Abbautätigkeit oder räumliche Zusammenhänge z.B. mit abbaubedingten Unstetigkeiten und Zerrungszonen konnten in einzelnen Fällen erkannt werden. Dokumentiert sind diese Zusammenhänge für die Gasaustritte am Haus Reck in Hamm-Lerche und die Lippe-Wiesen in Hamm-Sandbochum, auch bekannt als „Brennende Felder“.

Der Gasaustritt am Haus Reck trat seit 1988 mit unterschiedlicher Intensität auf [7, 8]. Dabei war ein zeitlicher und räumlicher Zusammenhang mit der Kohlengewinnung erkennbar. Während der Unterbauung des Hauses Reck in den Flözen Zollverein 5 Obk. bzw. Zollverein 6 Obk. im Zeitraum von 1988 bis 1990 und in Flöz Grimberg 2/3 im Jahr 1997 wurden vergleichsweise hohe CH₄-Gehalte in dem dort vorhandenen Gasfassungssystem nachgewiesen. In den Jahren 2004 und 2010 stiegen die CH₄-Gehalte in einem zeitlichen Zusammenhang mit Gewinnungsbetrieben in den Flözen Wilhelm und Röttgersbank, wobei das Haus Reck in der Zerrungszone im Einwirkungsbereich dieser Gewinnungsbetrieben lag.

Die Gasaustritte in den Lippe-Wiesen sind seit 1965 dokumentiert und waren Gegenstand intensiver Betrachtungen. Die Gasaustritte befinden sich am Rand eines Senkungstrogens, der durch Zerrung und damit eine Erhöhung der Durchlässigkeit und der Transmissivität gekennzeichnet ist. THIELEMANN [16] kommt zu dem Schluss, dass der Auslöser für diese Gasaustritte der Bergbau ist und keine natürliche Ursache vorliegt.

Dies zeigt zunächst, dass die erhöhte Freisetzung von Deckgebirgsgas im Zuge von Bodenbewegungen grundsätzlich möglich ist und einzelne Strömungswege innerhalb des Deckgebirges durch den Bergbau entstanden sind bzw. erweitert wurden.

In diesem Zusammenhang ist nicht abschließend geklärt, ob in den genannten Fällen unmittelbar aus dem Karbon stammendes Flözgas oder aber im Deckgebirge gespeichertes Gas ausgetreten ist. Aufgrund der hohen Wahrscheinlichkeit, dass in diesen Bereichen im Deckgebirge freies Gas in verschiedenen Horizonten anstand, erscheint letztere Möglichkeit jedoch wahrscheinlicher.

Die Tatsachen, dass

- bei Gasbläsern bei Bohrungen und bei Gasaustritten an der Tagesoberfläche nahezu reines CH₄ oder aber nahezu N₂-freie Gasgemische aus CH₄ und CO₂ auftreten und
- Gasbläser bei Bohrungen und Gasaustritte an der Tagesoberfläche in den letzten Jahren auch dort auftraten, wo das Grubengebäude unter von der Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdrücken von mehreren 100 hPa stand

zeigen, dass die Gasführung des Deckgebirges in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit der Gasführung des Grubengebäudes steht. Die Grubengasgewinnung hat ebenfalls keinen direkten Einfluss auf die Gasführung des Deckgebirges. In welchem Umfang ein Austausch von Gasgemischen zwischen Grubengebäude und Deckgebirge auch über längere Zeiträume stattfinden kann, ist jedoch nicht abschließend geklärt.

4.5 Beeinflussung der Gasfreisetzung durch die Grubengasgewinnung

Die Bergwerke im Nordwesten der Wasserprovinz Haus Aden wurden 1980 bis 1987 stillgelegt. In diesem Zusammenhang konnte zunächst an vielen verfüllten Schächten eine verstärkte Ausgasung des Grubengebäudes beobachtet werden. Ab dem Jahr 2000 begann, gefördert auf Basis des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG), die weiträumige Gewinnung und Verwertung von Grubengas. Dadurch hat sich die Freisetzung von Grubengas an der Tagesoberfläche im Bereich verfüllter Schächte bis heute deutlich verringert.

Derzeit wird an folgenden Standorten innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden Grubengas über Entgasungsleitungen bzw. Gewinnungsbohrungen abgesaugt:

- Bergwerk Hansa: Entgasungsleitung Schacht Hansa 3
- Bergwerk Minister Stein: Entgasungsleitung Schacht Minister Stein 4
- Bergwerk Gneisenau: Entgasungsleitung Schacht Gneisenau 4
- Bergwerk Preußen: Gewinnungsbohrung Preußen-Methan 1
- Bergwerke Monopol und Werne: Entgasungsleitungen Schacht Grillo 1 und Werne 3
- Bergwerk Heinrich Robert: Entgasungsleitungen Schacht Humbert und Heinrich

Durch die Grubengasgewinnung hat sich weiträumig ein Unterdruck in den abgeworfenen Grubengebäuden ausgebildet. In den unmittelbar besaugten Grubenfeldern liegen die Unterdrücke in folgenden Größenordnungen:

- Schacht Hansa 3: ca. -280 hPa (Saugdruck)
- Schacht Minister Stein 4: ca. -700 hPa (Saugdruck)
- Schacht Gneisenau 4: ca. -725 hPa (Saugdruck)
- Schacht Kurl 3: ca. -690 hPa
- Schacht Kurl 4: ca. -725 hPa
- Bohrung Preußen-Methan 1: ca. -780 hPa (Saugdruck)
- Schächte Victoria 1 und 2: ca. -715 hPa
- Schacht Grillo 1: ca. -500 hPa (Saugdruck)
- Schacht Grimberg 1: ca. -480 hPa
- Schacht Werne 3: ca. -560 hPa (Saugdruck)
- Schacht Humbert: ca. -815 hPa (Saugdruck)
- Schacht Franz: ca. -435 hPa

An den besaugten Entgasungsleitungen bzw. Gewinnungsbohrungen liegt ein etwas höherer Unterdruck an, da die strömungstechnischen Druckverluste überwunden werden müssen. Dieser wird hier als Saugdruck bezeichnet.

Über die unterschiedlichen Strömungswege wirkt der durch die Grubengasgewinnung aufgeprägte Unterdruck weit über diese unmittelbar besaugten Grubenfelder hinaus. Dort liegen die Unterdrücke in folgender Größenordnung:

- Schacht Kaiserstuhl Ost 1: ca. -585 hPa
- Schacht Grimberg 4: ca. -140 hPa
- Schacht Haus Aden 6: ca. -125 hPa
- Schacht Radbod 5: ca. -765 hPa

Tabelle 1 zeigt die derzeitige Beeinflussung der einzelnen Grubenfelder durch die Grubengasgewinnung. Wie sich die an die Grubenfelder angelegten Unterdrücke innerhalb der nächsten Jahre entwickeln, hängt von mehreren technischen und wirtschaftlichen Faktoren ab und ist nicht sicher vorhersehbar.

Tabelle 1: Beeinflussung der Grubenfelder durch die Grubengasgewinnung, Stand 2023

Grubenfeld	derzeitige Beeinflussung durch Grubengasgewinnung
Adolf von Hansemann	Unterdruck wahrscheinlich
Westhausen	Unterdruck wahrscheinlich
Hansa	besaugt
Minister Stein	besaugt
Kaiserstuhl/ Tremonia	Unterdruck messbar
Gneisenau	besaugt
Kurl	Unterdruck messbar
Preußen I	besaugt
Victoria	Unterdruck messbar
Haus Aden	Unterdruck messbar
Monopol	besaugt
Werne	besaugt
Heinrich Robert	besaugt
Radbod	Unterdruck messbar

4.6 Beeinflussung der Ausgasung durch den Wasseranstieg

Der Anstieg von Grubenwasser hat bezüglich der Gasfreisetzung aus der Steinkohlenlagerstätte und der Gasaustritte an der Tagesoberfläche mehrere sich überlagernde Effekte. Im nordöstlichen Teil des Bearbeitungsgebietes sind zusätzlich die Effekte des Grubenwasseranstieges auf das im Deckgebirge gespeicherte Gas zu berücksichtigen.

1. Mit dem Anstieg des Grubenwassers verringert sich die Differenz zwischen dem hydrostatischen Druck und dem Gasdruck des überwiegend adsorptiv an die Kohle gebundenen Methans. Als Folge geht die Desorption aus den noch anstehenden Flözen und Restpfeilern und damit der Zustrom von CH₄ in die durch den Bergbau geschaffenen Hohlräume zurück. Übersteigt der hydrostatische Druck den Gasdruck, kommt die Desorption zum Erliegen. Inwieweit dies erfolgt, hängt auch von der vertikalen und lateralen Verteilung der Gasführung innerhalb der Lagerstätte ab. Dies hat auf die rein barometrisch bedingte Freisetzung von in den wasserfreien Hohlräumen anstehenden freien

Grubengasgemischen, die im Wesentlichen aus Methan (CH_4), Kohlendioxid (CO_2), Stickstoff (N_2) und Sauerstoff (O_2) bestehen, an die Atmosphäre keinen Einfluss.

2. Durch den Grubenwasseranstieg können Strömungswege innerhalb des Grubengebäudes oder zwischen Grubengebäuden verschiedener Bergwerke oder Baufelder überstaut und damit unterbrochen werden. Dies kann im Einzelfall zur Folge haben, dass Teile des Grubengebäudes und der angeschlossenen Bruchräume keine Verbindungen zu vorhandenen Entgasungsleitungen haben und eine planmäßige Abführung von Grubengas nicht mehr gegeben ist. Es bilden sich dann isolierte Bereiche.
3. Infolge des Grubenwasseranstieges wird das in nicht wassererfüllten Grubenbauen anstehende Grubengas verdichtet und durch den steigenden Druck in Abhängigkeit der vorhandenen Strömungswege mehr oder weniger schnell verdrängt. Die Verdrängung des Grubengases kann
 - planmäßig über Entgasungsleitungen zur Atmosphäre,
 - über verfüllte Schächte oder gaswegige tektonische Störungen zur Atmosphäre,
 - über gaswegige Streckenverbindungen, angrenzende Abbaue, Abbauannäherungen oder tektonische Störungen zu benachbarten Grubenbauen oder
 - in das Deckgebirge hinein und eventuell über diesen Weg weiter zur Atmosphäre

erfolgen. In der Regel wird das Grubengas dann nicht über ausschließlich einen dieser Wege abströmen. Die volumetrische Verteilung auf diese Strömungswege hängt von den jeweiligen Strömungswiderständen bzw. Durchlässigkeiten ab.

4. Im Zuge des Grubenwasseranstieges kann sich die Gaszusammensetzung im Grubengebäude dadurch ändern, dass z.B. CH_4 -reicheres Gasegemisch durch das ansteigende Wasser in andere Grubenbaue in horizontaler oder vertikaler Richtung verdrängt wird.
5. Im Fall einer möglicherweise aus dem Grubenwasseranstieg folgenden Erhöhung des Grundwasserpotenzials innerhalb des tiefen Deckgebirges käme es aufgrund des höheren hydrostatischen Druckes zu einer Verdichtung und langfristig auch zu einer Verdrängung des dort gespeicherten thermogen gebildeten freien Gases in Richtung der Tagesoberfläche. Bei höherem Druck kann zudem zirkulierendes Wasser mehr Gas aufnehmen und transportieren. Eine erhöhte Freisetzung von Deckgebirgsgas an der Tagesoberfläche infolge solcher Druckanstiege ist bisher nicht nachgewiesen worden, aber nicht vollständig auszuschließen.

6. Infolge des Grubenwasseranstieges kann es zu Bodenhebungen kommen, wobei im Fall des Wasseranstieges von -600 auf -380 mNHN eine maximale Hebung von 12 cm erwartet wird und Scherbewegungen in Hebungsrändern nicht vollständig ausgeschlossen werden [20]. Grundsätzlich sind Gasfreisetzungen infolge von Bodenbewegungen möglich (vergl. Kapitel 4.4). Eine erhöhte Freisetzung von im kreidezeitlichen Deckgebirge gespeichertem thermogen oder bakteriell gebildetem Gas infolge von Bodenhebungen ist bisher nicht bekannt, aber nicht vollständig auszuschließen.

Diese Effekte haben Auswirkungen auf die Gasführung der Grubenbaue und des Deckgebirges und damit auf mögliche Gasaustritte an der Tagesoberfläche sowohl während des Wasseranstieges und auch nach Abschluss des Wasseranstieges.

5. Methodik der Bewertung

Bezüglich der Gasfreisetzung an der Tagesoberfläche müssen unterschiedliche Gefährdungspotenziale unterschieden werden. Diese Unterscheidung und die Definition entsprechender Kategorien erfolgt auf Basis der folgenden vier Bewertungskriterien:

- strömungstechnische Eigenschaften des Deckgebirges
- Gasführung des Deckgebirges
- Entgasung des Grubengebäudes
- Beeinflussung durch den Wasseranstieg

Für die sich aus diesen Bewertungskriterien ergebenden Kategorien werden jeweils die Wahrscheinlichkeiten von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten an der Tagesoberfläche bewertet.

Die Gasführung der Steinkohlenlagerstätte, genauer gesagt der Gasinhalt der Kohle und des Gesteins, ist in diesem Zusammenhang sekundär. Es ist davon auszugehen, dass die Grubengase in allen Grubenfeldern mehr oder weniger hohe CH_4 -Gehalte aufweisen, wobei weiterhin CH_4 aus dem Gebirge nachströmt. Es ist weiterhin davon auszugehen, dass aufgrund der zur Tagesoberfläche hin in der Regel abnehmenden Gasinhalte der Kohle die tagesnahen Grubenbaue sauerstoffarme Gasgemische mit signifikanten CO_2 -Anteilen führen, wobei nahezu kein CH_4 aus dem Gebirge nachströmt. Das bedeutet, dass in allen wasserfreien abgeworfenen Grubenbauen schädliche Gase mit entsprechenden Gefährdungspotenzialen anstehen.

Bezüglich der Gasführung des Deckgebirges ist relevant, ob grundsätzlich Gas in Klüften und im Porenraum ansteht, welches an der Tagesoberfläche austreten kann. Die ursprüngliche Herkunft bzw. Bildung des Gases ist in diesem Zusammenhang zunächst sekundär.

Durch die Grubengasgewinnung stehen weite Teile der Grubengebäude in der Wasserprovinz Haus Aden unter Unterdruck. Die Grubengasgewinnung innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden ist nicht Bestandteil der von der RAG derzeit umgesetzten Maßnahmen zur kontrollierten Gasabführung, welche auf eine rein passive Entgasung beschränkt sind. Die Grubengasgewinnung erfolgt daher nicht primär zum Zweck des Schutzes der Tagesoberfläche vor Gasaustritten, hat aber in diesem Zusammenhang einen positiven Effekt. Dieser Effekt wirkt sich insbesondere auf Bergwerke mit einer eingeschränkten oder fehlenden Gasabführung über Entgasungsleitungen aus. Bei der folgenden Definition von Kategorien für die Wahrscheinlichkeit wasseranstiegsbedingter Gasaustritte wird der Einfluss der Grubengasgewinnung zunächst nicht berücksichtigt, da deren Betrieb zunächst unabhängig vom Grubenwasseranstieg ist und sich die Unterdruckverteilung entsprechend auch unabhängig vom Grubenwasseranstieg verändern kann.

Folgende Kategorien werden bezüglich der strömungstechnischen Eigenschaften und Gasführung des Deckgebirges unterschieden:

- Kategorie 1: Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem, gasfreiem oberem Deckgebirge
- Kategorie 2: Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge
- Kategorie 3: Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau
- Kategorie 4: Bereiche mit gasführendem oberem Deckgebirge

Folgende Kategorien werden bezüglich der Entgasung des Grubengebäudes unterschieden:

- Kategorie A: Bereiche mit kontrollierter Gasabführung
- Kategorie B: Bereiche mit eingeschränkter Gasabführung
- Kategorie C: Bereiche ohne Gasabführung

Folgende Kategorien werden bezüglich der Beeinflussung durch den Wasseranstieg unterschieden:

- Bereiche direkter Beeinflussung
- Bereiche indirekter Beeinflussung
- Bereiche ohne Beeinflussung

Im Zuge der Bewertung werden zunächst solche Bereiche abgegrenzt, die hinsichtlich der Druckentwicklung im Grubengebäude eine Einheit darstellen, da sich Austritte von Grubengas an

der Tagesoberfläche primär aus einem Überdruck im Grubengebäude ergeben. Die Abgrenzung erfolgte daher nach Bereichen, in denen auch nach dem Grubenwasseranstieg ein zusammenhängendes, gaserfülltes Grubengebäude vorhanden ist und für Bereiche, in denen das Grubengebäude vollständig überstaut wird, die aber durch Gasaustritte aus dem Deckgebirge gekennzeichnet sind. Ein zusammenhängendes Grubengebäude im Sinne dieser Bewertung ist ein primär über Streckenverbindungen in sich verbundener, gaserfüllter Hohlraum. Die Bereiche, die ein solches zusammenhängendes Grubengebäude umfassen, werden im Rahmen dieser gutachtlichen Stellungnahme als Grubenfeld definiert.

Es wird unterstellt, dass sich innerhalb solcher zusammenhängenden Grubengebäude abhängig von der wasseranstiegsbedingten Verdrängung, von der Freisetzung von CH_4 aus der Kohlenlagerstätte und der Gasabführung ein jeweils ähnliches Druckniveau einstellt.

Entsprechend wird bewertet, inwieweit während und nach dem Wasseranstieg eine kontrollierte Gasabführung aus solchen zusammenhängenden Grubengebäuden erfolgen kann. Abbauannäherungen werden bei dieser Untergliederung nicht berücksichtigt, da sie im Vergleich zu Streckenverbindungen einen höheren Strömungswiderstand darstellen und somit nicht als Gaswegigkeit im Sinne einer gesicherten Gasabführung betrachtet werden können.

Bezüglich einer lateralen Verdrängung von Grubengas in benachbarte Grubenfelder, in denen das Grubenwasser nicht ansteigt, werden Abbauannäherungen jedoch im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung als mögliche Gaswegigkeit betrachtet.

Ausgasungstechnisch zusammenhängende Grubengebäude bilden dreidimensionale Körper, die über die Teufe unterschiedlich abgegrenzt werden können. Oft sind die Grubengebäude durch mehrfache Anpassung der Bergwerksfelder ineinander verzahnt. Die Abgrenzung der Grubenfelder im Sinne dieser Bewertung erfolgte aus diesem Grund weitgehend anhand der Bergwerksgrenzen aus dem Jahr 1962, auf deren Basis eine ausreichende Abgrenzung der tages- bzw. deckgebirgsnahen, dauerhaft gaserfüllten Hohlräume möglich ist. Ergänzend wurde die Erstreckung der oberen Sohlen der einzelnen Bergwerke aus den Risswerken entnommen und bei der Anpassung der Grenzen der Grubenfelder berücksichtigt.

Im nächsten Schritt wurden die Grubenfelder herausgearbeitet, in welchen das Ausgasungsverhalten durch den Grubenwasseranstieg in der Wasserprovinz Haus Aden beeinflusst werden kann. Diesen Grubenfeldern werden dann unter systematischer Anwendung der Bewertungsmatrix die Wahrscheinlichkeiten von Gasaustritten an der Tagesoberfläche zugeordnet.

6. Kategorien bezüglich der Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an der Tagesoberfläche

6.1 Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem Deckgebirge sowie gasfreiem oberem Deckgebirge

Als nicht abdichtendes Deckgebirge werden im Rahmen dieser gutachtlichen Stellungnahme Bereiche eingestuft, in denen gasstauende Schichten vorhanden sind, durch die Gase nur mit geringen Volumenströmen hindurchdringen. Als homogenisierendes Deckgebirge werden solche Bereiche eingestuft, in denen aufgrund der geringen Durchlässigkeit der tagesnäheren Schichten eine flächige Verteilung von geringen Gasabströme aus dem Karbon erfolgen kann. Ein gasfreies oberes Deckgebirge im Sinne der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme liegt vor, wenn in Klüften und im Porenraum der Schichten des Oberkreide-Mergels nach derzeitigem Kenntnisstand keine Gase unter Überdruck anstehen. Dazu gehören der Bereich 3 und Teile der Bereiche 4 und 7 nach der Definition des Gutachtens zur Vorhersage der Grubengasfreisetzung [1].

In diesen Bereichen ist auch im Fall von steigendem Druck im Grubengebäude die Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas über das Deckgebirge als sehr gering einzustufen.

6.2 Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge

Als nicht abdichtendes Deckgebirge werden Bereiche eingestuft, in denen die geklüfteten Schichten des Turons und Cenomans keine oder eine nur teilweise Abdichtung durch den Emscher-Mergel aufweisen. In diesen Bereichen liegt die Mächtigkeit des Deckgebirges teilweise unter 50 m. Die Grubenbaue sind dabei teils durch Stollen oder Schächte von wenigen 10 m Teufe aufgeschlossen. Somit sind Gasabströme aus dem Karbon über das Deckgebirge nicht ausgeschlossen und können dann bei einer fehlenden Überdeckung mit durchlässigen, homogenisierenden Schichten zu einer Gefährdung führen. Dazu gehören Teile des Bereiches 7 mit einer Deckgebirgsmächtigkeit von weniger als 50 m und der Bereich 4a nach der Definition des Gutachtens zur Vorhersage der Grubengasfreisetzung [1].

Im Fall von steigendem Druck im Grubengebäude ist in diesen Bereichen die Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas über das Deckgebirge bei fehlender Gasabführung als mittel bis hoch einzustufen.

6.3 Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau

In Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau besteht keine Abdeckung des Karbons, welches u.a. durch Stollen oder Schächte von wenigen 10 m Teufe aufgeschlossen ist. Dazu gehört der Bereich 6 nach der Definition des Gutachtens zur Vorhersage der Grubengasfreisetzung [1].

Im Fall von steigendem Druck im Grubengebäude besteht bei fehlender Gasabführung eine hohe Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas. Diese können dabei nicht ausschließlich punktförmig an bekannten Tagesöffnungen, sondern auch über größere Flächen z.B. an Ausbisslinien oder an unbekanntem Tagesöffnungen auftreten.

6.4 Bereiche mit gasführendem oberem Deckgebirge

Als gasführendes oberes Deckgebirge werden im Rahmen dieser gutachtlichen Stellungnahme Bereiche eingestuft, in denen nach derzeitigem Kenntnisstand CH₄- und CO₂-haltige Gasgemische in Klüften und im Porenraum der Schichten des Oberkreide-Mergels unter Überdruck anstehen. In Klüften anstehendes Gas steht teilweise unter Überdrücken von bis zu rund 1,5 MPa. Dazu gehören die Bereiche 5 und 5a sowie Teile des Bereiches 4 nach der Definition des Gutachtens zur Vorhersage der Grubengasfreisetzung [1]. Dabei befinden sich die bekannten Gasaustritte überwiegend östlich des Unnaer Sprunges in den Bereichen 5 und 5a. Im Bereich 4 bestehen für das Bearbeitungsgebiet Hinweise auf potenzielle Gasaustritte [4]. Dazu zählen CH₄-Zutritte beim Abteufen der Schächte Minister Stein 6 und Minister Achenbach 5 unterhalb des Emscher-Mergels. Diese Hinweise haben sich in jüngerer Zeit bestätigt. So wurden z.B.

- im Jahr 2023 im weiteren Umfeld des mit einer Entgasungsleitung ausgestatteten Schachtes Kurl 3 erhöhte CH₄-Gehalte in der Bodenluft festgestellt, obwohl das Grubengebäude bedingt durch die Grubengasgewinnung unter Unterdruck steht und
- in der tiefen Pegelbohrung Waltrup 2 im Jahr 2021 CH₄-Gehalte von 90 Vol.-% bei einem Überdruck von 0,7 MPa festgestellt.

Bereits im Rahmen der Bewertung möglicher Gasaustritte im Zusammenhang mit dem Wasseranstieg bis -600 mNHN wurden daher der Bereich, der die im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme definierten Grubenfelder Preußen I, Victoria, Gneisenau und Kurl umfasst, bezüglich möglicher Austritte von Gas aus dem Deckgebirge betrachtet [4]. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass sich die Hinweise auf potenzielle Gasaustritte innerhalb des Bearbeitungsgebietes auf den Norden des Bereiches 4 beschränken, wird neben den Bereichen 5 und 5a, der Teil des Bereiches 4 als „Bereich mit gasführendem oberem Deckgebirge“ kategorisiert,

der die Grubenfelder Preußen I, Victoria sowie das Grubenfeld Gneisenau östlich des Kurler Sprunges umfasst.

Im Fall von steigendem Druck im Grubengebäude kann zunächst eine Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge nicht ausgeschlossen werden, welche jedoch nicht unmittelbar zu Gasaustritten an der Tagesoberfläche führt. Gasaustritte an der Tagesoberfläche können in diesem Fall zeitverzögert erfolgen. Eine verstärkte Mobilisierung des im Deckgebirge gespeicherten Gases durch Bodenbewegungen oder durch eine Erhöhung des Grundwasserpotenzials innerhalb des tiefen Deckgebirges, die sich aus dem Grubenwasseranstieg ergeben, ist bisher nicht bekannt, jedoch nicht auszuschließen.

6.5 Bereiche mit kontrollierter Gasabführung

Im Rahmen dieser Betrachtung sind Bereiche mit einer kontrollierten Gasabführung solche Bergwerke bzw. Baufelder von Bergwerken, in denen ein Entgasungskonzept auf Basis der Rundverfügung „Stilllegung von Grubenfeldern im Steinkohlenbergbau und Entgasungsmöglichkeiten abgeworfener Tagesöffnungen“ des früheren Landesoberbergamtes NRW vom 02.08.2000 [29] umgesetzt ist oder aber ausreichend Entgasungsleitungen bei überwiegend kohäsiv verfüllten Schächten bestehen. Im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme werden als Bereiche mit kontrollierter Gasabführung solche Grubenfelder eingestuft, in denen mindestens 25 % der an das Grubengebäude angeschlossenen verfüllten Tagesschächte mit Entgasungsleitungen ausgestattet wurden, mindestens eine der beiden oberen Sohlen des Grubenfeldes über eine Entgasungsleitung erschlossen ist und weniger als 25 % der Tagesschächte mit Lockermassen verfüllt sind.

Die Wahrscheinlichkeit einer lateralen Verdrängung in benachbarte Grubenfelder ist als mittel einzustufen, da die Summe der untertägigen Gaswegigkeiten meist einen geringeren Strömungswiderstand als Rohrleitungen aufweisen.

Im Fall einer kontrollierten Gasabführung wird eine geringe Wahrscheinlichkeit der Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge unterstellt. Die Verdrängung von Grubengas in die unteren Deckgebirgsschichten ist zunächst nicht zwangsweise mit Gasaustritten an der Tagesoberfläche verbunden. Die Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an der Tagesoberfläche oberhalb des Grubenfeldes ist bei entsprechend abdichtendem und gasfreiem Deckgebirge sehr gering, wenn die Entgasung über die vorhandenen und vorgesehenen Entgasungsleitungen in den Schächten funktionsfähig ist. In Bereichen mit gasführendem Deckgebirge sind Austritte von Deckgebirgsgas an der Tagesoberfläche grundsätzlich auch im Falle einer kontrollierten Gasabführung möglich.

Die Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas im Bereich von kohäsiv verfüllten Schächten innerhalb dieser Grubenfelder ist bei funktionsfähiger Entgasung gering. Es besteht eine mittlere Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas im Bereich von mit Lockermassen verfüllten Schächten. In Bereichen mit gasführendem Deckgebirge sind Austritte von Deckgebirgsgas im Schachtbereich grundsätzlich auch im Falle einer kontrollierten Gasabführung möglich.

6.6 Bereiche mit eingeschränkter Gasabführung

Im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme sind Bereiche mit einer eingeschränkten Gasabführung solche Grubenfelder, in denen weniger als 25 % der verfüllten Tagesschächte mit Entgasungsleitungen ausgestattet wurden, keine der beiden oberen Sohlen des Grubenfeldes über eine Entgasungsleitung erschlossen ist oder mehr als 25 % der Tagesschächte mit Lockermassen verfüllt sind.

Die Wahrscheinlichkeit einer lateralen Verdrängung in benachbarte Grubenfelder ist als hoch einzustufen, wenn entsprechende Gaswegigkeiten bestehen.

Es besteht eine mittlere Wahrscheinlichkeit der Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge. Die Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas an der Tagesoberfläche oberhalb des Grubenfeldes ist bei entsprechend abdichtendem Deckgebirge sehr gering, wenn die Entgasung über die vorhandenen und vorgesehenen Entgasungsleitungen in den Schächten funktionsfähig ist. In Bereichen mit gasführendem Deckgebirge sind Austritte von Deckgebirgsgas an der Tagesoberfläche grundsätzlich auch im Falle einer eingeschränkten Gasabführung möglich.

Die Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas im Bereich von kohäsiv verfüllten Schächten innerhalb dieser Grubenfelder ist bei funktionsfähiger Entgasung als mittel einzustufen. Eine Gefährdung der Tagesoberfläche im unmittelbaren Schachtumfeld ist bei Einhaltung der ausgewiesenen ausgasungstechnischen Schachtschutzbereiche ausgeschlossen. Die Wahrscheinlichkeit von Austritten von Grubengas im Bereich von mit Lockermassen verfüllten Schächten ist als hoch einzustufen. In Bereichen mit gasführendem Deckgebirge sind Austritte von Deckgebirgsgas im Schachtbereich möglich.

6.7 Bereiche mit fehlender Gasabführung

Bereiche mit fehlender Gasabführung sind solche Grubenfelder, in denen keine Entgasungsleitungen bestehen. Dies ist unabhängig davon, ob die Schächte mit Lockermassen oder kohäsiv verfüllt sind.

Die Wahrscheinlichkeit einer lateralen Verdrängung in benachbarte Grubenfelder ist als sehr hoch einzustufen.

Es besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit der Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge. Die Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an der Tagesoberfläche ist bei entsprechend abdichtenden Deckgebirge sehr gering, bei nicht abdichtendem oder fehlendem Deckgebirge jedoch als mittel bzw. hoch einzustufen. In Bereichen mit gasführendem Deckgebirge sind Austritte von Deckgebirgsgas an der Tagesoberfläche grundsätzlich möglich.

Die Wahrscheinlichkeit von erhöhter Ausgasung an verfüllten Schächten ist hoch bis sehr hoch. In Bereichen mit gasführendem Deckgebirge sind Austritte von Deckgebirgsgas im Schachtbereich möglich.

6.8 Bereiche direkter Beeinflussung

Grubenfelder, in denen das Grubenwasser ansteigt, werden im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme als Bereiche direkter Beeinflussung definiert.

Bezüglich der Freisetzung von Flözgas in das Grubengebäude und möglicher Austritte von Grubengas an der Tagesoberfläche sind folgende Zusammenhänge relevant:

In Bereichen mit direkter Beeinflussung ist ein mehr oder weniger großer Rückgang der Freisetzung von CH₄ aus noch anstehenden Restkohlen durch die teilweise Überstauung der gasführenden Flöze zu erwarten. Wenn der hydrostatische Druck der aufstehenden Wassersäule größer ist als der Restgasdruck in der Kohle, erfolgt keine Desorption mehr. Die Steinkohlen in der Ruhrlagerstätte weisen Gasdrücke von maximal 4 MPa auf, wobei der nach der Durchbauung der Lagerstätte verbliebene Restgasdruck deutlich geringer, im Bereich zwischen 0 und etwa 2,5 MPa liegt [14]. Eine komplette Überstauung des aufgeschlossenen Karbons erfolgt im Nordosten der Wasserprovinz Haus Aden in den Grubenfeldern Victoria, Haus Aden, Monopol, Werne, Heinrich Robert und Radbod. Dort ist zu unterstellen, dass die Gasfreisetzung aus den Restkohlen zurückgeht und bei Überstauungen von mehreren hundert Metern nahezu vollständig abklingt.

Als Folge des Grubenwasseranstieges erfolgt unmittelbar eine Verdrängung des in den Hohlräumen anstehenden Grubengases.

In Bereichen, die bedingt durch die Grubengasgewinnung gegenüber der Atmosphäre unter Unterdruck stehen, erfolgt zunächst zwar eine Verdichtung, aber durch das weiterhin bestehende Druckgefälle keine Verdrängung in Richtung Tagesoberfläche und keine laterale Verdrängung in Bereiche höheren Druckes.

In Bereichen, die gegenüber der Atmosphäre nicht unter Unterdruck stehen, erfolgt eine Verdichtung und je nach Strömungswiderstand eine Verdrängung des anstehenden Gasgemisches. In Bereichen mit einer kontrollierten Gasabführung wird davon ausgegangen, dass das verdrängte Gas im Wesentlichen über Entgasungsleitungen abgeführt wird. Eine teilweise laterale Verdrängung in benachbarte Grubenfelder ist jedoch aufgrund der im Vergleich zu den Entgasungsleitungen niedrigeren Strömungswiderstände innerhalb des Grubengebäudes möglich. Insgesamt erfolgt durch den Grubenwasseranstieg in den direkt beeinflussten Bereichen jedoch sehr wahrscheinlich eine wesentliche Erhöhung des Gasabstromes an die Atmosphäre.

Weiterhin kann es zu einer Überstauung von Gaswegigkeiten und dadurch zur Veränderung des Einflusses der passiven Gasabführung bzw. der Grubengasgewinnung und somit zur Bildung isolierter Bereiche kommen.

Bezüglich der Auswirkungen auf Austritte von Deckgebirgsgas an der Tagesoberfläche sind neben der Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge eine mögliche Erhöhung des Grundwasserpotenziales im unteren Grundwasserstockwerk und wasseranstiegsbedingte Bodenbewegungen relevant.

Erhöhungen des Grundwasserpotenziales im unteren Grundwasserstockwerk können sich in Abhängigkeit der Durchlässigkeit der Deckgebirgsbasis dort ergeben, wo der Grubenwasserstand das Niveau der Deckgebirgsbasis übersteigt. In den Bereichen, in denen die Deckgebirgsbasis überstaut wird, sind keine größeren Wasserzuflüsse aus dem Deckgebirge bekannt. Im Umkehrschluss ist ein direkter Kontakt zwischen dem Grubenwasser und dem unteren Grundwasserstockwerk des Deckgebirges unwahrscheinlich. Erhöhungen des Grundwasserpotenziales im unteren Grundwasserstockwerk haben sich jedoch z.B. im Zuge des Grubenwasseranstiegs in der Wasserprovinz Königsborn eingestellt. Eine erhöhte Ausgasung an der Tagesoberfläche ist in diesem Zusammenhang bisher nicht bekannt geworden. Jedoch ist davon auszugehen, dass sich aus einem höheren Grundwasserpotenzial höhere auf das in den Schichten des Cenomans und Turons eingeschlossene freie Deckgebirgsgas wirkende hydrostatische Drücke ergeben. Diese können eine Migration in Richtung Tagesoberfläche grundsätzlich begünstigen. Im Fall von gelöstem Gas würde sich zunächst die Sättigung aufgrund der mit höherem Druck steigenden Löslichkeit verringern. Bei entsprechendem Gasangebot würde sich dann die Kapazität zirkulierenden Wassers bezüglich des Transportes von Gas vergrößern.

Mögliche Bodenbewegungen im Zuge des Grubenwasseranstiegs sind im Gutachten zu den Bodenbewegungen im Rahmen des stufenweisen Grubenwasseranstiegs im Bereich der Wasserprovinz Haus Aden [20] bezüglich ihrer Höhe und Lokalität beschrieben. Es wird davon ausgegangen, dass das Maß der Bodenhebungen unter 2 % der abbaubedingten Bodensenkungen

liegt. Für den zentralen und nordöstlichen Bereich werden flächenhafte Bodenhebungen in der Größenordnung um 4 bis 8 cm sowie in Abbauschwerpunkten lokale Bodenhebungen in der Größenordnung um < 12 cm prognostiziert. Das Auftreten von Unstetigkeitszonen durch die Aktivierung von Bewegungsbahnen an Hebungsrandbereichen wird nicht vollständig ausgeschlossen, aber als unwahrscheinlich eingestuft.

Sofern sich keine Änderungen der Durchlässigkeit und der Transmissivität des Deckgebirgskörpers durch wasseranstiegsbedingte Spannungsumlagerungen ergeben, ist nach jetzigem Kenntnisstand nicht mit einer wesentlichen Veränderung des Ausgasungsverhaltens des Deckgebirges im Zuge des Grubenwasseranstiegs zu rechnen. Die Auswirkungen von Bodenbewegungen auf das Ausgasungsverhalten des Deckgebirges sind jedoch nicht abschließend geklärt. Erhöhte Austritte von Deckgebirgsgas infolge von Bodenbewegungen sind aus der Abbauphase bekannt (Haus Reck, Lippe-Wiesen), im Zuge des Grubenwasseranstiegs bisher jedoch noch nicht nachgewiesen worden. Im Vergleich zu den in der Abbauphase aufgetretenen Mechanismen sind die grubenwasseranstiegsbedingten Bodenhebungen in ihrer Höhe geringer und erfolgen über einen längeren Zeitraum. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass das Deckgebirge insbesondere im Randbereich von Senkungströgen durch Zerrung vorbelastet ist und bereits eine erhöhte Durchlässigkeit und Transmissivität aufweisen kann. Abgesehen von den Unstetigkeitszonen in Hebungsrandbereichen im Sinne des Gutachtens zu den Bodenbewegungen [20] ist nicht auszuschließen, dass durch geringe Bodenhebungen Strömungswege für Gas durch Brüche geringmächtiger gassperrender Schichten entstehen oder vorhandenen Strömungswege für Gas aufgeweitet werden. Vor dem Hintergrund der auftretenden Gasdrücke sind dabei grundsätzlich auch Risse mit geringer Öffnungsweite relevant. Eine durch Bodenbewegungen verursachte Veränderung des Ausgasungsverhaltens des Deckgebirges kann daher nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

6.9 Bereiche indirekter Beeinflussung

In Grubenfeldern, in denen das Grubenwasser nicht ansteigt, erfolgt im Zuge des Grubenwasseranstiegs kein Rückgang der Freisetzung von CH₄ aus den noch anstehenden Restkohlen.

Es kann jedoch ein Gasübertritt aus benachbarten Grubenfeldern, zu denen Gaswegigkeiten bestehen und in denen das Grubenwasser ansteigt, durch laterale Verdrängung des dort anstehenden Grubengases erfolgen. Grubenfelder, in denen das Grubenwasser nicht ansteigt, in denen die Ausgasung aber durch den Grubenwasseranstieg in benachbarten Grubenfeldern beeinflusst wird, werden im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme als Bereiche indirekter Beeinflussung definiert.

Eine Erhöhung des Gasabstromes zur Atmosphäre ist in den indirekt beeinflussten Bereichen damit möglich, aber geringer als in den direkt beeinflussten Bereichen.

Die Verdrängung von Grubengas kann somit auch über die Grenze der Wasserprovinz hinaus erfolgen, wenn oberhalb des Grubenwasserspiegels entsprechende Gaswegigkeiten vorhanden sind. Im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme wird daher der gesamte Bereich betrachtet, der hinsichtlich des Ausgasungsverhaltens durch den Grubenwasseranstieg in der Wasserprovinz Haus Aden beeinflusst werden kann.

6.10 Keine Beeinflussung

In Grubenfeldern, in denen das Grubenwasser nicht ansteigt und die keine Gaswegigkeiten zu benachbarten Grubenfeldern aufweisen, in denen ein Grubenwasseranstieg erfolgt, ist eine wasseranstiegsbedingte Veränderung des Ausgasungsverhaltens des Grubengebäudes ausgeschlossen.

Dazu gehören auch solche Grubenfelder, in denen das Grubengebäude bereits vollständig überstaut ist, aber der hydrostatische Druck des Grubenwassers durch einen weiteren Wasseranstieg erhöht wird. Bezüglich möglicher Austritte von Deckgebirgsgas an der Tagesoberfläche sind auch in diesem Fall eventuelle Erhöhungen des Grundwasserpotenzials im tiefen Deckgebirge und wasseranstiegsbedingte Bodenbewegungen relevant. Grubenwasseranstiegsbedingte Austritte von Deckgebirgsgas an der Tagesoberfläche können daher für Bereiche ohne Beeinflussung nicht ausgeschlossen werden.

6.11 Bewertungsmatrix

Aus den oben beschriebenen Bewertungskriterien ergibt sich eine Bewertungsmatrix für die verschiedenen Kategorien, denen jeweils eine Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten bzw. Gasverdrängung zugeordnet werden kann. Diese wird für Bereiche direkter Beeinflussung (Tabelle 2), Bereiche indirekter Beeinflussung (Tabelle 3) und Bereiche ohne Beeinflussung (Tabelle 4) unterschieden.

Tabelle 2: Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten bzw. Gasverdrängung in direkt beeinflussten Grubenfeldern

Gasabführung	A				B				C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Verdrängung von Grubengas in benachbarte Grubenfelder	mittel				hoch				sehr hoch			
Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge	gering		-	gering	mittel		-	mittel	hoch		-	hoch
Gasaustritte an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering	sehr gering	gering	mittel	sehr gering	sehr gering	mittel	hoch	sehr gering
Gasaustritte an kohäsiv verfüllten Schächten	gering			hoch	mittel			hoch	hoch			
Gasaustritte an mit Lockermassen verfüllten Schächten	mittel			hoch	hoch				sehr hoch			

Kategorie 1: Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem Deckgebirge sowie gasfreiem oberem Deckgebirge

Kategorie 2: Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge

Kategorie 3: Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau

Kategorie 4: Bereiche mit gasführendem oberem Deckgebirge

Kategorie A: Bereiche mit kontrollierter Gasabführung

Kategorie B: Bereiche mit eingeschränkter Gasabführung

Kategorie C: Bereiche mit fehlender Gasabführung

Tabelle 3: Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten bzw. Gasverdrängung in indirekt beeinflussten Grubenfeldern

Gasabführung	A				B				C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Deckgebirge												
Verdrängung von Grubengas in benachbarte Grubenfelder	sehr gering				sehr gering				sehr gering			
Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge	sehr gering		-	sehr gering	gering		-	gering	mittel		-	mittel
Gasaustritte an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen	sehr gering	gering	sehr gering	sehr gering	gering	mittel	sehr gering					
Gasaustritte an kohäsiv verfüllten Schächten	sehr gering			hoch	gering			hoch	mittel			hoch
Gasaustritte an mit Lockermassen verfüllten Schächten	sehr gering			hoch	mittel			hoch	hoch			

Kategorie 1: Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem Deckgebirge sowie gasfreiem oberem Deckgebirge

Kategorie 2: Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge

Kategorie 3: Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau

Kategorie 4: Bereiche mit gasführendem oberem Deckgebirge

Kategorie A: Bereiche mit kontrollierter Gasabführung

Kategorie B: Bereiche mit eingeschränkter Gasabführung

Kategorie C: Bereiche mit fehlender Gasabführung

Tabelle 4: Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten bzw. Gasverdrängung in Grubenfeldern ohne Beeinflussung

Gasabführung	A				B				C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Verdrängung von Grubengas in benachbarte Grubenfelder	sehr gering				sehr gering				sehr gering			
Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge	sehr gering		-	sehr gering	sehr gering		-	sehr gering	sehr gering		-	sehr gering
Gasaustritte an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen	sehr gering				sehr gering				sehr gering			
Gasaustritte an kohäsiv verfüllten Schächten	sehr gering			hoch	sehr gering			hoch	sehr gering			hoch
Gasaustritte an mit Lockermassen verfüllten Schächten	sehr gering			hoch	sehr gering			hoch	sehr gering			hoch

Kategorie 1: Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem Deckgebirge sowie gasfreiem oberem Deckgebirge

Kategorie 2: Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge

Kategorie 3: Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau

Kategorie 4: Bereiche mit gasführendem oberem Deckgebirge

Kategorie A: Bereiche mit kontrollierter Gasabführung

Kategorie B: Bereiche mit eingeschränkter Gasabführung

Kategorie C: Bereiche mit fehlender Gasabführung

7. Abgrenzung des vom Wasseranstieg beeinflussten Bereiches

7.1 Beeinflussung innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden

Innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden erfolgt bei dem hier betrachteten Vorhaben des geplanten Anstiegs von - 600 m NHN auf ca. -380 m NHN ein Grubenwasseranstieg in allen Teilprovinzen bis auf Tremonia und Kurl 1, aber in allen im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme definierten Grubenfelder. Somit erfolgt in allen Grubenfeldern nach der Definition des vorliegenden Gutachtens eine direkte Beeinflussung des Ausgasungsverhaltens.

7.2 Beeinflussung außerhalb der Wasserprovinz Haus Aden

Durch eine laterale Verdrängung von Grubengas besteht die Möglichkeit, dass sich im Zuge des Grubenwasseranstieges auch das Ausgasungsverhalten angrenzender Grubenfelder verändert. Eine laterale Verdrängung von Grubengas kann dort stattfinden, wo Grubenwasser innerhalb eines Grubenfeldes ansteigt und Gaswegigkeiten zu benachbarten Grubenfeldern bestehen. Solche Gaswegigkeiten können primär in Form von Streckenverbindungen, aneinander angrenzenden Abbauen oder Abbauannäherungen bis auf wenige Meter vorliegen. Entsprechend erfolgte eine Auswertung des Risswerkes. Weiterhin konnte auf Informationen über Verbindungen zwischen den Grubenfeldern zurückgegriffen werden, die im Zuge der Bewertungen der Wasserwegigkeiten durch die RAG erarbeitet wurden. Weiterhin können Gaswegigkeiten auf Basis der Verteilung der durch die Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdrücke nachgewiesen werden. Weitere Gaswegigkeiten können auch bei größerem Abstand von Strecken oder Abbauen vorhanden sein, wenn Strömungswege z.B. über Störungen oder Bruchkanten bestehen. Solche sekundären Strömungswege wurden nicht im Einzelnen untersucht.

Tabelle 5 zeigt die untersuchten an die Wasserprovinz Haus Aden angrenzenden Grubenfelder. Benachbarte Grubenfelder, bei denen eine laterale Verdrängung von Grubengas aus der Wasserprovinz Haus Aden heraus möglich ist und die nicht über ein umgesetztes Entgasungskonzept und damit eine kontrollierte Gasabführung verfügen, sind in die weiteren Bewertungen mit einbezogen worden. Es wurden mit Ausnahme des Grubenfeldes Witwe & Barop keine direkten Verbindungen zu den südwestlich und südlich der Wasserprovinz Haus Aden gelegenen Grubenfeldern gefunden. Die Wahrscheinlichkeit einer Gasverdrängung über diese Verbindung in das Grubenfeld Witwe & Barop ist sehr gering, da im angrenzenden Baufeld Tremonia aufgrund des bereits höheren Standwasserniveaus kein Wasseranstieg erfolgt und dieses Baufeld somit indirekt beeinflusst ist. Vorhandene Abbauannäherungen zwischen Hansa und Dorstfeld sind bereits überstaut [18]. Um eine laterale Gasverdrängungen über möglicherweise vorhandene

sekundäre Gaswegigkeiten auszuschließen, sind die angrenzenden Grubenfelder Hansa und Kaiserstuhl/ Tremonia gegen den Aufbau eines Überdruckes im Grubengebäude zu schützen.

Der im Rahmen der weiteren Bewertungen betrachtete Bereich wird daher über die Grenze der Wasserprovinz Haus Aden hinaus nur um das Grubenfeld Adolf von Hansemann erweitert (Abbildung 2 und Anlage 1).

Abbildung 2: Grubenfelder innerhalb des Bearbeitungsbereiches

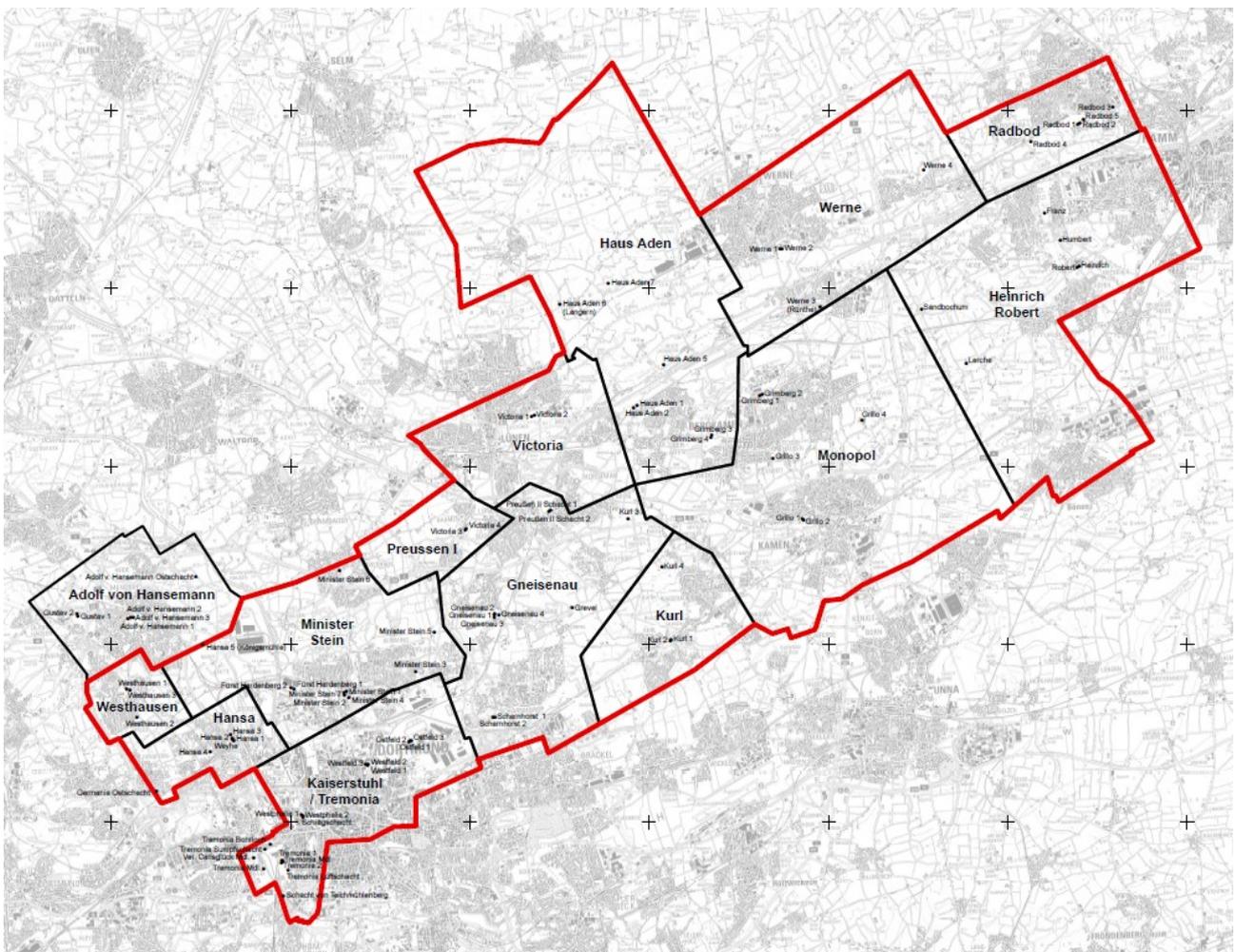


Tabelle 5: Durch den Wasseranstieg beeinflusste Grubenfelder außerhalb der Wasserprovinz Haus Aden

Grubenfeld außerhalb der Wasserprovinz Haus Aden	Entgasungskonzept	Angrenzende Grubenfelder innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden	Gasabführung	Wahrscheinlichkeit der Verdrängung von Gas	Art der Gaswegigkeit
Minister Achenbach	nein	Minister Stein Preußen I Victoria Haus Aden	eingeschränkt fehlend kontrolliert kontrolliert	ausgeschlossen	keine Verbindung
Adolf von Hansemann	nein	Minister Stein Westhausen	eingeschränkt fehlend	sehr hoch	Streckenverbindung
Graf Schwerin	nein	Westhausen	fehlend	ausgeschlossen	keine Verbindung
Zollern/ Germania	nein	Hansa	kontrolliert	sehr gering	keine direkte Verbindung
Dorstfeld	nein	Hansa Kaiserstuhl/ Tremonia	kontrolliert fehlend	mittel sehr gering	keine direkte Verbindung keine direkte Verbindung
Witwe & Barop	nein	Kaiserstuhl/ Tremonia	fehlend	sehr gering	Abbau
Friedrich Wilhelm	nein	Kaiserstuhl/ Tremonia	fehlend	sehr gering	keine direkte Verbindung
Freie Vogel & Unverhofft	nein	Kaiserstuhl/ Tremonia	fehlend	sehr gering	keine direkte Verbindung
Hörder Kohlenwerk	nein	Gneisenau Kurl	eingeschränkt kontrolliert	ausgeschlossen	keine Verbindung keine Verbindung
Massener Tiefbau	nein	Kurl Monopol	kontrolliert kontrolliert	ausgeschlossen	keine Verbindung keine Verbindung

Grubenfeld außerhalb der Wasserprovinz Haus Aden	Entgasungskonzept	Angrenzende Grubenfelder innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden	Gasabführung	Wahrscheinlichkeit der Verdrängung von Gas	Art der Gaswegigkeit
Königsborn	nein	Monopol Heinrich Robert	kontrolliert kontrolliert	ausgeschlossen	keine Verbindung Verbindung abgedämmt und überstaut
Sachsen	nein	Heinrich Robert Radbod	kontrolliert kontrolliert	ausgeschlossen	keine Verbindung keine Verbindung

8. Strömungstechnischen Eigenschaften und Gasführung des Deckgebirges

8.1 Grundlage der Bewertung

Bezüglich der Gasführung im Ruhrgebiet in Abhängigkeit des Gasinhalts-Teufen-Trends, der Tektonik und der Gesteinskomposition des Deckgebirges im Hinblick auf ihre Durchlässigkeit wurde ein durch die RAG finanziertes Forschungsvorhaben von der DMT durchgeführt [1]. Ein Ergebnis dieses Forschungsvorhabens ist eine Einteilung des Ruhrreviers in sieben Gefährdungsbereiche bezüglich der Oberflächenausgasung in Abhängigkeit von der Gasmigration durch das Deckgebirge. Die Ausgasung an den Schächten ist davon entkoppelt, da diese generell als mögliche Gasströmungswege zu betrachten sind. Die Wasserprovinz Haus Aden sowie die darüber hinaus betrachteten Bereiche können in die sieben Bereiche 3, 4, 4a, 5, 5a, 6 und 7 eingeteilt werden (Anlage 2). Diese Bereiche können hinsichtlich der Gefährdung durch Gasaustritte charakterisiert werden. Die nachfolgende Beschreibung basiert auf dem Gutachten zur Vorhersage der Grubengasfreisetzung [1] sowie neuerer Erkenntnisse.

8.2 Bereich 3

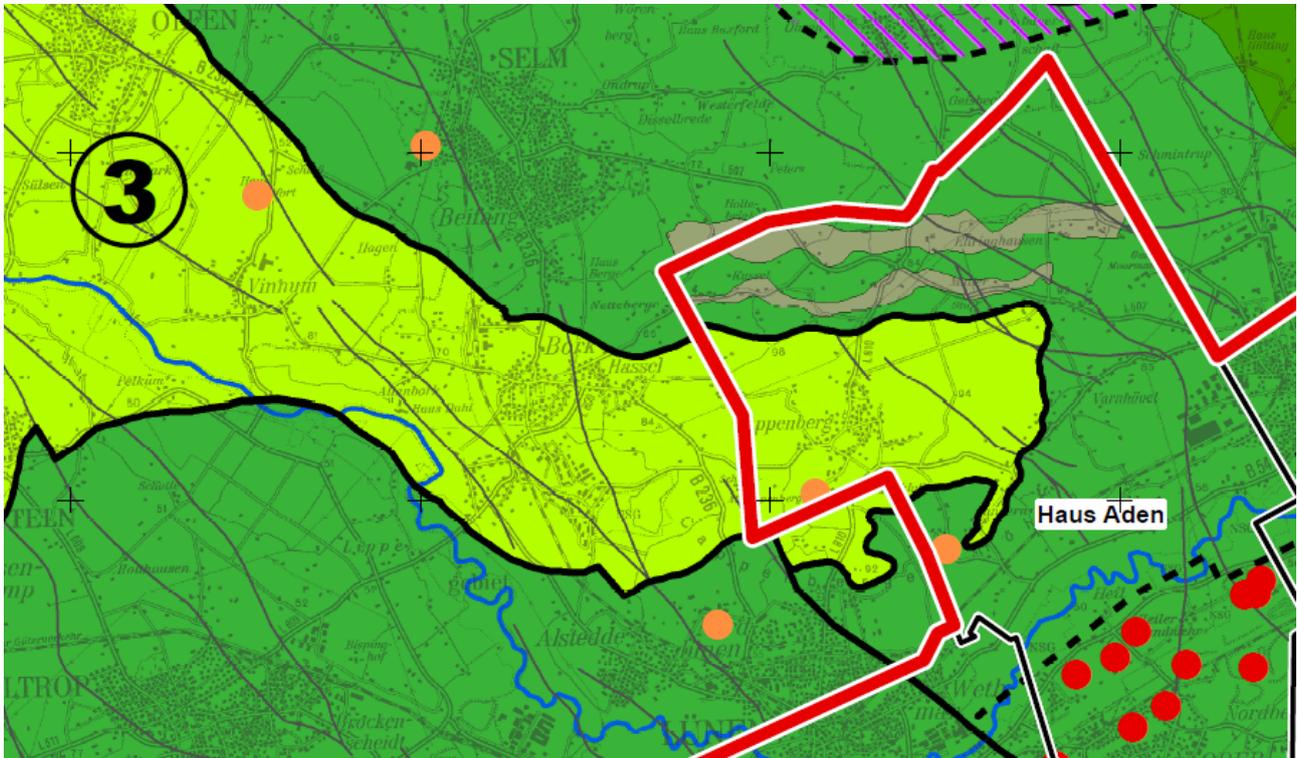
Im Bereich 3 stehen an der Tagesoberfläche unterhalb des Quartärs die Ablagerungen aus der Zeit der Oberkreide an. Nach Süden streichen diese Schichten entsprechend ihrer Abfolge vom Hangenden zum Liegenden nacheinander aus.

Dieser Bereich ist dadurch gekennzeichnet, dass in Tiefbohrungen und beim Abteufen von Schächten häufig Gas in den Schichten unterhalb des Emscher-Mergels angetroffen wurde. Hier wurde CH₄ im tieferen Deckgebirge, aber nicht in den oberen Deckgebirgsschichten oder an der Tagesoberfläche nachgewiesen.

Die geringe Durchlässigkeit des Emscher-Mergels verhindert merkliche Gaszuflüsse in die höheren Schichten. An der Tagesoberfläche stehen Halturner Sande und Recklinghäuser Sandmergel an (Quartär abgedeckt), die aufgrund ihrer guten Durchlässigkeit zur Vergleichsmässigung eventueller, geringer Gasaustritte an der Tagesoberfläche führen. Dort sind deshalb keine CH₄-Austritte messbar.

Der Bereich 3 besteht nur im Norden des Grubenfelds Haus Aden (Abbildung 3).

Abbildung 3: Erstreckung des Bereiches 3 innerhalb des Bearbeitungsgebietes



8.3 Bereich 4 und 4a

Im Bereich 4 besteht das Deckgebirge aus den Ablagerungen der Kreide vom Oberkreide-Mergel bis zum Essener Grünsand. Ältere Deckgebirgsschichten fehlen.

Eine Gasführung besteht im oberen Abschnitt des Karbons und im unteren Abschnitt des Deckgebirges, selten im oberen Deckgebirge. Beim Abteufen von Schächten und in Bohrungen wurden Gase in den Schichten unterhalb des Emscher-Mergels angetroffen. In jüngerer Vergangenheit wurde jedoch im Raum Lünen auch eine Gasführung des oberen Deckgebirges festgestellt.

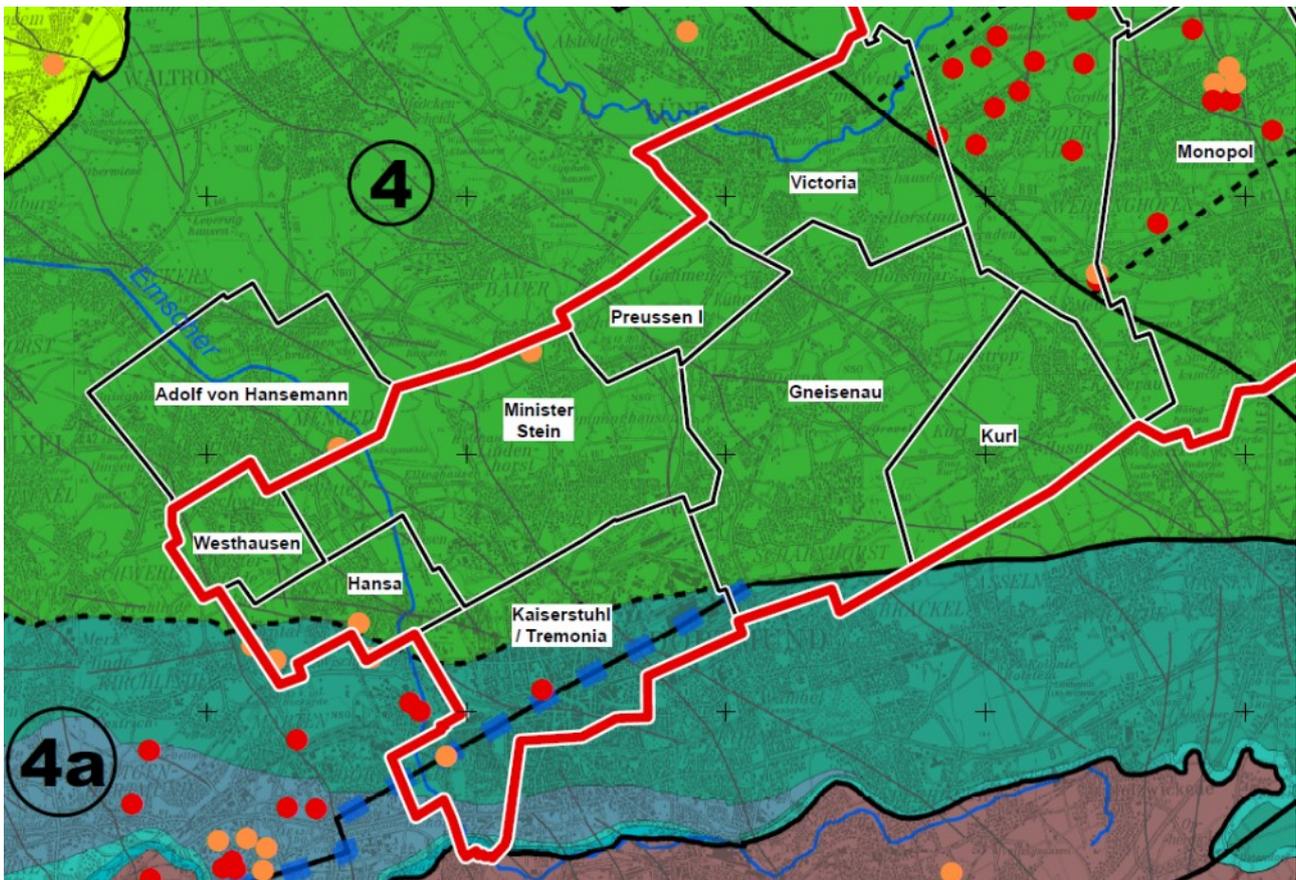
Die geringe Durchlässigkeit des Emscher-Mergels verhindert in der Regel merkliche Gasaustritte an der Tagesoberfläche.

Es fehlt im Vergleich zu Bereich 3 die Homogenisierung eventueller, geringer Gaszuflüsse durch eine gut durchlässige Überdeckung. In wenigen Fällen wurden Austritte von CH_4 aus der tieferen Kreide oder dem Karbon an der Oberfläche beobachtet. Vermutlich ist hier der Emscher-Mergel entlang tektonischer Störungen unter Abbaueinwirkung nicht völlig abdichtend. Gasaustritte im Bereich 4 sind deshalb nicht völlig auszuschließen.

Im Bereich 4a fehlt die Überdeckung durch den Emscher-Mergel großflächig. Dort wurden an zahlreichen Stellen Grubengasaustritte an der Oberfläche und auch in Baugruben und Baugrundbohrungen nachgewiesen.

Die Bereiche 4 und 4a umfassen den größten Teil der Wasserprovinz Haus Aden westlich des Unnaer Sprunges (Abbildung 4). Eine Gasführung des oberen Deckgebirges kann dabei in den Grubenfeldern Preußen I und Victoria sowie dem Norden des Grubenfeldes Gneisenau nicht ausgeschlossen werden. Der Bereich 4a umfasst Teile der Grubenfelder Hansa und Kaiserstuhl/Tremonia sowie untergeordnet einen kleinen Teil des Grubenfeldes Gneisenau.

Abbildung 4: Erstreckung der Bereiche 4 und 4a innerhalb des Bearbeitungsgebietes



8.4 Bereich 5 und 5a

Im Bereich 5 besteht das Deckgebirge abgesehen von einer dünnen Quartärdecke ausschließlich aus den Ablagerungen der Kreide vom Oberkreide-Mergel bis zum Essener Grünsand. Der Emscher-Mergel wirkt aufgrund seiner geringen Durchlässigkeit als Trennung zwischen zwei jeweils gasführenden Grundwasserstockwerken.

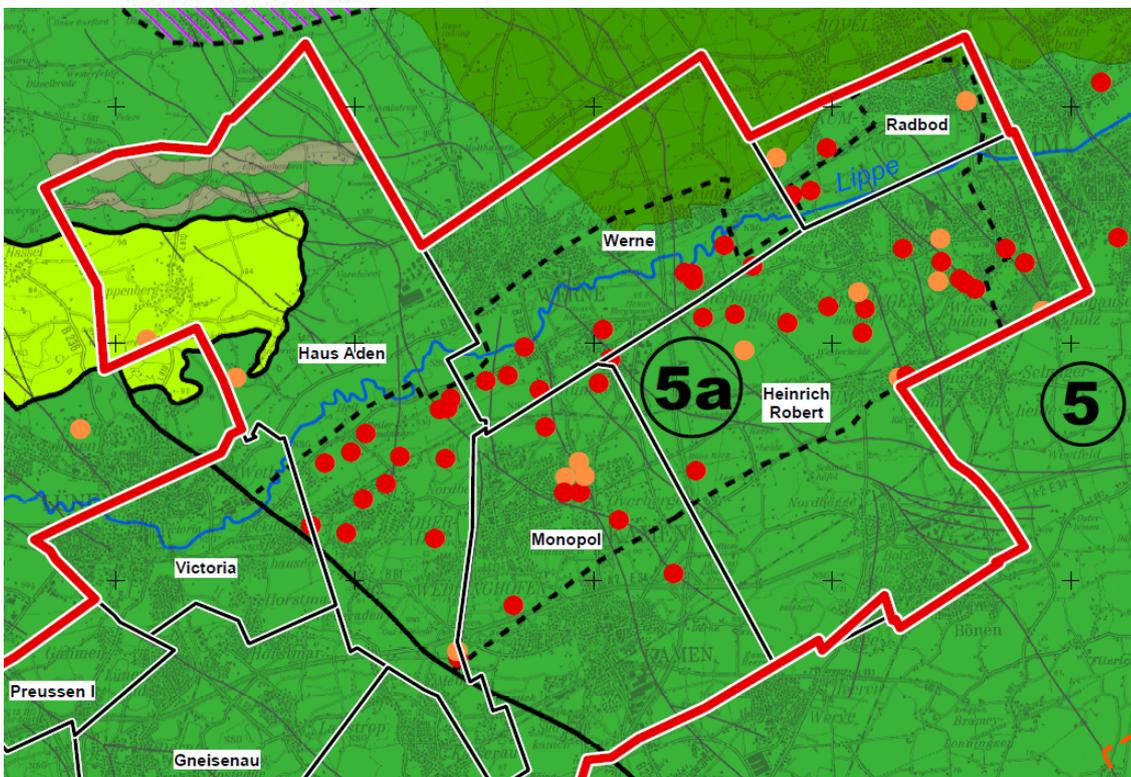
Im unteren Stockwerk tritt CH_4 auf, welches nach jetzigem Kenntnisstand thermogen ist und in den Kohlenflözen des Karbons, möglicherweise auch aus organischer Substanz im Deckgebirge gebildet wurde. Im tiefen Deckgebirge kommen artesisch und subartesisch gespannte Wässer vor, die gelöstes Gas in höhere Schichten transportieren können. Im oberen Stockwerk tritt neben aus der Tiefe transportiertem thermogenen CH_4 auch bakteriell gebildetes CH_4 auf.

Im Bereich 5a sind Gasaustritte an der Tagesoberfläche in Bereichen bekannt, in denen Kohlegewinnung betrieben wurde. Die Schichtenfolge ist hier durch die bergbauliche Tätigkeit überprägt. Vorhandene Strömungswege in Form von Klüften und Störungen wurden erweitert und es ist anzunehmen, dass zusätzliche Strömungswege an Abbaukannten geschaffen wurden.

Einzelne Austritte von CH_4 aus der tiefen Kreide oder dem Karbon sind nicht auszuschließen, wenn der Emscher-Mergel entlang tektonischer Störungen unter Abbaueinwirkung gerissen ist.

Die Bereiche 5 und 5a umfassen den weitaus größten Teil der Wasserprovinz Haus Aden östlich des Unnaer Sprunges (Abbildung 5).

Abbildung 5: Erstreckung der Bereiche 5 und 5a innerhalb des Bearbeitungsgebietes



8.5 Bereich 6

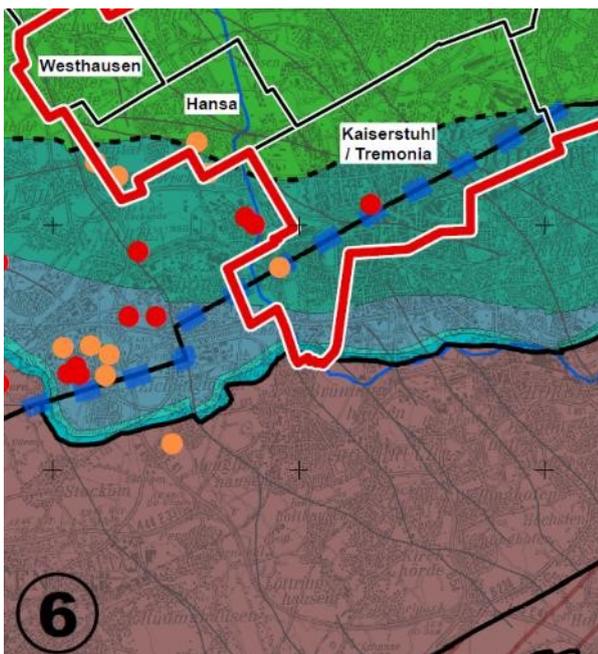
Südlich der Verbreitung der Kreide und östlich des Tertiärs streicht das Steinkohlengebirge an der Tagesoberfläche aus (Quartär abgedeckt). Dort wurden punktuell einzelne geringe Gasströme sowohl von CH₄ als auch von CO₂ aus dem Grubengebäude beobachtet.

Aus den Beobachtungen während des Kohleabbaus und auch aus der Nähe der Tagesoberfläche kann geschlossen werden, dass der Gasinhalt im Bereich 6 bereits ursprünglich gering war. Dieser wurde durch den Abbau weiter verringert.

Als Zwischenspeicher für die geringen Gasabströme aus den Flözen dienen die verlassenen Grubenbaue, die wegen der relativ geringen Tiefe nicht oder wenig durch den Gebirgsdruck geschlossen wurden und die in vielen Fällen auch noch wasserfrei sind. Bei größerer Verweildauer des Methans im Grubengebäude und durch Luftzutritt in Folge atmosphärischer Luftdruckschwankungen kann es teilweise zu CO₂ oxidiert werden, so dass im Bereich 6 häufig ein Gemisch aus beiden Gasen an der Tagesoberfläche detektiert wird.

Nur der äußerste südliche Rand des Grubenfeldes Kaiserstuhl/ Tremonia ist dem Bereich 6 zuzurechnen (Abbildung 6).

Abbildung 6: Erstreckung des Bereiches 6 innerhalb des Bearbeitungsgebietes



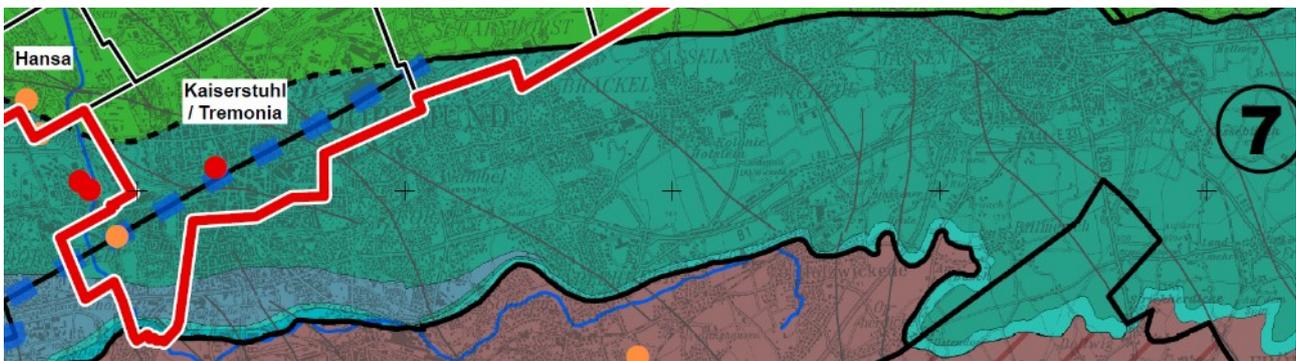
8.6 Bereich 7

Der Bereich 7 schließt sich östlich an den Bereich 4a an und weist im Unterschied zum Bereich 4a eine geringere Gasführung im oberen Abschnitt des Karbons auf.

Es sind an wenigen Stellen geringe Austritte von CH_4 und CO_2 bekannt, die wohl durch die Einwirkung von Bergbau verursacht wurden.

Der Bereich 7 umfasst den Süden der Grubenfelder Kaiserstuhl/ Tremonia und Gneisenau (Abbildung 7).

Abbildung 7: Erstreckung des Bereiches 6 innerhalb des Bearbeitungsgebietes



8.7 Einstufung der Grubenfelder

Nach der Bewertungsmatrix ergibt sich die in Tabelle 6 dargestellte Einstufung der betrachteten Grubenfelder in Bezug auf die Eigenschaften des Deckgebirges.

Tabelle 6: Einstufung der Grubenfelder in Bezug auf die Eigenschaften des Deckgebirges

Grubenfeld	Bereiche gemäß [1]	Einstufung des Deckgebirges
Adolf von Hansemann	4	abdichtend, homogenisierend, gasfreies oberes Deckgebirge
Westhausen	4	abdichtend, homogenisierend, gasfreies oberes Deckgebirge
Hansa	4, 4a	nicht abdichtend, nicht homogenisierend
Minister Stein	4	abdichtend, homogenisierend, gasfreies oberes Deckgebirge
Kaiserstuhl/ Tremonia	4, 4a, 6, 7	nicht abdichtend, nicht homogenisierend
Gneisenau	4, 7	gasführendes oberes Deckgebirge
Kurl	4	abdichtend, homogenisierend, gasfreies oberes Deckgebirge
Preußen I	4	gasführendes oberes Deckgebirge
Victoria	4, 5	gasführendes oberes Deckgebirge
Haus Aden	3, 4, 5, 5a	gasführendes oberes Deckgebirge
Monopol	5, 5a	gasführendes oberes Deckgebirge
Werne	5, 5a	gasführendes oberes Deckgebirge
Heinrich Robert	5, 5a	gasführendes oberes Deckgebirge
Radbod	5, 5a	gasführendes oberes Deckgebirge

9. Gasabführung

Innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden sind insgesamt 21 Schächte mit Entgasungsleitungen ausgestattet. Durch den direkten Anschluss der Entgasungsleitungen an das offene und wasserfreie Grubengebäude kann anfallendes Grubengas gezielt angenommen und abgeführt werden, sofern die Anschlüsse nicht überstaut werden. Mit einem Wasserstand von -600 mNHN bestehen noch 12 Entgasungsleitungen, die Anschlüsse oberhalb des Wasserstandes aufweisen. Bei einem Wasserstand von -380 mNHN reduziert sich die Anzahl auf 5.

Es wurden seit den späten 1980er Jahren beim Abwerfen von Bergwerken oder Baufeldern einzelne Schächte mit Entgasungsleitungen ausgestattet. Eine kontrollierte Gasabführung wurde systematisch jedoch erst ab 2000 auf Basis der Rundverfügung des damaligen Landesoberbergamtes NRW zur „Stilllegung von Grubenfeldern im Steinkohlenbergbau und Entgasungsmöglichkeiten abgeworfener Tagesöffnungen“ [29] umgesetzt.

Die Ausstattung der Schächte mit Entgasungsleitungen wurde auf Basis der Gutachten zu den einzelnen Schachtverfüllungen und Archivunterlagen der DMT geprüft.

Entgasungsleitungen, deren höchstgelegener Anschluss an das Grubengebäude unterhalb des Niveaus von -380 mNHN liegt und die somit nach Beendigung des Grubenwasseranstieges nicht mehr wirksam sind, sind im Sinn der Bewertungskriterien als nicht relevant berücksichtigt.

Darüber hinaus besteht innerhalb der Wasserprovinz Haus Aden und in den angrenzenden Grubenfeldern eine Vielzahl von Schächten, die kohäsiv oder mit Lockermassen verfüllt sind und über keine Entgasungsleitungen verfügen. Einige der mit Lockermassen verfüllten Schächte wurden saniert. Bei diesen Sanierungen wurden die Schachtköpfe der Schächte durch z.B. Ausbaustärkungen stabilisiert. Im Normalfall sind diese Schächte mit Vorrichtungen ausgestattet, an die im Bedarfsfall auch Entgasungseinrichtungen angeschlossen werden können. Im Gegensatz zu den Schächten mit Entgasungsleitungen mit Anschluss an das Grubengebäude werden hierbei die über die Lockermassenfüllsäulen abströmenden Gasgemische gesichert an die Atmosphäre abgeführt. Aufgrund des in der Regel hohen Strömungswiderstandes der Lockermassenfüllsäule gelten solche Entgasungseinrichtungen nicht als relevant im Sinne einer kontrollierten Gasabführung.

In Tabelle 7 sind die Entgasungsmöglichkeiten der einzelnen Grubenfelder innerhalb des betrachteten Bereiches sowie die Anzahl der kohäsiv und mit Lockermassen verfüllten Schächte beschrieben. Die Niveaus der Anschlüsse wurden im Risswerk in der Einheit mNN angegeben und werden im Rahmen der vorliegenden gutachtlichen Stellungnahme in mNHN angegeben, da der Unterschied hier vernachlässigbar ist.

Die Grubenfelder sind den entsprechenden Kategorien zugeordnet. Nach der Bewertungsmatrix ergibt sich die in Tabelle 8 dargestellte Einstufung der betrachteten Grubenfelder hinsichtlich der Gasabführung.

Im Falle einer Übernahme der Grubengasgewinnungsbohrungen als Pegel- und Entgasungsbohrungen können die Einstufungen entsprechend angepasst werden.

Tabelle 7: Entgasungsmöglichkeiten innerhalb der betrachteten Grubenfelder

Grubenfeld	Schächte/Tageszugänge		Entgasungsleitungen	Bewertung
	Lockermassen- verfüllung	kohäsive Verfüllung		
Adolf von Hansemann	6	1	nicht vorhanden Grubengasgewinnungsbohrung Hansa 5	fehlende Gasabführung
Westhausen	1	2	nicht vorhanden	fehlende Gasabführung
Hansa	1	4	Hansa 3	kontrollierte Gasabführung
Kaiserstuhl/ Tremonia	11	2	nicht vorhanden	fehlende Gasabführung
Minister Stein	0	9	Minister Stein 4	eingeschränkte Gasabführung
Gneisenau	2	8	Gneisenau 4	eingeschränkte Gasabführung
Kurl	0	3	Kurl 4	kontrollierte Gasabführung
Preußen I	0	2	Grubengasgewinnungsbohrung Preußen 1	fehlende Gasabführung
Victoria	0	2	Victoria 1 und 2 (Anschlüsse überstaut ab ca. -460 mNHN)	kontrollierte Gasabführung, nach Überstauung keine Gasabführung notwendig
Haus Aden	0	7	Haus Aden 1, 6 und 7, Grimberg 3 und 4 (Anschlüsse überstaut bei -600 mNHN) Haus Aden 2 (Anschlüsse überstaut ab ca. -525 mNHN)	kontrollierte Gasabführung, nach Überstauung keine Gasabführung notwendig

Grubenfeld	Schächte/Tageszugänge		Entgasungsleitungen	Bewertung
	Lockermassen- verfüllung	kohäsive Verfüllung		
Monopol	0	6	Grimberg 1 (Anschlüsse unbekannt) Grimberg 2 (Anschluss überstaut ab ca. -533 mNHN) Grillo 1	kontrollierte Gasabführung, nach Überstauung der Verbindung nach Grillo 1 bei -400 mNHN verbleiben isolierte Bereiche bis -320 mNHN
Werne	0	4	Werne 3 (Anschluss überstaut bei -600 mNHN)	fehlende Gasabführung
Heinrich Robert	0	6	Lerche, Franz, Humbert (Anschlüsse überstaut bei -600 mNHN) Heinrich (Anschluss überstaut ab ca. -539 mNHN)	kontrollierte Gasabführung, nach Überstauung verbleiben isolierte Bereiche bis -480 mNHN
Radbod	1	4	Radbod 5 (Anschluss überstaut bei -600 mNHN)	keine Gasabführung notwendig

Tabelle 8: Einstufung der Grubenfelder in Bezug auf die Gasabführung

Grubenfeld	Gasabführung bei Wasserstand -600 mNHN	Gasabführung bei Wasserstand -380 mNHN
Adolf von Hansemann	keine Gasabführung	keine Gasabführung
Westhausen	keine Gasabführung	keine Gasabführung
Hansa	kontrollierte Gasabführung	kontrollierte Gasabführung
Minister Stein	eingeschränkte Gasabführung	eingeschränkte Gasabführung
Kaiserstuhl/ Tremonia	keine Gasabführung	keine Gasabführung
Gneisenau	eingeschränkte Gasabführung	eingeschränkte Gasabführung
Kurl	kontrollierte Gasabführung	kontrollierte Gasabführung
Preußen I	keine Gasabführung	keine Gasabführung
Victoria	kontrollierte Gasabführung	Grubengebäude überstaut
Haus Aden	kontrollierte Gasabführung	Grubengebäude überstaut
Monopol	kontrollierte Gasabführung	kontrollierte Gasabführung
Werne	keine Gasabführung	Grubengebäude überstaut
Heinrich Robert	kontrollierte Gasabführung	Grubengebäude überstaut
Radbod	keine Gasabführung	Grubengebäude überstaut

9.1 Gasaustritte an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen

Tabelle 9 zeigt die Einstufung der einzelnen Grubenfelder hinsichtlich einer Gefährdung durch Gasaustritte an der Tagesoberfläche, wobei eine mögliche Umsetzung von Schutzmaßnahmen noch nicht berücksichtigt ist.

Die Grubenfelder Hansa und Kaiserstuhl/ Tremonia sind in der Kategorie „Bereiche nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge“ eingestuft. In den Grubenfeldern Preußen I, Monopol, Werne und Heinrich Robert bestehen während des Wasseranstieges zumindest zeitweise sogenannte isolierte Bereiche ohne Gasabführung bei gleichzeitig gasführendem oberem Deckgebirge und direkter Beeinflussung. Im Norden des Grubenfeldes Gneisenau und in den Grubenfeldern Preußen I, Victoria, Haus Aden, Monopol, Werne, Heinrich Robert und Radbod besteht eine Gasführung im oberem Deckgebirge bei direkter Beeinflussung. Diese Grubenfelder werden nachfolgend im Detail betrachtet.

Tabelle 9: Einstufung der Grubenfelder hinsichtlich einer Gefährdung durch wasseranstiegsbedingte Gasaustritte an der Tagesoberfläche (ohne Schutzmaßnahmen)

Grubenfeld	Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an der Tagesoberfläche
Adolf von Hansemann	sehr gering
Westhausen	sehr gering
Hansa	sehr gering
Minister Stein	sehr gering
Kaiserstuhl/ Tremonia	mittel
Gneisenau	sehr gering
Kurl	sehr gering
Preußen I	sehr gering
Victoria	sehr gering
Haus Aden	sehr gering
Monopol	sehr gering
Werne	sehr gering
Heinrich Robert	sehr gering
Radbod	sehr gering

9.2 Grubenfeld Hansa

Das Grubenfeld wird hinsichtlich der Ausgasung durch den Grubenwasseranstieg direkt beeinflusst. Der Grubenwasseranstieg erfolgt von einem Niveau von ca. -590 mNHN aus.

Innerhalb des Grubenfeldes besteht eine kontrollierte Gasabführung über die Entgasungsleitung im Schacht Hansa 3. Die Entgasungsleitung mit einem Durchmesser von DN 300 ist unter dem Widerlager der Teilfüllsäule in einer Teufe von 170 m geöffnet. Damit bestehen über die alte 1. Sohle (-113 mNHN) bis zur 3. Sohle (-320 mNHN) auch bei einem Wasserstand von -380 mNHN Anschlüsse an das Grubengebäude.

Es sind keine weiteren Schutzmaßnahmen notwendig.

9.3 Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia

Für die Baufelder Kaiserstuhl West und Ost wird von einem Wasserstand von derzeit rund -497 mNHN und für die Baufelder Westphalia und Tremonia von einem Wasserstand von -235 mNHN ausgegangen. Damit sind die Baufelder Kaiserstuhl West und Ost hinsichtlich der Ausgasung durch den Grubenwasseranstieg direkt beeinflusst und die Baufelder Westphalia und Tremonia indirekt beeinflusst.

Innerhalb des Grubenfeldes besteht keine kontrollierte Gasabführung über Entgasungsleitungen.

Im Baufeld Kaiserstuhl Ost besteht seit längerem ein Unterdruck von mindestens -585 hPa, der von der Grubengasgewinnung aus dem Bergwerk Minister Stein aufgeprägt wird. Dieser wurde im Rahmen einer Befahrung von mit Lockermassen verfüllten Schächten durch die DMT am 01.12.2023 verifiziert (Tabelle 10). Der Schacht Kaiserstuhl Ost 1 ist mit Lockermassen verfüllt und mit einer inneren Ausbauverstärkung gesichert. Die relativ gute Anbindung der Messtelle an das Grubengebäude ist mit der Dichtigkeit durch die innere Ausbauverstärkung und die in der Füllsäule befindliche Bergerutsche verbunden. Der Schacht ist oberhalb des jetzigen Wasserspiegels über die Wettersohle sowie die 1. bis 6. Sohle in Teufen von -53 bis -473 mNHN an das Grubengebäude angeschlossen.

Tabelle 10: Druckdifferenzen im Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia

Schacht	TÖB	Mess- stelle	CH ₄ [Vol.-%]	CO ₂ [Vol.-%]	O ₂ [Vol.-%]	Druck- differenz p _e [Pa]	Luftdruck p _{atm} [hPa]
Kaiserstuhl Ost 1	2603 5712 001	BN	0,00	0,04	20,9	-58500	1000,0
Kaiserstuhl Ost 2	2603 5712 002	BN	0,00	0,04	20,9	-1500	1000,0
Kaiserstuhl Ost 3	2603 5712 003	BN	0,00	0,04	20,9	-48	1000,0
Kaiserstuhl West 1	2602 5711 002	BN	0,00	0,04	20,9	0	1001,1
Kaiserstuhl West 1/2	2602 5711 001	EE	0,00	0,04	20,9	-8	1001,1
Kaiserstuhl West 3	2602 5711 003	EE	0,00	0,04	20,9	0	1001,1
Westphalia 1	2600 5710 001	BN	0,00	1,20	18,2	-5	1001,1
Westphalia 2	2600 5710 002	BN	0,00	0,72	18,6	0	1001,1

BN = Beobachtungs- und Nachfüllöffnung, EE = Entgasungseinrichtung

Zwischen dem Grubenfeld Minister Stein und den Baufeldern Kaiserstuhl West und Ost bestehen Gaswegigkeiten über angrenzende Abbaue und Abbauannäherungen auf wenige Meter über jeweils große Erstreckungen und in mehreren Flözen. Die meisten Verbindungen bleiben auch nach dem Wasseranstieg bis auf -380 mNHN wasserfrei. Diese befinden sich in den Flözen Wellington, Karl 1, Karl 2, Blücher, Ida, Ernestine, Röttgersbank 2, Johann 2, Präsident, Helene und Karoline. Überstaut werden im Zuge des Grubenwasseranstieges die Verbindungen unterhalb -380 mNHN in den Flözen Dickebank/ Dünnebank und Sonnenschein. Somit bleibt die Gaswegigkeit und damit die Aufprägung des Unterdruckes wahrscheinlich auch im Zuge des Wasseranstieges bestehen.

Die Baufelder Kaiserstuhl West (Kaiserstuhl I) und Ost (Kaiserstuhl II) sind über die 3. bis 5. Sohle in Niveaus von -147 bis -375 mNHN verbunden. Die Baufelder Kaiserstuhl West und Westphalia sind über die 4. Sohle Westphalia im Niveau von -228 mNHN verbunden. Die Baufelder Westphalia und Tremonia sind über die 5. und 6. Sohle Westphalia/ Tremonia in Niveaus von -331 und -431 mNHN verbunden. Diese Verbindungen sind aufgrund des jetzigen Wasserstandes von -235 mNHN als überstaut zu betrachten. Inwieweit weitere Verbindungen über angrenzende Abbaue oder Abbauannäherungen bestehen ist aufgrund fehlender Unterlagen nicht bekannt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der am Schacht 1 des Baufeldes Kaiserstuhl Ost nachweisbare Unterdruck aufgrund der untertägigen Streckenverbindungen auch in den Baufeldern Kaiserstuhl West und Westphalia wirkt. Das Baufeld Tremonia steht wahrscheinlich nicht unter Beeinflussung der Grubengasgewinnung.

Das Grubenfeld Kaiserstuhl/Tremonia ist in der Mitte dem Bereich 4a, im Norden dem Bereich 4 und im Süden dem Bereich 7 bei einer Deckgebirgsmächtigkeit von weniger als 50 m zuzuordnen. Die Tagesoberfläche ist durch eine weitgehend dichte innerstädtische Bebauung und die Nutzung durch Industrie- bzw. Gewerbebetriebe gekennzeichnet.

Derzeit steht das Grubengebäude der Baufelder Kaiserstuhl West und Ost sowie Westphalia unter einem stabilen durch die Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruck [12]. Es besteht ein stabiles Druckgefälle von der Tagesoberfläche zum Grubengebäude. Durch den Grubenwasseranstieg erfolgt eine Verdichtung des im Grubenfeld unter Unterdruck anstehenden Grubengases. Solange ein ausreichender Unterdruck im Grubengebäude anliegt, sind Gasaustritte über das Deckgebirge innerhalb des Grubenfeldes Kaiserstuhl/ Tremonia sehr unwahrscheinlich.

Sollte die Grubengasgewinnung aus dem Bergwerk Minister Stein eingestellt werden oder sich die abgesaugten Gasmengen deutlich verringern, ist damit zu rechnen, dass sich der am Grubengebäude Kaiserstuhl anliegende Unterdruck über die Zeit verringert. Das gleiche gilt für den

Fall, dass durch den Grubenwasseranstieg die relevanten Gaswegigkeiten zwischen den Bergwerken Minister Stein und Kaiserstuhl teilweise oder vollständig überstaut werden. Das Druckgefälle von der Tagesoberfläche zum Grubengebäude könnte dann vollständig entfallen oder soweit abnehmen, dass es bei Luftdruckabfällen kippt.

Der Unterdruck im Grubengebäude ist daher im Rahmen des Monitorings zu überwachen und bei Rückgang des Unterdruckes unter einen kritischen Wert sind weitergehende Schutzmaßnahmen umzusetzen.

9.4 Grubenfelder mit gasführendem oberem Deckgebirge

Im Verbreitungsgebiet eines gasführendem oberem Deckgebirge können bei direkter Beeinflussung Austritte von Deckgebirgsgas als Folge von Bodenbewegungen trotz geringer Eintrittswahrscheinlichkeit nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Dies umfasst das Grubenfeld Gneisenau östlich des Kurler Sprunges sowie die Grubenfelder Preußen I, Victoria, Haus Aden, Monopol, Werne und Heinrich Robert.

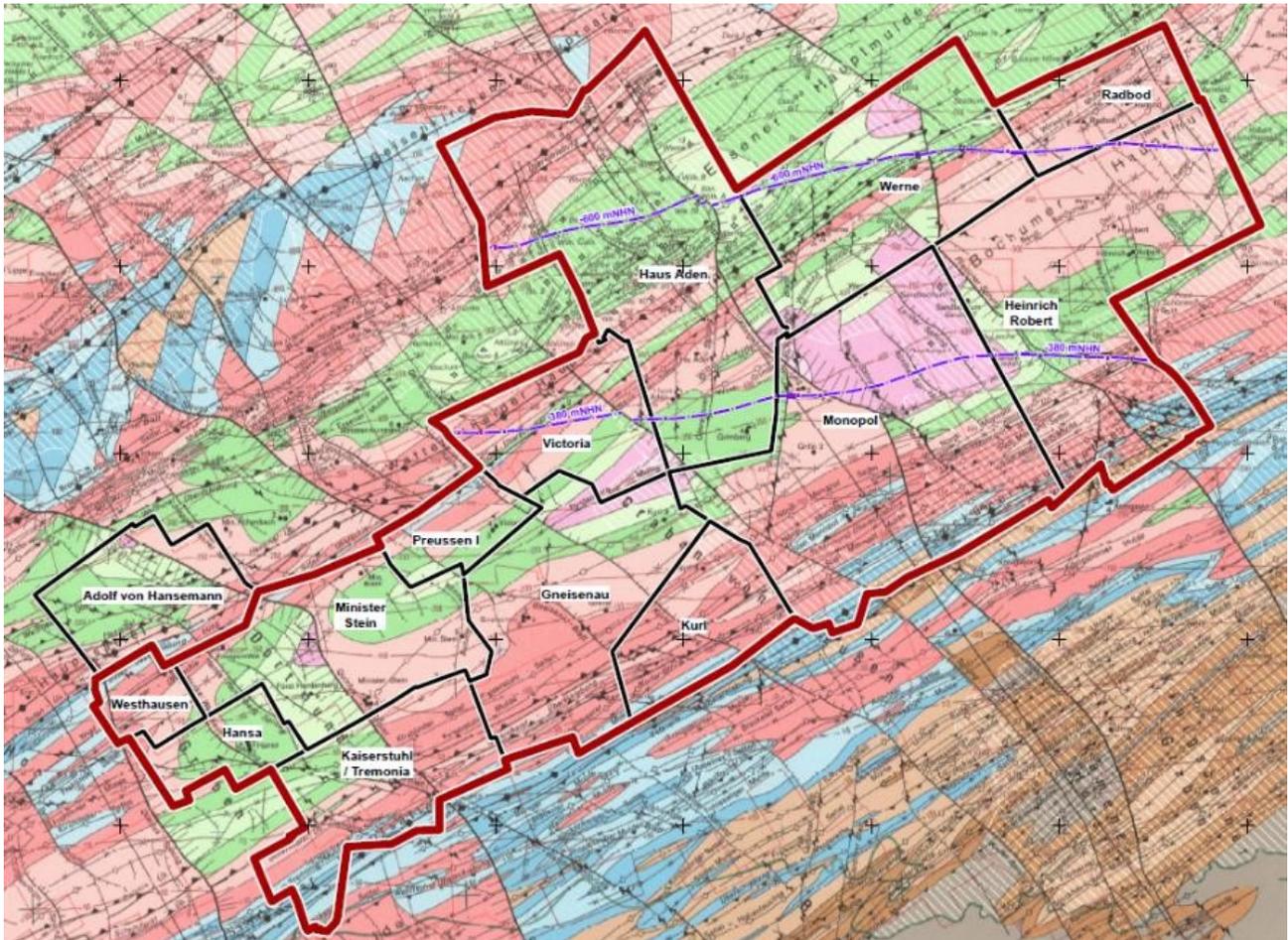
Mit Ausnahme des Grubenfeldes Gneisenau erfolgt die in diesen Grubenfeldern eine flächendeckende oder teilweise Überstauung der Deckgebirgsbasis (Anlage 3 und Abbildung 8). Eine Erhöhung des Grundwasserpotenzials im unteren Deckgebirge und dadurch bedingte Austritte von Deckgebirgsgas können somit trotz geringer Eintrittswahrscheinlichkeit nicht ausgeschlossen werden.

Da auf Basis der Messungen der Drücke an den Schächten keine Aussage bezüglich möglicher Gefahren durch Austritte von Deckgebirgsgas gemacht werden können, sollen flächige Messungen des CH₄-Gehaltes an der Tagesoberfläche in bebauten Gebieten durchgeführt werden. Ergänzend sollen die Entwicklung der Wasserstände, der Gasdrücke und Gaszusammensetzung im Turon/Cenoman an den tiefen Grundwasserpegeln bewertet werden.

Weiterhin sollen an bekannten Gasaustrittsstellen (z.B. Kettlersiedlung in Bergkamen, Magdeburger Straße, Kampstraße, Am Frienbusch, Freiligrathstraße und Sandbochumer Straße in Hamm) kurze Pegelbohrungen hergestellt werden, um reproduzierbare Messungen durchführen zu können. Diese Pegelbohrungen sollen den Bereich oberhalb der Oberfläche des oberen Grundwasserstockwerkes aufschließen, der nicht unmittelbar durch Luftdruckschwankungen und die Witterung beeinflusst ist (in der Regel rund (2 bis 3 m Tiefe unter der Geländeoberkante). Je Grubenfeld sollen etwa 5 Pegelbohrungen abgeteuft werden, wobei die konkreten Orte auf Basis der Erkenntnisse aus dem laufenden Monitoring im Rahmen des Wasseranstieges bis -600 mNHN festgelegt werden sollen. Die Erkenntnisse aus bereits laufenden Messungen der Ausgasung an

solchen Gasaustrittsstellen sollen dabei berücksichtigt werden. Vorhandene Grundwassermessstellen können ggf. in diesem Rahmen genutzt werden.

Abbildung 8: Überstauung der Deckgebirgsbasis bei Wasserständen von -600 und -380 mNHN



9.5 Grubenfeld Preußen I

Das Grubenfeld Preußen I wird hinsichtlich der Ausgasung durch den Grubenwasseranstieg direkt beeinflusst. Der Grubenwasseranstieg erfolgt von einem Niveau von ca. -600 mNHN aus.

Im Grubenfeld Preußen I sind die Schächte Preußen I/1 (Victoria 3) und Preußen I/2 (Victoria 4) kohäsiv verfüllt und nicht mit Entgasungsleitungen ausgestattet. Bei einem Wasserstand von -600 mNHN bestehen noch eine Streckenverbindung zum Grubenfeld Victoria über die 2. Sohle Victoria im Niveau von -550 mNHN und eine Streckenverbindung zum Grubenfeld Gneisenau über die 5. Sohle Gneisenau im Niveau von -430 mNHN. Im Grubenfeld Preußen I wird über die Gewinnungsbohrung Preußen-Methan 1 Grubengas gewonnen, die die 2. Sohle (-495 mNHN) aufschießt. An die Bohrung wird ein Saugdruck von rund -780 hPa angelegt, so dass der tatsächlich

an die 2. Sohle angelegte Unterdruck in der Größenordnung von -730 hPa liegt. Die Tatsache, dass an den Entgasungsleitungen der Schächte Victoria 1 und 2 ein Unterdruck von rund -715 hPa ansteht, zeigt, dass die gaswegige Verbindung nach Preußen I vorhanden ist. Der Saugdruck am Schacht Gneisenau 4 liegt ebenfalls auf demselben Niveau, so dass eine gaswegige Verbindung zwischen den Grubenfeldern Gneisenau und Preußen I wahrscheinlich, kann aber derzeit nicht nachgewiesen werden.

Ab einem Wasserstand von -550 mNHN kann eine Gasabführung aus dem Grubenfeld Preußen I über die Entgasungsleitungen der Schächte Victoria 1 und 2 nicht mehr erfolgen. Daher wird zunächst empfohlen, die Gewinnungsbohrung Preußen-Methan 1 unabhängig von der Fortführung der Grubengasgewinnung offen zu halten und zur Entgasung der Grubenfeldes Preußen I vorzuhalten.

Ab einem Grubenwasserstand von -495 mNHN und spätestens ab -430 mNHN ist das Grubenfeld Preußen I als Bereich mit fehlender Gasabführung zu betrachten. Eine Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge ist dann nicht auszuschließen. Die Wahrscheinlichkeit einer daraus folgenden Veränderung der Ausgasung an der Tagesoberfläche ist sehr gering, jedoch kann diese nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

Dies muss entsprechend bei den Messungen des CH₄-Gehaltes an der Tagesoberfläche in bebauten Gebieten berücksichtigt werden.

9.6 Grubenfeld Monopol

Das Grubenfeld Monopol wird hinsichtlich der Ausgasung durch den Grubenwasseranstieg direkt beeinflusst. Der Grubenwasseranstieg erfolgt von einem Niveau von ca. -600 mNHN aus.

Im Grubenfeld Monopol besteht bei einem Wasserstand von -600 mNHN nur noch eine kontrollierte Gasabführung über die Entgasungsleitung des Schachtes Grillo 1. Bei einem Wasserstand von -400 mNHN wird die Verbindung vom Schacht Grillo 1 zu Abbaufächen westlich der Grimberger Störung über die 3. Sohle überstaut. Dort verbleiben dann Abbaue bis in ein Niveau von -320 mNHN, die dann nicht mehr entgast werden können. Dieser Bereich südlich der Schachanlage Grimberg 3/4 ist ab einem Grubenwasserstand von -400 mNHN als Bereich mit fehlender Gasabführung zu betrachten. Eine Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge ist dann nicht auszuschließen. Die Wahrscheinlichkeit einer daraus folgenden Veränderung der Ausgasung an der Tagesoberfläche ist sehr gering, jedoch kann diese nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

Dieser Bereich muss entsprechend in Messungen des CH₄-Gehaltes an der Tagesoberfläche in bebauten Gebieten einbezogen werden.

9.7 Grubenfeld Werne

Das Grubenfeld Werne wird hinsichtlich der Ausgasung durch den Grubenwasseranstieg direkt beeinflusst. Der Grubenwasseranstieg erfolgt von einem Niveau von ca. -600 mNHN aus.

Im Grubenfeld Werne sind die Schächte Werne 1, 2, 3 und 4 kohäsiv verfüllt und nur der Schacht Werne 3 mit einer Entgasungsleitungen ausgestattet, die allerdings bei einem Wasserstand von -600 mNHN keine Verbindung mehr an das Grubengebäude aufweist. Bei diesem Wasserstand bestehen auch keine gaswegigen Streckenverbindungen zum Grubenfeld Heinrich Robert. Bis zu einem Wasserstand von -460 mNHN bestehen Abbauflächen, die nicht planmäßig entgast werden. Daher ist das Grubenfeld Werne als Bereich mit fehlender Gasabführung eingestuft. Eine Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge ist dann nicht auszuschließen. Die Wahrscheinlichkeit einer daraus folgenden Veränderung der Ausgasung an der Tagesoberfläche ist sehr gering, jedoch kann diese nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

Dieser Bereich muss entsprechend in Messungen des CH₄-Gehaltes an der Tagesoberfläche in bebauten Gebieten einbezogen werden.

9.8 Grubenfeld Heinrich Robert

Das Grubenfeld Heinrich Robert wird hinsichtlich der Ausgasung durch den Grubenwasseranstieg direkt beeinflusst. Der Grubenwasseranstieg erfolgt von einem Niveau von ca. -600 mNHN aus.

Im Grubenfeld Heinrich Robert besteht bei einem Wasserstand von -600 mNHN nur noch eine kontrollierte Gasabführung über die Entgasungsleitung des Schachtes Heinrich. Nach Überstauung des obersten Anschlusses auf der 1. Sohle (-538 mNHN) verbleiben noch Abbaue bis in ein Niveau von -480 mNHN, die dann nicht mehr entgast werden können. Dieser Bereich südlich der Schachanlage Heinrich Robert ist ab einem Grubenwasserstand von -538 mNHN als Bereich mit fehlender Gasabführung zu betrachten. Eine Verdrängung von Grubengas in das Deckgebirge ist dann nicht auszuschließen. Die Wahrscheinlichkeit einer daraus folgenden Veränderung der Ausgasung an der Tagesoberfläche ist sehr gering, jedoch kann diese nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

Dieser Bereich muss entsprechend in Messungen des CH₄-Gehaltes an der Tagesoberfläche in bebauten Gebieten einbezogen werden.

9.9 Tagesoberfläche im Bereich bekannter Tagesöffnungen

Innerhalb der vom Grubenwasseranstieg direkt und indirekt beeinflussten Grubenfelder sind wasseranstiegsbedingt erhöhte Gasaustritte primär im Bereich von verfüllten Tagesschächten und anderen Tagesöffnungen zu erwarten. Insgesamt gibt es in diesen Grubenfeldern 88 bekannte Tagesöffnungen.

Im Umfeld der verfüllten Tagesschächte sind in der Regel ausgasungstechnische Schachtschutzbereiche ausgewiesen, in denen die Nutzung eingeschränkt bzw. bei Umsetzung entsprechender Schutzmaßnahmen möglich ist.

Tabelle 11 zeigt die Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Austritten von Gruben- bzw. Deckgebirgsgas an kohäsiv verfüllten und mit Lockermassen verfüllten Schächten. In beiden Fällen erfolgte auch hier zunächst die Einstufung ohne die Berücksichtigung von Schutzmaßnahmen.

Tabelle 11: Einstufung der Grubenfelder hinsichtlich einer Gefährdung durch wasseranstiegsbedingte Gasaustritte in Schachtbereichen (ohne Schutzmaßnahmen)

Grubenfeld	Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an kohäsiv verfüllten Schächten	Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an mit Lockermassen verfüllten Schächten
Adolf von Hansemann	mittel	hoch
Westhausen	hoch	sehr hoch
Hansa	gering	mittel
Minister Stein	mittel	hoch
Kaiserstuhl/ Tremonia	hoch	sehr hoch
Gneisenau	hoch	hoch
Kurl	gering	mittel
Preußen I	hoch	sehr hoch
Victoria	hoch	hoch
Haus Aden	hoch	hoch
Monopol	hoch	hoch
Werne	hoch	sehr hoch
Heinrich Robert	hoch	hoch
Radbod	hoch	hoch

10. Schutzmaßnahmen

10.1 Schächte mit Lockermassenfüllsäulen

Bei Schwellenerreichung für den Druck an einer Messstelle innerhalb eines Grubenfeldes sollten die mit Lockermassen verfüllten Schächte innerhalb dieses Grubenfeldes, die für eine Gasabführung geeignet sind, mit Entgasungseinrichtungen ausgerüstet werden. Dies ist im Einzelfall zu prüfen und festzulegen.

10.2 Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem gasfreiem oberem Deckgebirge

Sollte im Zuge des Monitorings festgestellt werden, dass die Drücke im Grubengebäude steigen und unkontrollierbare Gasaustritte an der Tagesoberfläche im Bereich der Schächte möglich sind, sind entsprechende Maßnahmen zu planen und durchzuführen. Die Notwendigkeit soll bei Erreichen der Warnwerte geprüft werden. Dazu kommen im Einzelfall folgende gestaffelte Maßnahmen in Frage, die jeweils zum Einsatz kommen können, wenn die zuvor durchgeführte Maßnahme keinen Erfolg zeigt:

- Anschluss von Entgasungseinrichtungen an die Abdeckungen von mit Lockermassen verfüllten Schächten,
- Fassung von Gasaustritten im Bereich von mit Lockermassen verfüllten Schächten durch Gasflächendrainagen und Bohrungen,
- Entgasungsbohrungen in das Grubengebäude mit passiver Entgasung,
- aktive Entgasung durch Besaugung von Entgasungsleitungen oder Entgasungsbohrungen

Solche Maßnahmen müssen dann im Einzelfall unter Berücksichtigung der bis zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Erkenntnisse geplant und umgesetzt werden.

10.3 Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge bei direkter Beeinflussung

Das Grubenfeld Hansa verfügt über eine kontrollierte Entgasung, so dass die Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen als sehr gering einzustufen ist.

Das Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia ist als Bereich mit nicht abdichtendem bzw. nicht homogenisierendem Deckgebirge bei gleichzeitig direkter Beeinflussung und fehlender Gasabführung eingestuft. Die Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten an

der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen ist in diesen Grubenfeldern als mittel einzustufen. Aufgrund der dichten Bebauung ist diese Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten nicht akzeptabel, so dass ein dauerhafter Überdruck im Grubengebäude unterhalb des Deckgebirges vermieden werden muss. Dies ist zunächst durch den von der Grubengasgewinnung aus dem Bergwerk Minister Stein aufgeprägten hohen Unterdruck gegeben. Die Gaswegigkeit zwischen Minister Stein und Kaiserstuhl bleibt wahrscheinlich im Zuge des Wasseranstieges bis -380 mNHN bestehen.

Dort wo der durch die Grubengasgewinnung aufgeprägte Unterdruck ausreichend wirksam ist und die barometrische Ausgasung vollständig unterbindet, sind Gasaustritte an der Tagesoberfläche sehr unwahrscheinlich. Um diesen Effekt zum Schutz der Tagesoberfläche vor Gasaustritten zu nutzen, ist eine intensive Überwachung der Unterdrücke sowie eine laufende Beurteilung der Unterdruckerzeugung notwendig.

Für den Fall, dass die Beeinflussung durch die Grubengasgewinnung nicht mehr ausreichend ist, wird folgendes Schutzkonzept empfohlen

- aktive Entgasung über Schachtleitungen in benachbarten strömungstechnisch angeschlossenen Grubenfeldern,
- Erstellen von Pegel- und Entgasungsbohrungen zumindest auf die oberste Sohle des Grubengebäudes des zu schützenden Bereiches und Ausstattung mit Entgasungseinrichtungen zur passiven Entgasung,
- Anschluss von Entgasungseinrichtungen an die Abdeckungen von bestimmten mit Lockermassen verfüllten Schächten zur passiven Entgasung,
- Überwachung des Druckes im Grubengebäude im Zuge des Wasseranstieges über Pegel- und Entgasungsbohrungen,
- Überwachung der Drücke an der Füllsäulenoberfläche von mit Lockermassen verfüllten Schächten,
- Umsetzung einer aktiven Entgasung über Besaugung von Pegel- und Entgasungsbohrungen im Falle des Aufbaus eines dauerhaften Überdruckes im Grubengebäude.

Diesbezüglich bestehen Vorlaufzeiten aufgrund des bestehenden hohen Unterdruckes, der sich nach einer Einstellung der Grubengasgewinnung oder einer Unterbrechung von Strömungswege langsam abbaut.

10.4 Überwachung der Unterdrücke sowie Beurteilung der Unterdruckerzeugung

Für das Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia kann auf weitergehende Schutzmaßnahmen verzichtet werden, solange die barometrische Ausgasung durch den vorhandenen Unterdruck unterbunden wird. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass bei Außerbetriebnahme einer Grubengasgewinnungsanlage oder einer deutlichen Verringerung der Förderung die Unterdrücke durch aus dem Gebirge nachströmendes Grubengas, über verwahrte oder offene Grubenbaue in das Grubengebäude einziehende Luft und durch den Grubenwasseranstieg zurückgehen.

Die Auswirkungen der Außerbetriebnahme einer Grubengasgewinnung auf die Entwicklung des Unterdruckes im Grubengebäude konnte im Jahr 2006 im Bereich des Bergwerkes Schlägel & Eisen und im Jahr 2023 im Bereich des Bergwerkes Hugo beobachtet werden [10, 11]. Die Grubengasgewinnung an den Standorten Hugo 1, Hugo 5, Hugo 9, Hugo Ost und Emschermulde 1 war im August 2023 vollständig stillgelegt worden. Der Anstieg des Druckes im Grubengebäude des Bergwerkes Hugo betrug anfangs rund +40 hPa/ Woche und ging nach einem Monat auf +10 hPa und nach einem weiteren Monat auf unter +7 hPa/ Woche zurück. Offensichtlich ist der Rückgang auf die abnehmende Druckdifferenz zu benachbarten Grubenfeldern und zur Atmosphäre und damit mit rückgehenden Zuströmen von außen zurückzuführen. Innerhalb von drei Monaten stieg der Druck im Grubengebäude um 170 hPa an, wobei der Unterdruck bei Einstellung der Gasabsaugung bei -370 hPa lag. Im Bereich des Bergwerkes Schlägel & Eisen wurde die Grubengasgewinnung im Juli 2006 eingestellt. Der Unterdruck im Grubengebäude betrug zu der Zeit rund -230 hPa. Im Januar 2007, also sechs Monate nach Einstellung der Grubengasgewinnung kippte erstmals das Druckgefälle und es entwickelte sich eine barometrisch bedingte Ausgasung über die Entgasungsleitungen.

Übertragen auf eine Einstellung der Grubengasgewinnung aus dem Grubenfeld Minister Stein wäre damit zu rechnen, dass sich der Unterdruck innerhalb von rund 8 Monaten abbaut. Somit besteht zusätzlich zu dem Zeitraum bis zu einer planmäßigen oder zu erwartenden Einstellung der Grubengasgewinnung eine Vorlaufzeit für umzusetzende Schutzmaßnahmen.

An Entgasungseinrichtungen von mit Lockermassen verfüllten Schächten konnten in der Vergangenheit in der Regel barometrisch bedingte Druckdifferenzen von etwa -20 hPa bis +25 hPa gemessen werden.

Bei untertägigen Abschlussdämmen im Bereich der Ruhrlagerstätte, an denen Unterdrücke von bis zu -25 hPa gemessen wurden, konnte teilweise ein Kippen des Druckgefälles bei sehr tiefen Luftdrücken festgestellt werden.

Um Gasaustritte über das Deckgebirge auszuschließen, soll der Unterdruck im Grubengebäude daher ständig mindestens -30 hPa betragen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass an Entgasungseinrichtungen bzw. Beobachtungs- und Nachfüllöffnungen von mit Lockermassen verfüllten Schächten in der Regel aufgrund der Undichtigkeiten am Schachtkopf und aufgrund der strömungstechnischen Dämpfung durch die Füllsäule tendenziell geringere Druckdifferenzen gemessen werden als tatsächlich zwischen Grubengebäude und Atmosphäre bestehen. Wird also dauerhaft an einer solchen Entgasungseinrichtung bzw. Beobachtungs- und Nachfüllöffnungen ein Unterdruck gemessen, kann davon ausgegangen werden, dass auch im Grubengebäude ein dauerhafter Unterdruck besteht.

Sollte sich der Unterdruck im Grubengebäude verringern und unter einen bestimmten Wert abfallen, sind weitergehende Schutzmaßnahmen umzusetzen. Dies kann zum Beispiel der Weiterbetrieb der das jeweilige Grubengebäude beeinflussenden Grubengasabsauganlage unabhängig von einer Gasverwertung sein. Dabei sind explosionsschutztechnische Aspekte zu beachten.

10.5 Umsetzung von Schutzmaßnahmen für das Grubenfeld Preußen I

Aufgrund der ab einem Wasserstand von -550 mNHN möglicherweise fehlenden Gasabführung wird empfohlen, die Gewinnungsbohrung Preußen-Methan 1 unabhängig von der Fortführung der Grubengasgewinnung offen zu halten und zur Entgasung der Grubenfeldes Preußen I vorzuhalten. Bei einer möglichen Einstellung der Grubengasgewinnung soll dann eine passive Entgasung des Grubenfeldes Preußen I über die Bohrung dargestellt werden.

10.6 Anforderungen an Gasabsauganlagen

Reicht die passive Entgasung nicht aus, um einen dauerhaften Druckaufbau im Grubengebäude zu vermeiden, ist die Herstellung eines von der Tagesoberfläche in das Grubengebäude gerichteten Druckgefälles notwendig. Dazu ist eine aktive Entgasung über eine Besaugung von an das Grubengebäude angeschlossenen Schachtleitungen bzw. von Pegel- und Entgasungsbohrungen notwendig.

Dazu wird der Einsatz einer mobilen Gasabsauganlage empfohlen, die 3500 - 4000 m³/h Gasgemisch bezogen auf einen Saugdruck von -100 hPa fördern kann. Da die abzusaugende Gaszusammensetzung nicht bekannt ist, aber niedrigere CH₄-Gehalte wahrscheinlich sind, wird empfohlen, die Anlage in Anlehnung an die Grubengasgewinnungs-Richtlinie (≥ 25 Vol.-% CH₄ oder ≤ 6 Vol.-% O₂), als Schwachgasabsaugung mit Luftzumischung in Anlehnung an die Gasabsaugerichtlinie (< 3 Vol.-% CH₄) oder als Anlage, die explosionsfähige Gasgemische mit beliebigem CH₄- bzw. O₂-Gehalt fördern kann (Zone 0 - Betrieb) zu betreiben. Bei Luftzumischung wäre eine entsprechend höhere Leistung der Anlage notwendig, um die gleiche Menge Grubengas zu fördern.

10.7 Machbarkeit und Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen

Bezüglich der Machbarkeit im Fall eines Rückganges des von der Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruckes umzusetzenden Schutzmaßnahmen können folgende Aussagen gemacht werden:

- Eine weitgehende Druckentlastung von Grubenbauen über eine passive Entgasung ist Stand der Technik und Bestandteil der seit 2000 umgesetzten Entgasungskonzepte. Die Praxis zeigt, dass durch eine ausreichend dimensionierte passive Entgasung der Druckaufbau in Grubenbauen vermieden werden kann.
- Die Erzeugung eines innerhalb von abgeworfenen Grubenbauen gerichteten Druckgefälles ist durch Betrieb einer Gasabsaugung möglich. Dies zeigt die weiträumige Ausbreitung der Unterdrücke innerhalb der Lagerstätten des Ruhrreviers und des Saarreviers, die durch die Grubengasgewinnung an einzelne Grubenfelder angelegt wird.

Der Betrieb von Gasabsaugeanlagen bei explosionsfähigen Gasmischungen ist technisch machbar und wurde zuletzt im Bereich der Grubenfelder Katharina und Centrum sowie auf dem Bergwerk Ibbenbüren im Zuge des Grubenwasseranstieges realisiert.

10.8 Bewertung der Gefährdung nach Umsetzung von Schutzmaßnahmen

Für die Umsetzung der Schutzmaßnahmen bzw. die Berücksichtigung des durch die Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruckes wird die Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten im Bereich des Grubenfeldes Kaiserstuhl/ Tremonia neu eingestuft.

Die Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen ist für die genannten Grubenfelder als sehr gering einzustufen, wenn ein ausreichender Unterdruck im Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia aufrechterhalten wird.

Tabelle 12 zeigt die Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten an der Tagesoberfläche sowie an kohäsiv und mit Lockermassen verfüllten Schächten für den Fall, dass Schutzmaßnahmen umgesetzt und funktionsfähig sind sowie deren Wirksamkeit im Rahmen des Monitorings nachgewiesen wird.

Tabelle 12: Einstufung der Grubenfelder hinsichtlich einer Gefährdung durch wasseranstiegsbedingte Gasaustritte (mit Schutzmaßnahmen)

Grubenfeld	Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an der Tagesoberfläche	Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an kohäsiv verfüllten Schächten	Wahrscheinlichkeit von Gasaustritten an mit Lockermassen verfüllten Schächten
Adolf von Hanseemann	sehr gering	mittel	hoch
Westhausen	sehr gering	hoch	sehr hoch
Hansa	sehr gering	gering	mittel
Minister Stein	sehr gering	mittel	hoch
Kaiserstuhl/ Tremonia	sehr gering	mittel	hoch
Gneisenau	sehr gering	hoch	hoch
Kurl	sehr gering	gering	mittel
Preußen I	sehr gering	hoch	sehr hoch
Victoria	sehr gering	hoch	hoch
Haus Aden	sehr gering	hoch	hoch
Monopol	sehr gering	hoch	hoch
Werne	sehr gering	hoch	sehr hoch
Heinrich Robert	sehr gering	hoch	hoch
Radbod	sehr gering	hoch	hoch

11. Monitoring

11.1 Aufbau des Monitorings

Begleitend zum Grubenwasseranstieg soll ein Monitoring der Ausgasung durchgeführt werden. Dabei sollen

- in allen Grubenfeldern die Drücke und Gaszusammensetzungen im wasserfreien Grubengebäude und
- in Grubenfeldern mit einem gasführenden oberem Deckgebirge zusätzlich die Ausgasungssituation an der Tagesoberfläche

überwacht werden.

Die Messungen sollen in zwei Stufen erfolgen. Werden in der Stufe die definierten Schwellenwerte erreicht, erfolgt eine Ausweitung der Messungen in der Stufe 2. Werden die definierten Warnwerte erreicht, erfolgen Einzelfalluntersuchungen der Ursachen des veränderten Ausgasungsverhaltens und potenzieller Gefährdungen. Objektbezogene Untersuchungen müssen unabhängig davon unverzüglich eingeleitet werden, wenn aufgrund der Gaszusammensetzung im Bereich von Messstellen eine offensichtliche Gefährdung durch schädliche Gase zu erkennen ist.

In Grubenfeldern mit einer kontrollierten Gasabführung erfolgt die Überwachung der Wirksamkeit der passiven Entgasung bzw. des durch die Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruckes.

In Grubenfeldern mit einer eingeschränkten Gasabführung erfolgt die Überwachung der Wirksamkeit der passiven Entgasung bzw. des durch die Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruckes und zusätzlich die Überwachung der mit Lockermassen verfüllten Schächte.

In Grubenfeldern mit fehlender Gasabführung erfolgt die Überwachung aller verfüllten Schächte. Sollte innerhalb nicht planmäßig entgaster Grubenbaue ein höherer Überdruck entstehen, wird dieser Zustand zunächst an den Schachtstandorten feststellbar sein, die die primär potenziellen Strömungswege zur Tagesoberfläche darstellen. Im Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia erfolgt dabei eine Überwachung des von der Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruckes.

In Grubenfeldern mit einer Gasführung des oberen Deckgebirges erfolgen zusätzlich Messungen des CH₄-Gehaltes der Bodenluft in Schachtschutzbereichen und Bereichen, in denen die Wahrscheinlichkeit von Austritten von Deckgebirgsgas zwar sehr gering ist, aber nicht ausgeschlossen werden kann. Dies sind

- ausgasungstechnischen Schachtschutzbereiche verfüllter Tagesschächte,
- isolierte Bereiche mit fehlender Entgasung,
- Bereiche in denen möglicherweise der hydrostatische Druck des unteren Grundwasserstockwerkes des Deckgebirges ansteigt und
- Bereiche in denen Bodenbewegungen infolge des Wasseranstieges nicht ausgeschlossen werden können.

Die Zuordnung der Messstellen zu den Stufen 1 und 2 erfolgt im Wesentlichen auf Basis der Tabellen 13,14 und 15.

Tabelle 13: Monitoring auf Basis der Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten in direkt beeinflussten Grubenfeldern

Gasabführung	A				B				C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Deckgebirge												
Gasaustritte an kohäsiv verfüllten Schächten	Stufe 2			Stufe 1	Stufe 2			Stufe 1	Stufe 1			
Gasaustritte an mit Locker-massen verfüllten Schächten	Stufe 2			Stufe 1	Stufe 1				Stufe 1			

Tabelle 14: Monitoring auf Basis der Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten in indirekt beeinflussten Grubenfeldern

Gasabführung	A				B				C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Deckgebirge												
Gasaustritte an kohäsiv verfüllten Schächten	-			Stufe 1	Stufe 2			Stufe 1	Stufe 2			Stufe 1
Gasaustritte an mit Locker-massen verfüllten Schächten	-			Stufe 1	Stufe 2			Stufe 1	Stufe 1			

Tabelle 15: Monitoring auf Basis der Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten in nicht beeinflussten Grubenfeldern

Gasabführung	A				B				C			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Deckgebirge												
Gasaustritte an kohäsiv verfüllten Schächten	-			Stufe 1	-			Stufe 1	-			Stufe 1
Gasaustritte an mit Lockermassen verfüllten Schächten	-			Stufe 1	-			Stufe 1	-			Stufe 1

Kategorie 1: Bereiche mit abdichtendem oder homogenisierendem Deckgebirge sowie gasfreiem oberem Deckgebirge

Kategorie 2: Bereiche mit nicht abdichtendem oder nicht homogenisierendem Deckgebirge

Kategorie 3: Bereiche mit fehlendem Deckgebirge und tagesnahem Bergbau

Kategorie 4: Bereiche mit gasführendem oberem Deckgebirge

Kategorie A: Bereiche mit kontrollierter Gasabführung

Kategorie B: Bereiche mit eingeschränkter Gasabführung

Kategorie C: Bereiche mit fehlender Gasabführung

11.2 Referenzwerte

Zur Festlegung der Schwellen- und Warnwerte werden vor dem Grubenwasseranstieg individuelle Referenzwerte für alle Schächte begründet festgelegt. Auf Basis vorliegender älterer Messungen, die nach 1999, nach Beginn der Grubengasgewinnung im Ruhrrevier, durchgeführt worden sind können dabei die vor dem Wasseranstieg aufgetretenen Maximalwerte als Referenzwert genutzt werden. Ist die Nutzung eines Maximalwertes als Referenzwert nicht sinnvoll, müssen bei der Festlegung des Referenzwertes auch Änderungen im Absaugregime der im Umfeld betriebenen Grubengasgewinnung berücksichtigt werden.

11.3 Messungen an Schächten

11.3.1 Messstellen und Messpunkte

Als Messstellen werden die im Monitoring betrachteten Schächte bezeichnet. An den einzelnen Messstellen bestehen je nach Verfüllung und ggf. Sicherung des Schachtkopfes verschiedene Messpunkte.

Gasgehalte und Druckdifferenz können bei kohäsiv verfüllten Schächten an den Messstutzen von Entgasungsleitungen mit Anschluss an das Grubengebäude gemessen werden. Die Messung der Druckdifferenz zeigt direkt die Druckverhältnisse im Grubengebäude. Die Messung der Gasgehalte zeigt zumindest bei ausziehenden Verhältnissen die Gaszusammensetzung um Grubengebäude im Umfeld des Schachtes.

Gaszusammensetzung und Druckdifferenz können bei mit Lockermassen verfüllten Schächten an

- an den Messstutzen von Entgasungseinrichtungen, die an den Hohlraum unter der Abdeckplatte angeschlossen sind,
- an den Messstutzen von Entgasungsrohren, die an den Hohlraum unter der Abdeckplatte angeschlossen sind oder bei gesicherten Schächten in der Füllsäule enden oder
- an Schraubenöffnungen von Beobachtungs- und Nachfüllöffnungen

gemessen werden. Es muss beachtet werden, dass die jeweils an den Schachtköpfen der mit Lockermassen verfüllten Schächten gemessenen Druckdifferenzen und Gasgehalte nicht unbedingt den Verhältnissen im Grubengebäude entsprechen, da eine Dämpfung durch die Füllsäule und bei nicht sanierten Schächten ein Austausch mit der Atmosphäre über Luftkurzschlüsse erfolgt.

Die Messungen der Gaszusammensetzung in Entgasungsleitungen bzw. Entgasungseinrichtungen sowie der Druckdifferenz zwischen Entgasungsleitung bzw. Entgasungseinrichtungen und der Atmosphäre sollen jeweils am Messstutzen unterhalb (schachtseitig) des Schiebers erfolgen. Für die Dauer der Messung soll der Schieber der Entgasungseinrichtung für die Messung geschlossen werden. Die Messung der Druckdifferenz soll dabei erst nach Einlaufen des Druckes oder frühestens 15 Minuten nach Schließen des Schiebers durchgeführt werden. Nur so kann der tatsächliche Druck im Grubengebäude bzw. unter der Abdeckplatte festgestellt werden.

Die Messung der Gaszusammensetzung an Beobachtungs- und Nachfüllöffnungen soll an vorhandenen Schraubenöffnungen durchgeführt werden, ohne den Deckel zu öffnen.

Der Messstopfen muss unmittelbar nach dem Öffnen des Messstutzens bzw. der Schraubenöffnung eingesetzt werden, um Lufteintrag zu minimieren.

Sind die oben genannten Messstellen nicht vorhanden, sollen Messungen der Gasgehalte an der Tagesoberfläche bzw. an Gasdrainage, die den Schachtkopf überdecken, erfolgen. Messungen an der Tagesoberfläche sind für kohäsiv verfüllte Schächte auch in der Stufe 2 vorgesehen. Messungen an Gasdrainagen erfolgen an den Messstutzen der Entgasungseinrichtung bzw. des Entgasungsrohres. Für die Messungen an der Tagesoberfläche sollen Sondierlöcher

- von 15 cm Tiefe in befestigten Flächen und
- 30 cm in unbefestigten Flächen

gebohrt werden. In ausgasungstechnischen Schachtschutzbereichen, in denen nur der Gehalt von CH₄ gemessen wird, sollen die Messungen auf konzentrischen Ringen im Umkreis von bis zu 25 m um den für die Tagesöffnungen angegebenen Mittelpunkt und in Abständen von maximal je etwa 5 m erfolgen. In ausgasungstechnischen Schachtschutzbereichen, in denen die Gehalte von CH₄, CO₂ und O₂ gemessen werden, können die Messungen zunächst im Umkreis bis zu 10 m um den Mittelpunkt erfolgen. Falls dort CH₄-Gehalte von ≥ 1 ppm oder CO₂-Gehalte von $\geq 1,0$ Vol.-% gemessen werden, sollen die Messungen auf einen Umkreis von 25 m bei gleichen Abständen zwischen den Messpunkten ausgeweitet werden.

11.3.2 Messintervalle

Die Messungen an allen Schächten sollen in den in Tabelle 16 aufgeführten Intervallen erfolgen.

Tabelle 16: Messintervalle für Messpunkte an Schächten in der Stufe 1

Phase	Zeitraum	Intervall	
		Stufe 1	Stufe 2
drei Monaten vor dem Beginn des Grubenwasseranstieges ab dem Niveau -600 mNHN	3 Monate	einmal monatlich	spätestens vier Wochen nach Erreichen des Schwellenwertes, dann einmal monatlich
drei Monaten nach dem Beginn des Grubenwasseranstieges ab dem Niveau -600 mNHN	3 Monate	einmal monatlich	
ab dem vierten Monat des Grubenwasseranstieges ab dem Niveau -600 mNHN	-	mindestens alle 3 Monate	
nach Beendigung des Grubenwasseranstieges	36 Monate	mindestens alle 3 Monate	

Sechs Monate nach Beginn des Monitorings können die Intervalle auf der Basis von Einzelbewertungen (z.B. in Abhängigkeit der Wasseranstiegsgeschwindigkeit, Überstauung von Lagerstättenbereichen mit hohen Restgasinhalten, Grubengasabsaugung) und der Ergebnisse der vorgehenden Messungen angepasst werden. Sie sollen 3 Monate nicht überschreiten. Die Messungen in dem Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia sollen in jedem Fall weiter monatlich erfolgen.

Bei Erreichen eines Schwellenwertes an einer Messstelle erfolgt die Verkürzung des Intervalls auf einen Monat an allen Messstellen innerhalb des Grubenfeldes, in dem der Schwellenwert erreicht wurde. Werden die Schwellenwerte an allen Messstellen innerhalb des betroffenen Grubenfeldes in den nachfolgenden 12 Monaten nicht mehr erreicht, erfolgt die Rückkehr zum ursprünglichen Intervall.

11.3.3 Messungen der Stufe 1

In der Stufe 1 sollen an den in Tabelle 17 aufgeführten Schächten Messungen der Gaszusammensetzung und - soweit möglich - der Druckdifferenzen durchgeführt werden.

Tabelle 17: Messstellen – Stufe 1

Grubenfeld	Schacht	TÖB-Nr.	Verfüllung	Messstelle	Messparameter	
Westhausen	Westhausen 1	2595 5713 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂	
	Westhausen 2	2595 5712 001	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
	Westhausen 3	2595 5713 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂	
Hansa	Hansa 3	2598 5712 004	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
Kaiserstuhl/ Tremonia	Tremonia 1	2599 5708 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂	
	Tremonia 2	2599 5708 003	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂	
	Westphalia 1	2600 5710 001	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
	Westphalia 2	2600 5710 002	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
	Kaiserstuhl West 1		2602 5711 002	Lockermassen	Entgasungseinrichtung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
					Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
	Kaiserstuhl West 2		2602 5711 001	Lockermassen	Entgasungseinrichtung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
					Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
	Kaiserstuhl West 3		2602 5711 003	Lockermassen	Entgasungseinrichtung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
					Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Kaiserstuhl Ost 1		2603 5712 001	Lockermassen	Entgasungseinrichtung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
				Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
Kaiserstuhl Ost 2		2603 5712 002	Lockermassen	Entgasungseinrichtung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
				Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
Kaiserstuhl Ost 3		2603 5712 003	Lockermassen	Entgasungseinrichtung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	
				Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz	

Grubenfeld	Schacht	TÖB-Nr.	Verfüllung	Messstelle	Messparameter
Minister Stein	Minister Stein 4	2603 5714 001	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Gneisenau	Gneisenau 1	3397 5715 001	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
	Gneisenau 4	3397 5715 004	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
	Preußen II/2	3399 5718 002	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
	Kurl 3	3401 5718 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
Kurl	Kurl 4	3402 5716 001	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Preußen I	Victoria 3 (Preußen I/1) *)	3396 5718 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
	Victoria 4 (Preußen I/2) *)	3397 5718 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Victoria	Victoria 1	3398 5721 001	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
	Victoria 2	3399 5721 001	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Haus Aden	Haus Aden 1	3401 5721 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
	Haus Aden 2	3401 5721 002	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
				Tagesoberfläche	CH ₄
	Haus Aden 5	3402 5722 001	kohäsiv	Gasdrainage	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
	Grimberg 3	3403 5720 002	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Gasdrainage				CH ₄ , CO ₂ und O ₂	
Grimberg 4	3403 5720 001	kohäsiv	Entgasungsleitung Gasdrainage	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz CH ₄ , CO ₂ und O ₂	

*) ab Wasserstand von -500 mNHN

Grubenfeld	Schacht	TÖB-Nr.	Verfüllung	Messstelle	Messparameter
Monopol	Grimberg 1	3405 5721 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
	Grimberg 2	3405 5721 002	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
				Tagesoberfläche	CH ₄
	Grillo 1	3406 5718 002	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
				Tagesoberfläche	CH ₄
	Grillo 2	3406 5718 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
Grillo 3	3405 5719 001	kohäsiv	Gasdrainage	CH ₄ , CO ₂ und O ₂	
Grillo 4	3408 5720 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄	
Werne	Werne 1	3406 5725 001	kohäsiv	Gasdrainage, Schachtleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
	Werne 2	3406 5725 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
	Werne 3	3407 5724 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
	Werne 4	3410 5727 001	kohäsiv	Pegel	CH ₄
Tagesoberfläche					
Heinrich Robert	Sandbochum	3409 5723 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
	Lerche	3411 5722 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
	Franz	3413 5726 001	kohäsiv	Gasdrainage	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
	Heinrich	3414 5724 001	kohäsiv	Entgasungsleitung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
				Tagesoberfläche	CH ₄
Robert	3414 5724 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄	

Grubenfeld	Schacht	TÖB-Nr.	Verfüllung	Messstelle	Messparameter
Radbod	Radbod 1	3414 5728 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
	Radbod 2	3414 5728 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄
	Radbod 3	3415 5729 001	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz CH ₄
	Radbod 4	3413 5728 001	kohäsiv	Gasfassung und Pegel Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz CH ₄
	Radbod 5	3414 5728 003	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄

11.3.4 Messungen der Stufe 2

Wird einer der in den Tabellen 17 und 18 definierten Schwellenwerte bei einer einzelnen Messung erreicht, erfolgt zunächst innerhalb von 14 Tagen eine Folgemessung an der Messstelle, an der der Schwellenwert erreicht wurde.

Wird ein Schwellenwert in der in den Tabellen 18 und 19 angegebenen Anzahl erreicht, erfolgt die Ausweitung auf die Stufe 2. Es sollten dann zusätzlich an den in Tabelle 20 aufgeführten Schächten Messungen durchgeführt werden. Bei Erreichen eines Schwellenwertes an einer der in der Spalte „Schwellenwerverreichung“ aufgelisteten Messstelle erfolgt die Ausweitung auf alle in der Spalte „Schacht“ aufgelisteten Messstellen.

Die Messungen der Stufe 2 erfolgen spätestens vier Wochen nach Erreichen des Schwellenwertes. Werden die Warnwerte an den Messstellen der Stufe 2 innerhalb von 12 Monaten nicht erreicht, werden die Messungen der Stufe 2 zunächst wieder eingestellt.

Tabelle 18: Schwellenwerte für CH₄- oder CO₂-Gehalte

Messstelle	CH ₄ - oder CO ₂ -Gehalte	Anzahl der Schwellenwert-erreichungen
mit Lockermassen verfüllte Schächte: Entgasungseinrichtungen oder Füllsäulenoberfläche	≥ 1,2-fache des Referenzwertes	zwei aufeinanderfolgende Messungen
	bei zuvor gasfreien Schächten CH ₄ -Gehalt ≥ 0,3 Vol. % oder CO ₂ -Gehalt ≥ 1 Vol.-%	
Tagesoberfläche im Bereich von Schächten	CH ₄ -Gehalt ≥ 0,1 Vol. % oder CO ₂ -Gehalt ≥ 1 Vol.-%	zwei aufeinanderfolgende Messungen

Tabelle 19: Schwellenwerte für Drücke

Grubenfelder	Messstelle	Druckdifferenz	Anzahl der Schwellenwert- erreichungen
alle bis auf Hansa und Kaiserstuhl/ Tremonia	kohäsiv verfüllte Schächte: Entgasungsleitungen	≥ 15 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 10 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
	mit Lockermassen verfüllte Schächte: Entgasungseinrichtungen oder Messstellen	≥ 5 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 3 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
Hansa	kohäsiv verfüllte Schächte: Entgasungsleitungen	≥ 10 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 5 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
	mit Lockermassen verfüllte Schächte: Entgasungseinrichtungen oder Messstellen	≥ 3 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 1 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
Preußen II	Grubengasgewinnungs- bohrung	≥ -40 hPa	eine Messung

Tabelle 20: Messstellen – Stufe 2

Schwellen- werverreichung	Grubenfeld	Schacht	TÖB-Nr.	Verfüllung	Messstelle	Messparameter
Westhausen 1	Adolf von Hansemann	Gustav 1	2594 5715 002	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Westhausen 2		Gustav 2	2594 5715 001	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Westhausen 3		Adolf von Hansemann 1	2595 5715 001	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
Minister Stein 4		Adolf von Hansemann 2	2595 5715 002	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
		Adolf von Hansemann 3	2595 5715 003	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
		Adolf von Hansemann Ost	2597 5716 001	Lockermassen	Beobachtungs- und Nachfüllöffnung	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
		Hansa 5 (Königsmühle)	2597 5714 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Hansa 3	Hansa	Hansa 1	2598 5712 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Hansa 2	2598 5712 003	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Hansa 4	2597 5711 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Minister Stein 4	Minister Stein	Fürst Hardenberg 1	2600 5713 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Fürst Hardenberg 2	2600 5713 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Minister Stein 1	2601 5713 004	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Minister Stein 3	2603 5714 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Minister Stein 4	2601 5713 003	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Minister Stein 5	2603 5715 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Minister Stein 6	2601 5717 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂

Schwellen- werverreichung	Grubenfeld	Schacht	TÖB-Nr.	Verfüllung	Messstelle	Messparameter
Gneisenau 1 Gneisenau 4	Gneisenau	Gneisenau 2	3397 5715 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Gneisenau 3	3397 5715 003	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Gneisenau 4	3397 5715 004	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Scharnhorst 1	3397 5712 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Scharnhorst 2	3397 5712 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Grevel	3399 5715 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Preußen II/1	3399 5718 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Kurl 4	Kurl	Kurl 1	3402 5714 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
					Gasdrainage	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
		Kurl 2	3402 5714 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
					Gasdrainage	CH ₄ , CO ₂ und O ₂ , Druckdifferenz
		Kurl 4	3402 5716 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Preußen-Methan 1	Preußen I	Victoria 3 (Preußen I/1)	3399 5721 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Victoria 4 (Preußen I/2)	3397 5718 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Victoria 1 Victoria 2	Victoria	Victoria 1	3398 5721 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Victoria 2	3399 5721 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂

Schwellen- werverreichung	Grubenfeld	Schacht	TÖB-Nr.	Verfüllung	Messstelle	Messparameter
Haus Aden 2	Haus Aden	Haus Aden 1	3401 5721 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Haus Aden 2	3401 5721 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Haus Aden 5	3402 5722 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Grillo 1 Grimberg 2	Monopol	Grimberg 1	3405 5721 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Grimberg 2	3405 5721 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Grillo 1	3406 5718 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Grillo 2	3406 5718 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Grillo 3	3405 5719 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Grillo 4	3408 5720 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
Heinrich	Heinrich Robert	Humbert	3413 5725 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Heinrich	3414 5724 001	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂
		Robert	3414 5724 002	kohäsiv	Tagesoberfläche	CH ₄ , CO ₂ und O ₂

11.4 Tagesoberfläche außerhalb von Schächten

11.4.1 Messstellen und Messpunkte

Für die Tagesoberfläche werden bezüglich der verschiedenen Szenarien für Austritte von Deckgebirgsgas nachfolgend die Kriterien angegeben, nach denen die Flächen, die vom Monitoring abgedeckt werden, abgegrenzt werden und nach denen die Messpunkte innerhalb dieser Flächen festgelegt werden. Für die Messungen sollen Sondierlöcher

- von 15 cm Tiefe in befestigten Flächen und
- 30 cm in unbefestigten Flächen

gebohrt werden. In der Stufe 1 und der Stufe 2 beträgt der Abstand zwischen den Messpunkten zunächst 50 m. Falls an einem Messpunkt ein CH₄-Gehalt von ≥ 100 ppm gemessen wird, sollen zwischen diesem Messpunkt und den nächstgelegenen Messpunkten zusätzliche Messungen im Abstand von 10 m auf beiden Straßenseiten durchgeführt werden.

Über isolierten Bereichen ohne Entgasungsmöglichkeit sollen die Messungen

- über wasserfreien Abbauen sowie 1000 m über die äußeren Abbaukanten dieser Flächen hinaus und dabei
- in durchgängig bebauten Gebieten entlang von öffentlichen Straßen

erfolgen. Die Messungen sollen beginnen, sobald sich die jeweils isolierten Bereiche im Zuge des Wasseranstieges herausbilden.

In Bereichen, in denen das Grundwasserpotenzial des Deckgebirges steigen kann, sollen die Messungen

- in unterbauten Flächen, in den die Deckgebirgsbasis überstaut wird sowie 1000 m über die äußeren Abbaukanten dieser Flächen hinaus und dabei
- in durchgängig bebauten Gebieten entlang von öffentlichen Straßen

erfolgen. Die Messungen sollen beginnen, sobald in den jeweiligen Grubenfeldern die Deckgebirgsbasis überstaut wird. Dabei ist eine Unterteilung der innerhalb eines Grubenfeldes betroffenen Bereiche in Teilbereiche möglich, die über das Niveau der Deckgebirgsbasis abgegrenzt werden und dann entsprechend sukzessive in das Monitoring aufgenommen werden.

Solange die im Zuge des Grubenwasseranstieges durchgeführten Messungen an den vorhandenen bzw. geplanten tiefen Grundwasserpegeln keine Erhöhung des Grundwasserpotenzials im Turon/Cenoman innerhalb der jeweiligen Grubenfelder zeigen, können diese Gasmessungen im Zusammenhang mit diesem Szenario entfallen. Dies ist im Einzelfall im Zuge des Grubenwasseranstieges zu bewerten.

In Bereichen, in denen Gasaustritte infolge von wasseranstiegsbedingten Bodenbewegungen nicht ausgeschlossen werden können, sollen Messungen

- in unterbauten Flächen mit einem Hebungspotenzial von ≥ 3 cm und 1000 m über die äußeren Abbaukanten dieser Flächen hinaus sowie im Bereich von potenziellen Unstetigkeitszonen in Hebungsrändern und dabei
- entlang von öffentlichen Straßen und

erfolgen. Die Messungen sollen beginnen, sobald das Hebungspotenzial besteht. Die Messungen können auf Bereiche reduziert werden, in denen bestehende Gaswegigkeiten nachgewiesen oder potenziell vorhanden sind bzw. im Zuge der Bodenhebungen entstehen können. Neben den potenziellen Unstetigkeitszonen in Hebungsrändern sind dies Unstetigkeitszonen aus der Zeit der Kohलगewinnung sowie Bereiche über tektonischen Störungen und Restpfeilern bzw. Abbaukanten. Dazu sind entsprechende weitergehende Bewertungen notwendig.

Die Ausweitung der Messungen auf den Bereich 1000 m über die äußeren Abbaukanten hinaus schließt die Zerrungszone innerhalb des Einwirkungsbereiches gemäß der Bergverordnung über Einwirkungsbereiche (EinwirkungsBergV) mit ein. Weiterhin wird berücksichtigt, dass eine laterale Gasmigration über die Zerrungszone hinaus stattfinden kann.

Weiterhin sollen Messungen

- der Gaszusammensetzung an den Pegelbohrungen im Bereich bekannter Gasaustritte und
- der Gaszusammensetzung und Druckdifferenzen an den vorhandenen tiefen Grundwassermessstellen der RAG

durchgeführt werden. Bedarfsweise können an diesen Stellen weitere Untersuchungen durchgeführt werden, wie z.B. eine Analyse der im Wasser gelösten Gase.

Die im Monitoring im Zusammenhang mit den verschiedenen Szenarien zu berücksichtigenden Flächen überschneiden sich und ergeben die in Anlage 4 dargestellte Gesamtfläche. Diese kann, wie oben beschrieben, auf der Basis weiterer Bewertungen weiter eingegrenzt werden.

Die Messungen an der Tagesoberfläche sollen in den in Tabelle 21 aufgeführten Intervallen erfolgen. Die Start- und Endniveaus sind für einzelne Grubenfelder definiert. Die Startzeit muss somit anhand der Prognose des Wasserstandes festgelegt werden.

Tabelle 21: Messintervalle für Messpunkte an der Tagesoberfläche in der Stufe 1

Phase	Zeitraum	Intervall	
		Stufe 1	Stufe 2
drei Monaten vor dem Beginn des Grubenwasseranstieges ab Startniveau	3 Monate	einmal	spätestens vier Wochen nach Erreichen des Schwellenwertes, dann alle 3 Monate (nur Bereich mit verdichteten Messungen)
drei Monaten nach dem Beginn des Grubenwasseranstieges ab Startniveau	-	alle 6 Monate	
nach Erreichen des Endniveaus	36 Monate	alle 6 Monate	

Bei Erreichen eines Schwellenwertes an einem Messpunkt erfolgt die Verkürzung des Intervalls im Umfeld des betroffenen Messpunktes. Werden die Schwellenwerte an allen Messpunkten innerhalb dieses Umfeldes in den nachfolgenden 12 Monaten nicht mehr erreicht, erfolgt die Rückkehr zum ursprünglichen Intervall.

11.4.2 Messungen der Stufe 1

Messungen des CH₄-Gehaltes an der Tagesoberfläche sollen in der Stufe 1 innerhalb der in den unter Punkt 11.4.1 definierten Flächen und in den in Abbildung 9 definierten Abschnitten des Wasseranstieges erfolgen. Die Messungen sollen dabei 3 Monate vor Erreichen des angegebenen Wasserstandes beginnen und nach Erreichen des angegebenen Wasserstandes über 36 Monate weitergeführt werden.

Abbildung 9: Beginn und Ende des Monitorings an der Tagesoberfläche außerhalb von Schächten

Wasserstand [mNHN]		-600	-590	-580	-570	-560	-550	-540	-530	-520	-510	-500	-490	-480	-470	-460	-450	-440	-430	-420	-410	-400	-390	-380
Grubenfeld	Szenario																							
Gneisenau	2	-600																						-380
Preußen I	1										-495													-380
	2	-600																						-380
Victoria	2	-600																						-380
	3													-480										-380
Haus Aden	2	-600																						-380
	3	-600																						-380
Monopol	1																					-400		-380
	2	-600																						-380
	3																-450							-380
Werne	1	-600														-460								-380
	2	-600																						-380
	3	-600																						-380
Heinrich Robert	1							-538																-380
	2	-600																						-380
	3	-600																						-380
Radbod	2	-600																						-380
	3	-600																						-380

Szenarios: 1 isolierte Bereiche 2 Bodenbewegungen 3 Erhöhung des Grundwasserpotenzials

11.4.3 Messungen der Stufe 2

Bei Erreichen eines Schwellenwertes für den CH₄-Gehalt von ≥ 100 ppm in den Sondierlöchern an der Tagesoberfläche wird der Abstand zwischen den Messpunkten im Umfeld zeitlich und räumlich verdichtet.

Zusätzliche Messungen sollen zwischen dem Messpunkt, an dem der Schwellenwert erreicht wurde und den nächstgelegenen Messpunkten im Abstand von 10 m auf beiden Straßenseiten durchgeführt werden. Die Messungen in diesem Bereich soll im Intervall von einem Monat durchgeführt werden.

Werden die Warnwerte an den Messstellen der Stufe 2 innerhalb von 12 Monaten nicht erreicht, werden die Messungen der Stufe 2 zunächst wieder eingestellt.

11.5 Warnwerte

Ursachen von Veränderungen des Ausgasungsverhaltens und potenzieller Gefährdungen sollen beim Erreichen der in den Tabellen 22, 23 und 24 definierten Warnwerte im Einzelfall untersucht werden. Das Erreichen eines Warnwertes bedeutet zunächst noch keine Gefährdung.

Objektbezogene Untersuchungen sind jedoch unverzüglich einzuleiten, wenn aufgrund der Gaszusammensetzung im Bereich von Messstellen eine offensichtliche Gefährdung durch schädliche Gase zu erkennen ist.

Bei Erreichen eines Warnwertes gem. Tabelle 22 oder 23 an einem Schacht erfolgt zunächst innerhalb von 14 Tagen eine weitere Messung an derselben Messstelle.

Tabelle 22: Warnwerte für CH₄- oder CO₂-Gehalte

Messstelle	CH ₄ - oder CO ₂ -Gehalte	Anzahl der Warnwert- erreichungen
mit Lockermassen verfüllte Schächte: Entgasungseinrichtungen oder Füllsäulenoberfläche	$\geq 1,2$ -fache des Referenzwertes	vier aufeinanderfolgende Messungen
	bei zuvor gasfreien Schächten CH ₄ -Gehalt $\geq 0,3$ Vol. % oder CO ₂ -Gehalt ≥ 1 Vol.-%	
Tagesoberfläche im Bereich von Schächten	CH ₄ -Gehalt $\geq 0,1$ Vol. % oder CO ₂ -Gehalt ≥ 1 Vol.-%	zwei aufeinanderfolgende Messungen
Tagesoberfläche außerhalb von Schächten	CH ₄ -Gehalt $\geq 0,01$ Vol.-% (100 ppm)	eine Messung

Tabelle 23: Warnwerte für Drücke

Grubenfelder	Messstelle	Druckdifferenz	Anzahl der Schwellenwert- erreichungen
alle bis auf Hansa und Kaiserstuhl/ Tremonia	kohäsiv verfüllte Schächte: Entgasungsleitungen	≥ 25 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 15 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
	mit Lockermassen verfüllte Schächte: Entgasungseinrichtungen oder Messstellen	≥ 10 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 5 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
Hansa	kohäsiv verfüllte Schächte: Entgasungsleitungen	≥ 15 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 5 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
	mit Lockermassen verfüllte Schächte: Entgasungseinrichtungen oder Messstellen	≥ 5 hPa	zwei aufeinanderfolgende Messungen
		≥ 1 hPa	vier aufeinanderfolgende Messungen
Kaiserstuhl/ Tremonia	mit Lockermassen verfüllte Schächte: Entgasungseinrichtungen oder Messstellen	≥ 2 hPa	zwei aufeinanderfolgen Messungen
		≥ 1 hPa	vier aufeinanderfolgen Messungen
	Schacht Kaiserstuhl Ost 1	≥ -100 hPa	eine Messung

Tabelle 24: Warnwerte für die Standorte der Grubengasgewinnung

Messstelle	Druckdifferenz	bei Warnwernerreichung zu bewertende Grubenfeder
Schacht Minister Stein 4	≥ -600 hPa	Kaiserstuhl/ Tremonia

Die Warnwerte für die Unterdrücke in Tabelle 24 beziehen sich auf den an die Entgasungsleitung durch die Gewinnungsanlagen angelegten Unterdruck bzw. die dort bei temporärem Stillstand der Gewinnungsanlagen gemessenen Unterdruck. Die strömungstechnischen Druckverluste sind bei der Definition der Warnwerte berücksichtigt worden, so dass die Bewertung unabhängig vom Betrieb der Gewinnungsanlage erfolgt. Die Einstellung der Grubengasgewinnung an den genannten Standorten ist gleich einer Warnwernerreichung zu betrachten.

Die Messungen

- der CH₄-Gehalte in Sondierlöchern an der Tagesoberfläche außerhalb von Schächten,
- der Gaszusammensetzung an Pegelbohrungen an bekannten Gasaustritten und
- der Gaszusammensetzung und der Druckdifferenzen an tiefen Grundwassermessstellen

sollen jeweils mit den vorherigen Messungen verglichen und bewertet werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Gaszusammensetzung im oberflächennahen Bereich oftmals sehr inhomogen ist und somit unterschiedliche Messwerte bei aufeinanderfolgenden Messkampagnen aufgrund z.B. geringer räumlicher Abweichung oder unterschiedlicher Bodenfeuchte nicht ungewöhnlich sind. Daher ist neben den einzelnen Messwerten die Gesamtheit der Messwerte für größere Bereiche gutachterlich zu bewerten. Ergeben sich unabhängig von einer Warnwernerreichung großräumig Erhöhungen der CH₄-Gehalte gegenüber den vorherigen Messungen, sollen die Ursachen dieser Veränderungen und potenzieller Gefährdungen im Einzelfall untersucht werden.

11.6 Anpassung des Monitoringsprogrammes

Es wird empfohlen, dass Monitoringprogramm im Abstand von zwei Jahren auf Grundlage der gesammelten Datenbasis zu überprüfen. Messstellen, Messintervalle, Schwellen- und Warnwerte können dann gutachterlich begründet angepasst werden.

11.7 Koordination und Dokumentation der Monitoringprogramme

Es wird dringend empfohlen, die Monitoringprogramme für die verschiedenen Wasserprovinzen zu verknüpfen und im Rahmen des integralen Monitorings eine Datenbank einzurichten, in der alle Messwerte zusammengefasst gegen die Wasseranstiegskurven aufgetragen werden. Hierin sind die entsprechenden Referenz-, Schwellen- und Warnwerte fixiert, um zeitnah Schutzmaßnahmen einleiten zu können.

12. Zusammenfassung

Mit dem Anstieg des Grubenwassers in der Wasserprovinz Haus Aden bis in ein Niveau von -380 mNHN sind folgende maßgebliche Effekte auf die Ausgasung verbunden:

- sukzessiver Rückgang des CH₄-Zustromes aus dem Gebirge bei weiterhin barometrischem Austausch zwischen Grubengebäude und freier Atmosphäre,
- Überstauung von Strömungswegen und Bildung isolierter, nicht entgaster Bereiche,
- Verdichtung und Verdrängung des anstehenden Grubengases über Entgasungsleitungen, verfüllte Schächte oder Störungen zur Atmosphäre,
- Verdichtung und Verdrängung des anstehenden Grubengases in das Deckgebirge hinein und eventuell über diesen Weg zeitverzögert weiter zur Atmosphäre,
- Verdichtung und Verdrängung des anstehenden Grubengases über gaswegige Streckenverbindungen, angrenzende Abbaue, Abbauannäherungen oder Störungen zu benachbarten Grubenbauen,
- Änderung der Gaszusammensetzung im Grubengebäude durch horizontale und/ oder vertikale Verdrängung z.B. CH₄-reicher Gasgemische,
- möglicherweise eine erhöhte Freisetzung von im kreidezeitlichen Deckgebirge gespeichertem thermogen gebildetem Gas infolge einer Erhöhung des Grundwasserpotenzials und damit des hydrostatischen Druckes innerhalb des tiefen Deckgebirges und
- möglicherweise eine erhöhte Freisetzung von im kreidezeitlichen Deckgebirge gespeichertem thermogen oder bakteriell gebildetem Gas infolge von Bodenbewegungen.

Diese Effekte haben Auswirkungen auf die Gasführung der Grubenbaue und des Deckgebirges und damit auf mögliche Gasaustritte an der Tagesoberfläche sowohl während des Wasseranstieges und auch nach Abschluss des Wasseranstieges.

Weiterhin kann aufgrund von lateraler Gasverdrängung auch die Ausgasung von Grubenfeldern beeinflusst werden, die an die Wasserprovinz Haus Aden angrenzen.

Die Wahrscheinlichkeit von wasseranstiegsbedingten Gasaustritten an der Tagesoberfläche außerhalb von Schachtbereichen und im Bereich von Schächten wurde bewertet. Als Basis für diese Bewertung wurden Grenzen von Grubenfeldern definiert, die jeweils auch mit nach dem Grubenwasseranstieg zusammenhängenden, gaserfüllten Grubengebäuden korrelieren. Es wird

unterstellt, dass sich innerhalb solcher zusammenhängender Grubengebäude abhängig von der Wasseranstiegsbedingten Verdrängung, vom Gaszustrom aus der Lagerstätte und der Gasabführung zur Atmosphäre ein jeweils ähnliches Druckniveau einstellt.

Weite Teile der Wasserprovinz Haus Aden stehen derzeit unter einem mehr oder wenigen hohen Unterdruck, der durch die Grubengasgewinnung aufgeprägt ist, so dass der Wasseranstieg zu einer Verdichtung, aber aufgrund des weiterhin bestehenden Druckgefälles nicht zu einer Verdrängung zur Tagesoberfläche führt. Derzeit ist nicht abzusehen, inwieweit die Grubengasgewinnung weiter betrieben und dieser Zustand bestehen bleibt.

Im Grubenfeld Kaiserstuhl/ Tremonia besteht ein nicht abdichtendes bzw. fehlendes Deckgebirge bei fehlender Gasabführung. Gleichzeitig weist dieser Bereich eine dichte Bebauung und intensive Nutzung der Tagesoberfläche auf. Gasaustritte an der Tagesoberfläche können durch die Aufrechterhaltung des von der Grubengasgewinnung aus dem Bergwerk Minister Stein aufgeprägten Unterdruck vermieden werden.

Eine Verdrängung von Grubengas aus isolierten Bereichen in das Deckgebirge durch den Wasseranstieg ist nicht auszuschließen. Die Wahrscheinlichkeit von zusätzlichen oder verstärkten Gasaustritten an der Tagesoberfläche als Folge der Wasseranstieges wird für die Wasserprovinz Haus Aden sowie des angrenzenden mitbeeinflussten Grubenfeldes Adolf von Hanseemann jedoch als sehr gering eingestuft. Dabei muss berücksichtigt werden, dass in einigen Bereichen der Wasserprovinz Haus Aden schon heute Gasaustritte an der Tagesoberfläche und im Umfeld von verfüllten Schächten bestehen, die nicht mit dem Wasseranstieg zusammenhängen.

Es wurde ein Monitoringkonzept erarbeitet, welches der Überwachung der Ausgasung im Zuge des Wasseranstieges dient:

- In Grubenfeldern mit einer kontrollierten Gasabführung über ausreichende Entgasungsleitungen erfolgt zunächst die Überwachung der Wirksamkeit der passiven Entgasung bzw. des durch die Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruckes.
- In Grubenfeldern mit einer eingeschränkten Gasabführung über eine oder mehrere Entgasungsleitungen erfolgt die Überwachung der Wirksamkeit der passiven Entgasung bzw. des durch die Grubengasgewinnung aufgeprägten Unterdruckes und die Überwachung der mit Lockermassen verfüllten Schächte.
- In Grubenfeldern mit fehlender Gasabführung über Entgasungsleitungen erfolgt die Überwachung aller verfüllten Schächte.

- In Grubenfeldern, die von der Grubengasgewinnung beeinflusst sind und über ein nicht abdichtendes Deckgebirge verfügen, erfolgt die Überwachung des Unterdruckes an Lockermassenschächten sowie eine laufende Beurteilung der jeweilig beeinflussenden Gasabsaugungen.
- In Grubenfeldern mit einem gasführenden oberem Deckgebirge und einer fehlenden Gasabführung (isolierte Bereiche), einer möglichen Erhöhung des Grundwasserpotenzials im tiefen Deckgebirge (Überstauung der Deckgebirgsbasis) und einer möglicherweise durch Bodenbewegungen verursachten Ausgasung erfolgt eine Überwachung der Ausgasung an der Tagesoberfläche in bebauten Gebieten.
- Bei Erreichen von Schwellenwerten erfolgt eine räumliche und/oder zeitliche Verdichtung der Messungen zur frühzeitigen Erkennung potenzieller Gasaustritte.
- Bei Erreichen von Warnwerten erfolgen Einzelfalluntersuchungen der Ursachen und einer möglichen Gefährdung.

Durch das intensive Monitoring der Ausgasung während und nach dem Wasseranstieg von -600 mNHN auf -380 mNHN kann der Prozess insgesamt beobachtet werden. Damit schließt sich dieses nahtlos an das bereits durchgeführte Monitoring an. Durch das Monitoring können kritische Veränderungen der Ausgasung frühzeitig erkannt werden. Im Bedarfsfall kann mit weiteren Maßnahmen zur Gefahrenabwehr umgehend reagiert werden, um eine Gefährdung durch Gasaustritte an der Tagesoberfläche zu verhindern.

Essen, 29.12.2023



(Imgrund)

(Orzol)